

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

LEÔNIDAS ALBANO DA SILVA JÚNIOR

# AMBIENTE Y CRÍTICA

INVARIANTES QUE TRANSCIENDEN DEL CLIMA Y DEL  
LUGAR

TESIS DOCTORAL

VOLUMEN II

BARCELONA, ESPAÑA

2015



LEÔNIDAS ALBANO DA SILVA JÚNIOR

# AMBIENTE Y CRÍTICA

INVARIANTES QUE TRANSCIENDEN DEL CLIMA Y DEL  
LUGAR

TESIS DOCTORAL

DEPARTAMENT DE CONSTRUCCIONS ARQUITECTÒ-  
NIQUES I. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITEC-  
TURA DE BARCELONA. UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA, EN ESPAÑA<sup>(1)</sup>. EN CONVENIO CON EL  
LABORATORIO DE SUSTENTABILIDADE NA ARQUITE-  
TURA (LASUS) DE LA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA,  
EN BRASIL<sup>(2)</sup>.

DIRECTORES:

PROF. DR. RAFAEL SERRA FLORENSA (IN MEMORIAN)<sup>(1)</sup>

PROF<sup>a</sup>. DRA. HELENA COCH ROURA<sup>(1)</sup>

PROF<sup>a</sup>. DRA. MARTA ADRIANA BUSTOS ROMERO<sup>(2)</sup>

BARCELONA, ESPAÑA

2015

Autorizo la reproducción y difusión de la totalidad o parte de este trabajo, mediante cualquier medio convencional o electrónico, para fines de estudio e investigación, siempre y cuando se cite la fuente.

Albano, L.

Ambiente y Crítica. Invariantes que Transcenden del Clima y del Lugar / Leônidas Albano da Silva Júnior. – Barcelona, España: [s.n], 2015. 2 Vols.

Directores: Rafael Serra Florensa (*in memorian*), Helena Coch Roura, Marta Adriana Bustos Romero

Tesis de Doctorado – Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Departament de Construccions Arquitectòniques I. En convenio con la Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Laboratorio de Sustentabilidade na Arquitetura.

1. Desempeño Térmico. 2. Comportamiento Higro-térmico. 3. Arquitectura Moderna. 4. Viviendas Unifamiliares Ventiladas Naturalmente. 5. Goiânia. I. Serra Florensa, Rafael. II. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. III. Doctor. I. Coch Roura, Helena. II. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. III. Doctora. I. Romero, Marta Adriana Bustos. II. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. III. Doctora.

# ÍNDICE

## VOLUMEN I

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>37</b>
PROBLEMÁTICA	42
OBJETIVOS	67
JUSTIFICACIÓN	68
MÉTODO	72
FUNDAMENTACIÓN	74
ESTUDIO	76
REALIZACIÓN	78
REFERENCIAS DE ANÁLISIS	79
REFERENCIAS	85
<b>1 LA ELEMENTALIDAD DE LA INVARIANCIA</b>	<b>89</b>
1.1 SENTIDO COMPOSITIVO	91
1.2 SENTIDO AMBIENTAL	116
REFERENCIAS	134
<b>2 LA CIUDAD MODERNA COMO LUGAR TRANSCENDENTE</b>	<b>139</b>
2.1 LA CIUDAD MODERNA	140
2.2 LA NUEVA CIUDAD	157
REFERENCIAS	181
<b>3 INCONSTANCIAS ENTRE MATERIA Y ENERGÍA</b>	<b>187</b>
3.1 INTERCAMBIOS ENERGÉTICOS Y MATERIALES	189
3.1.1 CONDUCCIÓN	191
3.1.2 CONVECCIÓN	196
3.1.3 RADIACIÓN	202
3.1.4 EVAPORACIÓN	207

3.1.5	CONDENSACIÓN	208
<b>3.2</b>	<b>ESTADO ESTACIONARIO</b>	<b>209</b>
3.2.1	MÉTODO SIMPLIFICADO	210
3.2.2	MÉTODO EMPÍRICO	234
3.2.3	MÉTODO CSTB	238
<b>3.3</b>	<b>ESTADO DINÁMICO</b>	<b>243</b>
3.3.1	MÉTODO EMPÍRICO	243
3.3.2	MÉTODO SIMPLIFICADO	245
3.3.3	MÉTODO GRADOS-DÍA	249
3.3.4	LA INTEGRAL POSIBLE	254
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>260</b>

## **4 EQUILIBRIOS ENERGÉTICOS** **265**

---

<b>4.1</b>	<b>BALANCE TÉRMICO</b>	<b>268</b>
4.1.1	MÉTODO HB	268
4.1.2	MÉTODO RTS	279
<b>4.2</b>	<b>BALANCE TÉRMICO RESIDENCIAL</b>	<b>285</b>
4.2.1	MÉTODOS RHB - ResHB	285
4.2.2	MÉTODO RLF	287
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>295</b>

## **VOLUMEN II**

### **5 AMBIENTE ARQUITECTÓNICO** **327**

---

<b>5.1</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>328</b>
<b>5.2</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS</b>	<b>330</b>
5.2.1	PRE-ANÁLISIS	335
5.2.2	ESTUDIO 1: LA INSOLACIÓN Y LA PROPORCIÓN GEOMÉTRICA DE EDIFICACIONES	342
5.2.3	ESTUDIO 2: EFICIENCIA DE BRISES-SOLEIL EN FACHADAS	344
5.2.4	ESTUDIO 3: EVALUACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL ESPACIO URBANO	345
5.2.5	ESTUDIO 4: EFECTO POTENCIAL DE LA REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA EN ESPACIOS ABIERTOS	346

5.2.6	ESTUDIO 5: LA INSOLACIÓN Y LA PROPORCIÓN GEOMÉTRICA DE VIVIENDAS DE GOIÂNIA	347
5.2.7	ESTUDIO 6: DESEMPEÑO TÉRMICO DE CUBIERTAS	349
5.2.8	ESTUDIO 7 - INTERIOR	350
5.2.9	PÓS-ANÁLISIS	364
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>365</b>

---

## **6 RESULTADOS Y DISCUSIONES**

---

<b>6.1</b>	<b>RELACIÓN ENTRE INTERIOR Y EXTERIOR</b>	<b>369</b>
6.1.1	EL AMBIENTE EXTERIOR	369
6.1.2	LA RELACIÓN ENTRE EL INTERIOR Y EL EXTERIOR	401
6.1.3	EL AMBIENTE INTERIOR	406
<b>6.2</b>	<b>ELEMENTOS MATERIALES</b>	<b>420</b>
<b>6.3</b>	<b>ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS</b>	<b>430</b>
6.3.1	PREDICCIONES DE CONFORT	432
6.3.2	VENTILACIÓN SELECTIVA EN CLIMAS HÚMEDOS	438
6.3.3	ASOCIACIÓN DE ESTRATEGIAS EN CLIMAS SECOS Y CÁLIDOS	450
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>455</b>

---

## **7 REFLEXIONES ENTRE AMBIENTE Y CRÍTICA**

---

<b>7.1</b>	<b>LA CRÍTICA DEL AMBIENTE</b>	<b>461</b>
<b>7.2</b>	<b>EL AMBIENTE DE LA CRÍTICA</b>	<b>465</b>
7.2.1	VARIABLES AMBIENTALES Y ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	470
7.2.2	ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS	475
<b>7.3</b>	<b>AMBIENTE Y CRÍTICA</b>	<b>482</b>

---

## **CONSIDERACIONES FINALES**

---

---

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

**496**

## **ANEXOS**

**503**

### **ARTÍCULOS PUBLICADOS**

**506**

- A. SEB'2012 - INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABILITY IN ENERGY AND BUILDINGS. STOCKHOLM, SUECIA, 2012. ARTÍCULO: LATIN-AMERICAN BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY POLICY: THE CASE OF CHILE. 507
- B. SEB'2012 - INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABILITY IN ENERGY AND BUILDINGS. STOCKHOLM, SUECIA, 2012. ARTÍCULO: THERMAL PERFORMANCE OF BRAZILIAN MODERN HOUSES: A VISION THROUGH THE TIME. 518
- C. AIVC'2012 - 33RD AIVC CONFERENCE AND 2ND TIGHTVENT CONFERENCE. OPTIMISING VENTILATIVE COOLING AND AIRTIGHTNESS FOR [NEARLY] ZERO-ENERGY BUILDINGS, IAQ AND COMFORT. COPENHAGEN, DINAMARCA, 2012. ARTÍCULO: THE INFLUENCE OF THE SELECTIVE VENTILATION IN THE THERMAL PERFORMANCE OF MODERN NATURALLY-VENTILATED HOUSES IN GOIÂNIA- BRAZIL. 529
- D. PLEA'2012 - 28TH CONFERENCE, OPPORTUNITIES, LIMITS & NEEDS TOWARDS AN ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE ARCHITECTURE. LIMA, PERÚ, 2012. ARTÍCULO: THERMAL PERFORMANCE OF MODERN HOUSES IN GOIÂNIA - BRAZIL. 539
- E. CLIMA'2013 - 11TH REHVA WORLD CONGRESS AND 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON IAQVEC. PRAGA, REPÚBLICA CHECA, 2013. ARTÍCULO: THE ENERGY EFFICIENCY AS AN ARCHITECTURE PRINCIPLE PRODUCT. 546
- F. CESB'2013 - CENTRAL EUROPE TOWARDS SUSTAINABLE BUILDING. PRAGA, REPÚBLICA CHECA, 2013. ARTÍCULO: DESIGNING "SUSTAINABLE HOUSES" BEFORE THE ESTABLISHMENT OF THIS CONCEPT. 557

<b>OTRAS PRODUCCIONES ACADÉMICAS</b>	<b>562</b>
G. ARTÍCULOS ACEPTADOS	563
H. RESÚMENES ACEPTADOS	564
I. PRESENTACIONES REALIZADAS	565
J. CONGRESOS REALIZADOS	566
<b>ESTUDIOS REALIZADOS</b>	<b>567</b>
K. ESTUDIO 1	568
L. ESTUDIO 2	609
M. ESTUDIO 3	623
N. ESTUDIO 4	636
O. ESTUDIO 5	650
P. ESTUDIO 6	711
Q. ESTUDIO 7	781
<b>INCONSTANCIAS Y EQUILIBRIOS</b>	<b>952</b>
R. CUADRO DE ECUACIONES	953
S. DIAGRAMAS DE VARIABLES	955
<b>MATERIALES COMPLEMENTARES</b>	<b>976</b>
T. MAPAS DEL ESTADO DE GOIÁS	977
U. MAPAS DEL PLAN DIRECTOR DE GOIÂNIA	981
V. POEMA GOYANIA	992
<b>GLOSARIO</b>	<b>997</b>

---

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1 – LOCALIZACIÓN DE GOIÂNIA	56
FIG. 2 - ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS	77
FIG. 3 – ELEMENTOS DE NORBERG-SCHULZ	109
FIG. 4 – ELEMENTOS DE SERRA Y COCH	110
FIG. 5 – ELEMENTOS DE ROMERO	111
FIG. 6 - ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA ARQUITECTURA	114
FIG. 7 – DESCANSO EN LA SOMBRA	116
FIG. 8 – COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR	138
FIG. 9 – GENERACIONES DE ARQUITECTOS MODERNOS	141
FIG. 10 – ESCALAS GEOGRÁFICAS	143
FIG. 11 – GENERACIONES DE ARQUITECTOS MODERNOS BRASILEÑOS	150
FIG. 12 – REGIONES DE PLANIFICACIÓN DEL ESTADO DE GOIÁS	158
FIG. 13 – INFRAESTRUCTURA VIÁRIA DE LA MICRO-REGIÓN DE GOIÂNIA	159
FIG. 14 – MACRO RED VIÁRIA BÁSICA DE GOIÂNIA (SIMPLIFICADA)	160
FIG. 15 – PARQUES DE GOIÂNIA	161
FIG. 16 – RASCACIELOS DE LA CIUDAD	162
FIG. 17 – CUATRO CAPITALES EN 100 AÑOS	163
FIG. 18 – VISTA AÉREA DE GOIÂNIA EN 1936	168
FIG. 19 – CONSTRUCCIÓN DEL PALACIO DE ESMERALDAS EN 1937	168
FIG. 20 – CARTÃO DE BOAS FESTAS DE 1939	169
FIG. 21 – GOIÂNIA EN LOS AÑOS 50	171
FIG. 22 – GOIÂNIA EN LOS AÑOS 60	172
FIG. 23 – GRADUACIÓN EN 1960 CON LA PRESENCIA DE JK	173
FIG. 24 - PRIMER EDIFICIO DE LA UCG. FACULTAD DE FILOSOFÍA	174
FIG. 25 – SEMANA DE ARTE MODERNA	174
FIG. 26 – TRANSFERENCIA TÉRMICA A TRAVÉS DE UN COMPONENTE (ESTADO ESTÁTICO)	194
FIG. 27 – ANALOGÍA ELÉCTRICA CON LA TRANSFERENCIA DE CALOR (ESTADO ESTÁTICO)	195
FIG. 28 – COEF. TRANSFERENCIA TÉRMICA POR CONVECCIÓN (MOD. DE GLICKSMAN, 2010)	199

FIG. 29 – VARIABLES DE ABNT NBR 15220	212
FIG. 30 – VARIABLES DE TRANSFERÊNCIA TÉRMICA	256
FIG. 31 – VARIABLES ARQUITECTÓNICAS Y AMBIENTALES	257
FIG. 32 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL BALANCE TÉRMICO EN UNA DE- TERMINADA ZONA	270
FIG. 33 – ITERACIONES. (MODIFICADO DE ASHRAE 2005 30.19)	279
FIG. 34 – AMBIENTE ARQUITECTÓNICO	328
FIG. 35 – PARALELO ENTRE ESCALAS	331
FIG. 36 – PARALELO ENTRE TEMAS	331
FIG. 37 – ESCALAS DE ESTUDIO	332
FIG. 38 – ORGANIZACIÓN DEL ANÁLISIS	332
FIG. 39 – LOCALIZACIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO EN GOIÂNIA	338
FIG. 40 – BARRIOS SELECCIONADOS	339
FIG. 41 – DISTRIBUCIÓN DE EDIFICACIONES MODERNAS EN GOIÂNIA	339
FIG. 42 – MAPA DE EDIFICACIONES MODERNAS EN GOIÂNIA	340
FIG. 43 – INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL	341
FIG. 44 – LEVANTAMIENTO DE OBRAS	342
FIG. 45 – ESTUDIO 1	342
FIG. 46 – ESTUDIO 2	344
FIG. 47 – ESTUDIO 3	345
FIG. 48 – ESTUDIO 4	346
FIG. 49 – ESTUDIO 5	347
FIG. 50 – ESTUDIO 6	349
FIG. 51 – MACRO-RELACIÓN	350
FIG. 52 – MATRIZ DE ANÁLISIS	351
FIG. 53 – ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO 7	354
FIG. 54 – ELEMENTOS ANALIZABLES Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS	357
FIG. 55 – MODELOS VIRTUALES	359
FIG. 56 – ZONAS TÉRMICAS	360
FIG. 57 – CASOS A Y B	363
FIG. 58 – PLANOS DE LOS CASOS DEL ESTUDIO 7	364
FIG. 59 – ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	368
FIG. 60 – ÁBACO PSICROMÉTRICO (GOIÂNIA)	370

FIG. 61 – TEMPERATURA PROMEDIA HORÁRIA DE GOIÂNIA	374
FIG. 62 – HUMEDAD RELATIVA PROMEDIA DE GOIÂNIA	375
FIG. 63 – RADIACIÓN SOLAR PROMEDIA HORARIA DE GOIÂNIA	376
FIG. 64 – PERÍODOS DE DISCONFORT DE GOIÂNIA	377
FIG. 65 – NECESIDAD DE CONFORT (CLIMA URBANO)	379
FIG. 66 – PLAZA CÍVICA EN 1940	381
FIG. 67 – GOIÂNIA EN LOS AÑOS 60 (HÉLIO DE OLIVEIRA)	382
FIG. 68 – PLAZA CÍVICA EN 2012	383
FIG. 69 – TRANSFORMACIONES EN EL SUELO DE LA PLAZA CÍVICA	384
FIG. 70 – TRANSFORMACIONES EN LA PLAZA CÍVICA	385
FIG. 71 – DIAGRAMA DE TRANSFORMACIONES EN LA PLAZA CÍVICA	386
FIG. 72 – TRANSFORMACIONES PAISAGÍSTICAS EN LA PLAZA CÍVICA	387
FIG. 73 - MAPAS DE SOMBREAMIENTO - 1940 (10H-17H)	388
FIG. 74 - MAPAS DE SOMBREAMIENTO - 1960 - 1940 (10H-17H)	388
FIG. 75 - MAPAS DE SOMBREAMIENTO NO AÑO DE 2012 - 2012 (10H-17H)	389
FIG. 76 – CASO A: ENTORNO CERCANO	390
FIG. 77 – CASO B: ENTORNO CERCANO	391
FIG. 78 – HORAS DE DISCONFORT POR CASO Y MES (AMBIENTE EXTERIOR)	392
FIG. 79 - CONDICIONES TÉRMICAS DE ENTORNOS	393
FIG. 80 – CONDICIONES HIGROMÉTRICAS DE ENTORNOS	394
FIG. 81 – VARIABLES DEL DISCONFORT	397
FIG. 82 – ÁBACOS PSICROMÉTRICOS DE LAS CORRECCIONES DE ENTORNO EN LOS CASOS A Y B. ARRIBA) DATOS DE LA CIUDAD; EN MEDIO) CASO A; ABAJO) CASO B. AZUL ES JUNIO. ROJO ES SEPTIEMBRE. LILA ES DICIEMBRE	400
FIG. 83 – AMPLITUD TÉRMICA ENTRE EL INTERIOR Y EL EXTERIOR. MES DE JUNIO.	401
FIG. 84 – AMPLITUD TÉRMICA ENTRE EL INTERIOR Y EL EXTERIOR. MES DE SEPTIEMBRE	402
FIG. 85 – AMPLITUD TÉRMICA ENTRE EL INTERIOR Y EL EXTERIOR. MES DE DICIEMBRE	402
FIG. 86 - AMPLITUD TÉRMICA DIARIA (INTERIOR - EXTERIOR)	404
FIG. 87 - PERIODOS FAVORABLES A LA VENTILACIÓN (SALÓN, CUARTO)	406
FIG. 88 – HORAS DIÁRIAS DE DISCONFORT	409

FIG. 89 – DISTRIBUCIÓN DE SUPERFÍCIES TRANSLÚCIDAS EN LOS CASOS DEL ESTUDIO 1	412
FIG. 90 - DISTRIBUCIÓN DE SUPERFÍCIES TRANSLÚCIDAS EN CADA CASO DEL ESTUDIO 1	413
FIG. 91 – MEDIA PERCENTUAL DE SUPERFÍCIES TRANSLÚCIDAS PARA CADA FACHADA	414
FIG. 92 – PROPORCIÓN ENTRE DIFERENTES SUPERFÍCIES EN LOS CASOS DEL ESTUDIO 5	415
FIG. 93 – RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN EL INTERIOR DE LA CASA UGALDE	416
FIG. 94 – SIMULACIÓN CON HELIODON (CASA UGALDE)	417
FIG. 95 – PROPORCIÓN DE SUPERFÍCIES EN LA CASA UGALDE	417
FIG. 96 – PROPORCIÓN DE SUPERFÍCIES EN LA CASA UGALDE	418
FIG. 97 – RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE Y HORAS DE INSOLACIÓN EN LA CASA UGALDE	418
FIG. 98 – BALANCE TÉRMICO - PAPEL INDIVIDUAL DE LOS COMPONENTES DE LA PIEL.	420
FIG. 99 – CASOS DEL ESTUDIO 6	423
FIG. 100 – RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN DIFERENTE PLANOS	426
FIG. 101 – PERFILES DE BALANCE TÉRMICO	427
FIG. 102 – CARTA SOLAR DE GOIÂNIA (16,41°N)	428
FIG. 103 – ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	430
FIG. 104 - COMPARATIVO DE MÉTODOS PREDICTIVOS DE CONFORT	432
FIG. 105 – ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE CONDICIONAMIENTO TÉRMICO PASIVO	433
FIG. 106 - CASO A: VENECIANAS Y PERSIANAS	439
FIG. 107 – OBSTRUCCIONES PROPIAS EN EL CASO A A DIFERENTES ALTURAS	440
FIG. 108 – PROTECCIÓN SOLAR EN LOS CASOS DEL ESTUDIO 2	444
FIG. 109 – EFICIENCIA DE LA PROTECCIÓN SOLAR DEL MES	445
FIG. 110 – EFICIENCIA DE LA PROTECCIÓN SOLAR DEL BEG	446
FIG. 111 – CASO A . SISTEMAS DE CONTROL DEL AIRE	447
FIG. 112 – VARIACIONES DE LA TEMPERATURA EN FUNCIÓN DE LAS RENOVACIONES HORARIAS	450
FIG. 113 – VARIACIONES TÉRMICAS EN SEPTIEMBRE COMPARANDO EL SALÓN DE LOS DOS CASOS	453

# ÍNDICE DE TABLAS

TAB. 1 – COEFICIENTES DE DESCARGA	225
TAB. 2– COMPARACIÓN ENTRE REFERENCIAS	333
TAB. 3 – HORAS PICO DE DISCONFORT	371
TAB. 4 – CONDICIONES HIGROTÉRMICAS DE ENTORNOS	392
TAB. 5 – DATOS DIARIOS DE AMPLITUD TÉRMICA MEDIA (INT. X EXT.)	405
TAB. 6 – CONDICIONES HIGROTÉRMICAS DE AMBIENTES INTERIORES (DATOS MENSUALES)	407
TAB. 7 – RECOMENDACIONES ABNT	421
TAB. 8 – CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LAS VIVIENDAS	422
TAB. 9 – MATERIALES USADOS EN LAS CUBIERTAS DE LOS CASOS DEL ESTUDIO 6	424
TAB. 10 – PROPIEDADES TÉRMICAS DE LAS CUBIERTAS DE LOS CASOS DEL ESTUDIO 6	425
TAB. 11 – PERFILES DE BALANCE TÉRMICO DE DIFERENTES ELEMENTOS DE LA PIEL	426
TAB. 12 – SÍNTESIS DE LAS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	431
TAB. 13 – ESTRATEGIAS MÁS APROPIADAS	432
TAB. 14 – DIFERENTES MODELOS DE SIMULACIÓN	449
TAB. 15 – EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LA REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA EN ESPACIOS ABIERTOS	452
TAB. 16 – COMPARACIÓN ENTRE SALONES (MEDICIONES)	453

# ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR (PROPORCIONALIDAD)	192
ECUACIÓN 2 – ECUACIÓN DE FOURIER	192
ECUACIÓN 3 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR	193
ECUACIÓN 4 - TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN COMPONENTE	193
ECUACIÓN 5 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	193
ECUACIÓN 6 – TASA DE CONDUCCIÓN PARA UNA CAPA CUALQUIER	194
ECUACIÓN 7 - TASA DE CONDUCCIÓN PARA LA CAPA 1	194
ECUACIÓN 8 - TASA DE CONDUCCIÓN PARA LA CAPA 2	195
ECUACIÓN 9 - TASA DE CONDUCCIÓN PARA UN CONJUNTO DE CAPAS	195
ECUACIÓN 10 - TASA DE CONDUCCIÓN PARA UN CONJUNTO DE CAPAS	195
ECUACIÓN 11 – RESISTENCIA TÉRMICA	195
ECUACIÓN 12 - TASA DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA PARA UN CONJUNTO DE CAPAS	196
ECUACIÓN 13 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	196
ECUACIÓN 14 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR (PROPORCIONALIDAD)	197
ECUACIÓN 15 – TASA DE CONVECCIÓN DE CALOR	197
ECUACIÓN 16 – TASA DE CONVECCIÓN DE CALOR	198
ECUACIÓN 17 - COEFICIENTE DE CONDUCTANCIA TÉRMICA SUPERFICIAL	198
ECUACIÓN 18 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR	200
ECUACIÓN 19 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR	200
ECUACIÓN 20 - TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR (COND. X CONV.)	200
ECUACIÓN 21 – PARCELA DE CONDUCCIÓN	200
ECUACIÓN 22 - TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR (COND. X CONV.) – CASO HETEROGÉNEO	201
ECUACIÓN 23 – RESISTENCIA EQUIVALENTE EN SERIE	201
ECUACIÓN 24 – INTENSIDAD TOTAL DE RADIACIÓN TÉRMICA EMITIDA POR UN CUERPO	202
ECUACIÓN 25 - ENERGÍA EMITIDA POR UN CUERPO	202
ECUACIÓN 26 - CONSTANTE DE STEFAN-BOLTZMANN	203
ECUACIÓN 27 - CONSTANTE DE STEFAN-BOLTZMANN	203

ECUACIÓN 28 – TASA DE RADIACIÓN DE CALOR	203
ECUACIÓN 29 – ENERGÍA EMITIDA POR UNIDAD DE TIEMPO POR CUERPOS REALES	204
ECUACIÓN 30 – TRANSF. DE RADIACIÓN EN UNA SITUACIÓN ABSTRACTA (SIMPLIFICADA)	204
ECUACIÓN 31 – EMISIVIDAD EFECTIVA	204
ECUACIÓN 32 – TRANSFERENCIA DE RADIACIÓN EN UNA SITUACIÓN ABSTRACTA	204
ECUACIÓN 33 –TASA DE RADIACIÓN DE CALOR PARA SITUACIONES REALES	205
ECUACIÓN 34 – TASA DE RADIACIÓN DE CALOR PARA SITUACIONES REALES	205
ECUACIÓN 35 – TRANSFERENCIA DE RADIACIÓN PARA SITUACIONES REALES	205
ECUACIÓN 36 – TEMPERATURA EQUIVALENTE	206
ECUACIÓN 37 – TEMPERATURA EQUIVALENTE	207
ECUACIÓN 38 – RESISTENCIA TÉRMICA ADECUADA A LOS CUERPOS	208
ECUACIÓN 39 – BALANCE TÉRMICO ESTÁTICO	211
ECUACIÓN 40 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	211
ECUACIÓN 41 – TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN COMPONENTE	212
ECUACIÓN 42 – RESISTENCIA TÉRMICA	212
ECUACIÓN 43 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	212
ECUACIÓN 44 – RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL	212
ECUACIÓN 45 – RESISTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL	213
ECUACIÓN 46 – RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL	213
ECUACIÓN 47 – RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL APLICABLE A CAPAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS	214
ECUACIÓN 48 – RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL APLICABLE A CAPAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS	214
ECUACIÓN 49– TRANSMITANCIA TÉRMICA DE UN COMPONENTE	214
ECUACIÓN 50 – TASA DE CONDUCCIÓN DE CALOR A TRAVÉS DE DIVERSOS COMPONENTES	215
ECUACIÓN 51 – DIFERENCIA DE TEMPERATURAS EN CASOS DE EXPOSICIÓN SOLAR	215
ECUACIÓN 52 – TEMPERATURA EQUIVALENTE	215
ECUACIÓN 53 – TEMPERATURA EQUIVALENTE	216

ECUACIÓN 54 - DIFERENCIA DE TEMPERATURAS EN CASOS DE EXPOSICIÓN SOLAR	217
ECUACIÓN 55 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	217
ECUACIÓN 56 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN	217
ECUACIÓN 57 - MASA ESPECÍFICA DEL AIRE	218
ECUACIÓN 58 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN (SIMPLIFICADA)	218
ECUACIÓN 59 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN	219
ECUACIÓN 60 - INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO SENSIBLE Y LATENTE POR VENTILACIÓN	219
ECUACIÓN 61 - VENTILACIÓN NATURAL GENERAL EN ESPACIOS CERRADOS, DEBIDO AL VIENTO	220
ECUACIÓN 62 - ECUACIÓN DE BERNOULLI	221
ECUACIÓN 63 - COEFICIENTE DE PRESIÓN	221
ECUACIÓN 64 - VENTILACIÓN NATURAL GENERAL EN ESPACIOS CERRADOS POR EFECTO CHIMENEA	222
ECUACIÓN 65 - VENTILACIÓN NATURAL GENERAL EN ESPACIOS CERRADOS POR ACCIÓN COMBINADA	223
ECUACIÓN 66 - CAUDAL PARA REMOCIÓN DE CALOR	223
ECUACIÓN 67 - FLUJO DE AIRE POR UN ORIFICIO	224
ECUACIÓN 68 - DIFERENCIAL DE PRESIÓN	226
ECUACIÓN 69 - ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	226
ECUACIÓN 70 - FLUJO DE AIRE POR UN ORIFICIO	226
ECUACIÓN 71 - ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	227
ECUACIÓN 72 - CAUDAL DE ABERTURAS EXISTENTES	227
ECUACIÓN 73 - FRACCIÓN DE ABERTURA	228
ECUACIÓN 74 - ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	228
ECUACIÓN 75 - ABERTURAS NECESARIAS	228
ECUACIÓN 76 - RELACIÓN CON EL CAUDAL DE MASA DE AIRE	228
ECUACIÓN 77 - SUPERFICIE NECESARIA PARA CADA ABERTURA	229
ECUACIÓN 78 - CAUDAL PARA REMOCIÓN DE HUMEDAD	229
ECUACIÓN 79 - HUMEDAD RELATIVA	230
ECUACIÓN 80 - RELACIÓN ENTRE HUMEDAD DEL AIRE INTERIOR Y EXTERIOR	230

ECUACIÓN 81 – HUMEDAD RELATIVA INTERIOR	230
ECUACIÓN 82 – GANANCIAS TÉRMICAS SOLARES	231
ECUACIÓN 83 – GANANCIAS TÉRMICAS SOLARES	232
ECUACIÓN 84 – FACTOR SOLAR DE COMPONENTES OPACOS	232
ECUACIÓN 85 – FACTOR SOLAR SIMPLIFICADO DE COMPONENTES OPACOS	232
ECUACIÓN 86 – FACTOR SOLAR DE COMPONENTES TRANSPARENTES	232
ECUACIÓN 87 – GANANCIAS TÉRMICAS SOLARES (SIMPLIFICADA)	233
ECUACIÓN 88 – GANANCIAS TÉRMICAS INTERNAS	233
ECUACIÓN 89 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO DEBIDO A LA EVAPORACIÓN	234
ECUACIÓN 90 – BALANCE TÉRMICO ESTÁTICO	235
ECUACIÓN 91 – GANANCIAS TÉRMICAS SOLARES	235
ECUACIÓN 92 – SUPERFICIE EQUIVALENTE DE ABERTURA	236
ECUACIÓN 93 – GANANCIA TÉRMICA INTERNA MEDIA	236
ECUACIÓN 94 – COEFICIENTE DE INTERCAMBIO TÉRMICO	236
ECUACIÓN 95 – FLUJO TÉRMICO POR TRANSMISIÓN	237
ECUACIÓN 96 – FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN	237
ECUACIÓN 97 – BALANCE TÉRMICO ESTÁTICO (COMPLETO)	238
ECUACIÓN 98 – BALANCE DE PÉRDIDAS DE CALOR (CSTB)	239
ECUACIÓN 99 – TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR	239
ECUACIÓN 100 – BALANCE TÉRMICO DE VERANO	239
ECUACIÓN 101 – GANANCIAS TÉRMICAS SOLARES	240
ECUACIÓN 102 – FACTOR SOLAR EN COMPONENTES OPACOS	240
ECUACIÓN 103 – FACTOR SOLAR EN COMPONENTES TRANSPARENTES	241
ECUACIÓN 104 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	241
ECUACIÓN 105 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR VENTILACIÓN	241
ECUACIÓN 106 – TEMPERATURA INTERIOR MÁXIMA	242
ECUACIÓN 107 – BALANCE TÉRMICO DINÁMICO	244
ECUACIÓN 108 – OSCILACIÓN EFECTIVA DE LA TEMPERATURA EXTERIOR	244
ECUACIÓN 109 – MASA TÉRMICA	244
ECUACIÓN 110 – CAPACIDAD TÉRMICA DE COMPONENTES CON CAPAS HOMOGÉNEAS	245
ECUACIÓN 111 – CAPACIDAD TÉRMICA DE COMPONENTES CON CAPAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS	246

ECUACIÓN 112 – RETRASO TÉRMICO DE ELEMENTOS HOMOGÉNEOS	246
ECUACIÓN 113 – RETRASO TÉRMICO DE ELEMENTOS HOMOGÉNEOS	246
ECUACIÓN 114 – RETRASO TÉRMICO DE ELEMENTOS HETEROGÉNEOS	247
ECUACIÓN 115 – INERCIA TÉRMICA	248
ECUACIÓN 116 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	249
ECUACIÓN 117 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO POR CONDUCCIÓN	251
ECUACIÓN 118 – REQUERIMIENTOS DIARIOS (DATOS CONTINUOS)	251
ECUACIÓN 119 – REQUERIMIENTOS DIARIOS (DATOS HORARIOS)	251
ECUACIÓN 120 – REQUERIMIENTOS DIARIOS (GRADOS-DÍA)	251
ECUACIÓN 121 – GRADOS-DÍA DE CALEFACCIÓN	252
ECUACIÓN 122 – GRADOS-DÍA DE REFRIGERACIÓN	252
ECUACIÓN 123 – FLUJO EXOTÉRMICO DIARIO	252
ECUACIÓN 124 – FLUJO ENDOTÉRMICO DIARIO	252
ECUACIÓN 125 – REQUERIMIENTOS MENSUALES	253
ECUACIÓN 126 – REQUERIMIENTOS ANUALES	253
ECUACIÓN 127 – TEMPERATURA BASE (CALEFACCIÓN)	253
ECUACIÓN 128 – TEMPERATURA BASE (REFRIGERACIÓN)	253
ECUACIÓN 129 – VALORES USUALES PARA VARIABLES DE LA TEMPERATURA BASE	253
ECUACIÓN 130 – VALORES USUALES PARA LA TEMPERATURA BASE	254
ECUACIÓN 131 – BALANCE TÉRMICO DE SUPERF. EXTERIORES.	272
ECUACIÓN 132 – BALANCE TÉRMICO DE SUPERF. INTERIORES	273
ECUACIÓN 133 – BALANCE TÉRMICO DEL AIRE	274
ECUACIÓN 134 – TEMPERATURA SUPERFICIAL EXTERIOR	276
ECUACIÓN 135 – FLUJO TÉRMICO CONVECTIVO PARA EL AIRE DE LA ZONA	276
ECUACIÓN 136 – TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERIOR	277
ECUACIÓN 137 – CARGA DE REFRIGERACIÓN	277
ECUACIÓN 138 – FLUJO TÉRMICO CONVECTIVO PARA EL AIRE DE LA ZONA	277
ECUACIÓN 139 – INTENSIDAD DE FLUJO TÉRMICO	282
ECUACIÓN 140 – ENTRADA DE CALOR N HORAS ATRÁS (RTS)	282
ECUACIÓN 141 – GANANCIAS TÉRMICAS HORARIAS POR CONDUCCIÓN (RTS)	282
ECUACIÓN 142 – CARGA TÉRMICA RADIANTE DE REFRIGERACIÓN EN LA HORA CORRIENTE (RTS)	283

ECUACIÓN 143 – CARGA SENSIBLE	289
ECUACIÓN 144 – CARGA LATENTE	289
ECUACIÓN 145 – CARGA DE SUPERFICIES OPACAS	290
ECUACIÓN 146 – FACTOR DE REFRIGERACIÓN	290
ECUACIÓN 147 - CARGA DE SUPERFICIES OPACAS	290
ECUACIÓN 148 – CARGA DE ABERTURAS TRANSPARENTES	291
ECUACIÓN 149 – FACTOR DE REFRIGERACIÓN DE LA SUPERFICIE	291
ECUACIÓN 150 - CARGA DE ABERTURAS TRANSPARENTES	291
ECUACIÓN 151 – CALOR PRESENTE EN EL AIRE	291
ECUACIÓN 152 – CARGA DE VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN	292
ECUACIÓN 153 – CARGA DE GANANCIAS INTERNAS	292

## LISTADO DE SÍMBOLOS

Área ( $A$ ) -  $m^2$

Balance térmico total ( $Q_{total}$ ) -  $W$

Calor específico del aire ( $c$ ) -  $kJ/kg \cdot K$

Calor latente de la evaporación ( $L$ ) -  $J/kg \cdot K$

Capacidad térmica de la última capa del componente junto a la cara exterior ( $C_{text}$ ) -  $kJ/m^2 \cdot K$

Capacidad térmica del componente ( $C_T$ ) -  $kJ/m^2 \cdot K$

Coefficiente de absorción ( $\alpha$ ) - adimensional

Coefficiente de absorción del espacio ( $\alpha_{es}$ ) - adimensional

Coefficiente de amortiguamiento de la edificación ( $m$ ) - adimensional

Coefficiente de captación ( $\gamma$ )

Coefficiente de conductancia térmica superficial externo ( $h_e$ ) -  $W/m^2 \cdot K$

Coefficiente de conductancia térmica superficial interno ( $h_i$ ) -  $W/m^2 \cdot K$

Coefficiente de conductividad térmica del material ( $\lambda$ ) -  $W/m \cdot K$ ,

Coefficiente de emisividad térmica superficial ( $\epsilon$ ) - adimensional

Coefficiente de la superficie equivalente ( $c_{eq}$ )

Coefficiente de transferencia de calor por radiación ( $h_r$ ) - adimensional

Coefficiente de transmisividad a la radiación solar ( $\tau$ ) - adimensional

Coefficiente según la orientación y las obstrucciones ( $CR$ )

Coefficiente volumétrico de pérdidas de calor ( $G$ )

Constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma$ ) -  $W/m^2 \cdot K^4$

Densidad del aire ( $\rho$ ) -  $kg/m^3$

Diferencia de entalpía ( $\Delta H$ ) -  $kJ/kg_{aire\ seco}$

Energía que desprende cada elemento ( $e$ ) -  $W$

Equivalente térmico ( $T_e$ )

Espesor ( $e$ ) -  $m$

Factor de tiempo ( $f_t$ )

Factor solar ( $FS$ ) - adimensional

Grados-día ( $GD$ ) - K  
 Humedad relativa o Grado higrométrico ( $HR$ ) - %  
 Humedad relativa del aire exterior ( $HR_e$ ) - %  
 Humedad relativa del aire interior ( $HR_i$ ) - %  
 Humedad relativa máxima del aire ( $HR_{max}$ ) - %  
 Humedad relativa media del aire ( $\overline{HR}$ ) - %  
 Humedad relativa mínima del aire ( $HR_{min}$ ) - %  
 Intensidad de flujo térmico debido a las ganancias térmicas internas ( $Q_i$ ) - W  
 Intensidad de flujo térmico debido a las ganancias térmicas solares ( $Q_s$ ) - W  
 Intensidad de flujo térmico por conducción ( $Q_c$ ) - W  
 Intensidad de flujo térmico por ventilación ( $Q_v$ ) - W  
 Intensidad de radiación solar global incidente ( $I_g$ ) -  $W/m^2$   
 Intensidad de rad. solar global media incidente en un plano vertical orientado a sur ( $I_{vs}$ ) -  $W/m_2$   
 Intensidad total de radiación térmica ( $I$ ) -  $W/m_2$   
 Número de elementos que desprenden calor ( $n$ )  
 Número de horas diarias que desprenden calor ( $nh$ ) - h  
 Número de renovaciones horarias ( $N$ ) - rh  
 Peso total del componente ( $P_c$ ) -  $kg/m^2$   
 Potencia ( $P$ ) - W  
 Potencia de cada elemento que desprende calor ( $P$ ) - W  
 Resistencia superficial externa ( $R_{se}$ ) -  $m^2 \cdot K/W$   
 Resistencia superficial interna ( $R_{si}$ ) -  $m^2 \cdot K/W$   
 Resistencia térmica ( $R$ ) -  $m^2 \cdot K/W$   
 Resistencia térmica total ( $R_T$ ) -  $m^2 \cdot K/W$   
 Retraso térmico ( $\varphi$ ) - h  
 Superficie equivalente ( $S_{eq}$ )  
 Superficie equivalente de abertura a sur ( $S_{es}$ ) -  $m^2/m^3$   
 Tasa de conducción de calor ( $Q_{conducción}$ ) - W  
 Tasa de convección de calor ( $Q_{convección}$ ) - W  
 Tasa de evaporación de calor ( $Q_{evaporación}$ ) -  $kg/s$   
 Tasa de radiación de calor ( $Q_{radiación}$ ) - W  
 Temperatura de confort ( $T_c$ ) - K, °C

Temperatura de rocío del aire ( $T_r$ ) - K, °C  
Temperatura del aire exterior ( $T_e$ ) - K, °C  
Temperatura del aire interior ( $T_i$ ) - K, °C  
Temperatura equivalente o Sol-aire ( $T_{eq}$ ) - K, °C  
Temperatura máxima del aire ( $T_{max}$ ) - K, °C  
Temperatura media del aire ( $\bar{T}_e$ ) - K, °C  
Temperatura mínima del aire ( $T_{min}$ ) - K, °C  
Temperatura radiante de la superficie interior ( $T_{si}$ ) - K, °C  
Tiempo (t) - s  
Tipo de inercia ( $In$ ) - muy baja, baja, media o alta  
Transmitancia térmica (U) - W/m<sup>2</sup>K  
Variación de la energía ( $\Delta E$ ) - J  
Variación del tiempo ( $\Delta t$ ) - s  
Volumen de aire (V) - m<sup>3</sup>  
Volumen de intercambio de aire con valores típicos para el verano y el invierno ( $rh$ ) - m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>·h

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t}{24}$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \sum_{h=1}^{24} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i > T_e$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$\sum_{h=1}^{24} (T_{e_h} - T_i) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$



referencias a las distintas escalas a lo  
 de las dimensiones urbanas / arquite  
 como en la capital del Estado de Goiás  
 En un proceso de independencia es  
 mentos arquitectónicos son transfor  
 través de concentrándose en  
 Este modo de entender no  
 referencias a las distin  
 de las dimensiones ur  
 En un proceso de t  
 mentos arquitectónic  
 con  
 este mo  
 este m  
 referen  
 GD  
 u  
 mentos  
 En  
 mento  
 Atendiend  
 conce  
 este mod  
 referencia  
 de las dim  
 En un

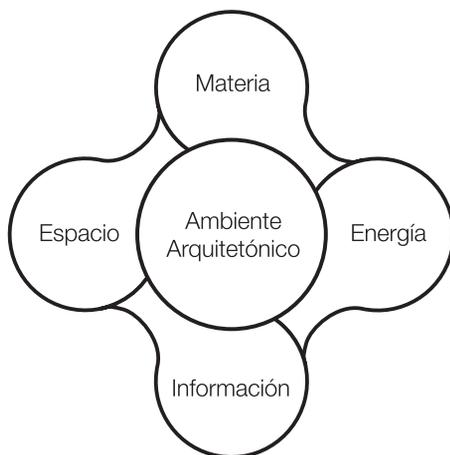
## 5 . AMBIENTE ARQUITECTÓNICO

327

En el análisis del Ambiente Arquitectónico se propone un procedimiento basado en una conceptualización construida en base a la fundamentación teórica.

## 5.1 CONCEPTO

La propuesta del concepto de ambiente arquitectónico es un resultante teórico de la relación entre cuatro invariantes arquitectónicos sometidos a inconstancias ambientales, conforme presentado en la Fig. 34.



328

Para Graeff, la razón de ser de la arquitectura es ambientar personas. Por eso cualquier privilegio concedido a elementos materiales en detrimento de los espaciales, significa una pérdida de calidad arquitectónica, o sea, una depreciación de la “ambiencia arquitectónica”. El término “ambiencia arquitectónica” es utilizado por Graeff para aludir a la calidad arquitectónica como grado de auto-realización de la arquitectura, en el sentido de alcanzar a su objetivo mayor: la ambientación de las personas.<sup>193</sup>

El Ambiente no está desconectado de la Arquitectura y la Arquitectura no está desconectada del Ambiente. Con ambiente no se comprende solamente las cualidades ambientales interiores y exteriores relativas a una habitación. Con arquitectónico no se comprende solamente los elementos espaciales y materiales que determinan las cualidades ambientales de dicha habitación.

Fig. 34 – Ambiente Arquitectónico

Ambiente es la calidad superior de la Arquitectura, su resultado, su objetivo mayor. Arquitectura es el producto de la relación de sus elementos fundamentales: Materia, Espacio, Energía e Información. Indistintamente, cualquier objeto arquitectónico será compuesto por los cuatro elementos. Invariablemente, el producto generado tras la relación entre estos elementos producirá lo que llamamos de Ambiente.

Ambiente Arquitectónico viene a ser, por tanto, la buena relación entre los cuatro elementos arquitectónicos, capaz de generar una calidad superior satisfactoria a la existencia humana.

## 5.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Una de las aproximaciones posibles al tratamiento del ambiente arquitectónico es analizar, por un lado, el modo como el objeto ha sido tratado en los estudios que se refieren al desempeño térmico del ambiente construido, y por otro, el modo como los aspectos compositivos son identificados en la producción arquitectónica. Los criterios que caracterizan dichos estudios pueden servir de referencia al tratamiento del tema, desde un abordaje singular y contextualizado de los diferentes aspectos de las invariantes arquitectónicas frente a las inconstancias ambientales.

La composición arquitectónica en el análisis del proyecto trata de comprender el espacio a partir de la lectura de las partes que componen el todo, contextualizando la materia aparente a un universo intangible compuesto por posturas, conceptos y pensamientos reunidos en un lenguaje arquitectónico, un modo de comunicar y comprender las señales informativas de un determinado lugar y tiempo.

Se busca comprender las transformaciones arquitectónicas ocurridas tras transcendencias históricas, a partir de la identificación de invariantes presentes en el proceso de revisión crítica que se establece en la interiorización del Movimiento Moderno en Goiânia. La identificación de invariantes sirve como elemento norteador y delimitador del estudio una vez que al concentrar las acciones hacia lo específico termina por restringir el abordaje y la profundidad (o superficialidad) del estudio a lo que requiere el objetivo principal, que no se conserva en el campo de la composición arquitectónica sino en la tecnología del ambiente construido.

La tecnología del ambiente construido en el tratamiento del desempeño térmico aborda cuestiones relativas a las características térmicas de cada elemento y componente, al mismo tiempo que permite estudiar el todo del edificio presentando resultados cuanto a las condiciones higrotérmicas del espacio

interior y exterior del objeto y respecto al balance térmico del sistema abierto comprendido como edificio pasivo que se relaciona con su entorno en distintas escalas.

En base al análisis del desempeño térmico, se busca correlacionar invariantes arquitectónicos e inconstantes ambientales locales, a partir de un estudio que extienda el análisis del desempeño térmico hacia los aspectos compositivos de la arquitectura, de modo a caracterizar la arquitectura residencial unifamiliar moderna producida en la ciudad de Goiânia en las décadas de 1950 y 1960.

Ambos campos del conocimiento demuestran tener relaciones al tratamiento del objeto que abren puertas de conexión entre ellos, aplicadas al estudio dentro de un sentido de complementariedad. La extensión del análisis del edificio hacia sus aspectos compositivos se da en función del entendimiento de las partes y del todo, y por tanto, la identificación de invariantes arquitectónicos. En seguida contrapuestos a las inconstancias del lugar. Haciendo al mismo tiempo un paralelo entre escalas y temas (Figs. 35 y 36).

331

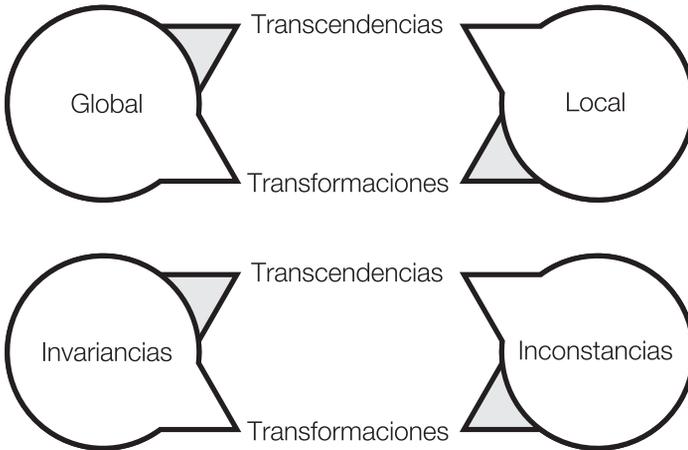


Fig. 35 – Paralelo entre escalas

El análisis del ambiente arquitectónico se desarrolla a partir de la relación entre las escalas y temas, creando una refe-

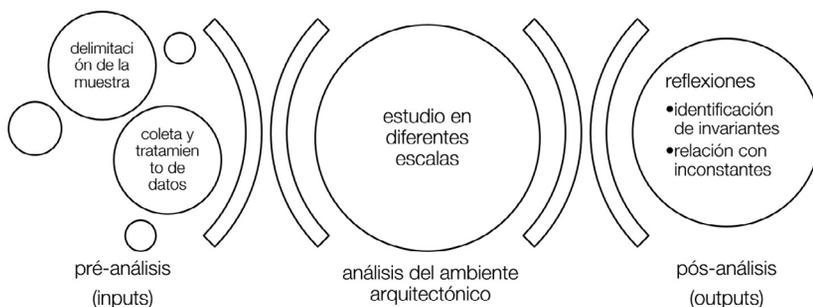
Fig. 36 – Paralelo entre temas

rencia interna (local) a partir de una referencia externa (global), un recorrido que se da a través de 4 niveles de escala: global, regional, urbano y edificio (Fig. 37).



De este modo, el análisis del ambiente arquitectónico se centra en la realidad local, con acciones anteriores y posteriores que parten de la preparación de inputs hacia la producción de outputs (Fig. 38).

332



Para analizar el ambiente arquitectónico a partir de diferentes escalas, consideramos como propias a la referencia interna, las escalas urbana/edificio, y por esta razón son estudiada con mayor nivel de detalle. De modo que las escalas global/regional, propias a la referencia externa, son estudiadas a partir de un único estudio cada. Y las escalas urbana/edificio, a partir de 5 sub-niveles: espacio urbano, entorno cercano, forma, piel e interior, conforme la Tab. 2:

Fig. 37 – Escalas de estudio

Fig. 38 – Organización del análisis

	Global	Región	Ciudad	Entorno	Forma	Piel	Interior
<b>Estudio</b>	4 casos en 4 países: España, Portugal, México y Brasil	2 casos en 2 ciudades de Brasil: Rio y Goiânia	1 plaza en Goiânia	Espacios abiertos en Goiânia	4 viviendas en Goiânia	21 viviendas en Goiânia	2 viviendas en Goiânia
<b>Objeto</b>	Forma Insolación	Protección solar	Microclima	Refriger. evaporativa	Forma	Cubiertas	Entorno, forma, piel, interior
<b>Herram.</b>	Heliodon	Heliodon Sol-Ar	Ecotect	Psicrom ABC		Transmitancia	Mediciones y simulaciones: EnergyPlus Análisis Bio Heliodon
<b>Presentación</b>	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí
<b>Publicación</b>	No	No	No	No	No	No	Sí
<b>% trabajo</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	70%

Breve presentación de los 7 estudios:

1. **Global.** Tema: La insolación y la proporción geométrica de edificios. Mismo método utilizado en el estudio 5. Comparación de aspectos que relacionan la insolación con la orientación solar de fachadas, la opacidad/transparencia de la piel y la distribución interior de 4 edificaciones ubicadas en ciudades distintas de la América Latina y Península Ibérica (Mexico, España, Portugal y Brasil).
2. **Región.** Tema: Eficiencia de brises-soleil en fachadas. Comparación de la eficiencia de la aplicación de los brises-soleil en las fachadas de 2 edificios institucionales de mismo porte ubicados en 2 ciudades de Brasil: Rio de Janeiro y Goiânia. Estudio solar con el auxilio de los softwares Sol Ar (UFSC) y Heliodon (UPC).
3. **Ciudad.** Tema: Evaluación bioclimática del espa-

333

Tab. 2 –  
Comparación entre  
referencias

cio urbano. Estudio de las transformaciones microclimáticas ocurridas en la Plaza Cívica entre 1937 y 2012, espacio urbano cercano a los casos del estudio 7 (interior). Utilización del software Autodesk Ecotect Analysis - Release 2011 para el estudio de insolación.

4. **Entorno.** Tema: Efecto potencial de la refrigeración evaporativa en espacios abiertos. Consiste en evidenciar el potencial del uso de la refrigeración evaporativa frente a las demás estrategias bioclimáticas en la ciudad de Goiânia. Herramientas computacionales usadas: Architectural Bioclimatic Classification - ABC (UFSCAR) y Psicrom (UFSCAR).
5. **Forma.** Tema: La insolación y la proporción geométrica de edificios. Mismo método utilizado en el estudio 1. Comparación de aspectos que relacionan la insolación con la orientación solar de fachadas, la opacidad/transparencia de la piel y la distribución interior de 4 viviendas unifamiliares de Goiânia.
6. **Piel.** Tema: Desempeño térmico de cubiertas. El estudio consiste en comparar el desempeño térmico de las cubiertas de las viviendas modernas ventiladas naturalmente estudiadas en el estudio 7 con otras 19, ubicadas en el mismo barrio - de mismo porte y período de construcción. Cálculo prescriptivo en base a la ABNT NBR 15220-3:2005, con el auxilio del software Transmittancia (UFSC).
7. **Interior.** Desempeño térmico de 2 de las 4 viviendas unifamiliares ventiladas naturalmente estudiadas en el estudio 5, construidas en las décadas de 1950 y 1960 en Goiânia. Realización de mediciones con dataloggers HT-500 y simu-

laciones con los software EnergyPlus, Heliodon (UPC) y AnalisisBio (UFSC). Tal y como está presentado en la Tab. 2, el estudio 7 representa un 70% del trabajo de los estudios.

### 5.2.1 Pre-análisis

La preparación de inputs se establece en coleccionar, seleccionar y tratar las informaciones de entrada que serán utilizadas en el análisis. Está organizada en 2 momentos:

- **Delimitación de la muestra**
- **Colecta y pre-tratamiento de datos**

#### 5.2.1.1 *Delimitación de la muestra*

Para la delimitación de la muestra, arquitectos y obras han sido seleccionados según criterios específicos.

Los criterios de selección de los arquitectos fueron:

- **Postura:** investigando sobre el proceso de revisión de arquitectura moderna en Brasil, llegamos a las Escuelas creadas en esta época, sus influencias, pensamiento y actitud – Rio de Janeiro (seleccionada), São Paulo e Recife; El arquitecto debe pertenecer a una escuela de arquitectura moderna brasileña responsable por abrir un nuevo camino para la arquitectura de la época;
- **Representatividad:** papel desempeñado en el proceso de revisión moderna, y consecuentemente, en un papel de destaque en la Escuela a fin de servir de parámetro de análisis para la escuela;
- **Época de su producción:** debe tener una importante producción y actuación en las primeras generaciones de este movimiento presentándose como puente para las influencias recibidas desde el exterior e

filtro de interpretación a las influencias que pasará hacia el interior del país;

- **Viabilidad:** arquitectos que garanticen una información mínima para el análisis propuesto, permitiendo su visitación y recogida de información directa o indirectamente a través de publicaciones y entrevistas;

Los criterios de selección de las obras fueron:

- **Postura:** El edificio debe ser clasificado como moderno, como parte de su producción ya dentro de la perteneciente escuela, con representatividad suficiente en la producción de este arquitecto;
- **Representatividad:** que represente un importante punto en la producción arquitectónica de la Escuela y en la vida de su autor.
- **Época de su producción:** aproximadamente entre 1940-1960; El edificio debe estar proyectado en, aproximadamente, años 35 y 60 configurando dos tiempos distintos dentro de este período, uno anterior y otro posterior;
- **Viabilidad:** obras que garanticen una información mínima para el análisis propuesto, permitiendo su visitación y recogida de información directa o indirectamente a través de publicaciones y entrevistas;
- **Función / Porte:** portes similares para comparación posterior, aunque sean edificios con usos distintos, como restaurantes pero preferencialmente viviendas.

La delimitación de la muestra de obras ubicadas en Goiânia ha sido realizada con base en la investigación bibliográfica y visitas “in situ” con fuentes secundarias de publicaciones recientes, realizadas a partir de 1990. A partir de esta época es cuando se encuentran estudios ordenados y con informaciones accesibles sobre viviendas modernas en Goiânia. Las consultas han sido realizadas a partir de:

- Consulta al acervo documental del Ayuntamiento de la ciudad de Goiânia.
- Consulta a material bibliográfico disponible, publicado o no, principalmente consultas a “inventarios de conocimiento”. Los inventarios de conocimiento son productos realizados fundamentalmente con el fin de proteger y fomentar la discusión del objeto tratado.

Dado que el Ayuntamiento de Goiânia no contiene un acervo completo y ordenado respecto al registro de viviendas construidas en el período, la fuente de información más fiable y aprovechable de datos secundarios resulta ser publicaciones, como libros y artículos científicos, producciones académicas no publicadas como monografías y disertaciones, sobretodo de organismos gubernamentales como el Instituto del Patrimonio Histórico y Artístico Nacional – IPHAN.

El inventario de conocimiento del IPHAN <sup>(194)</sup> establece un recorte espacial para la realización del levantamiento arquitectónico. La delimitación del espacio urbano levantado se ha basado en el proceso de desarrollo urbano de la capital. De este modo, son elegidos los siguientes barrios, según las Figs.39 y 40:

- Central, actualmente correspondiente a los barrios Central y Norte del trazado original de la ciudad;
- Sul;
- Oeste y
- Aeroporto

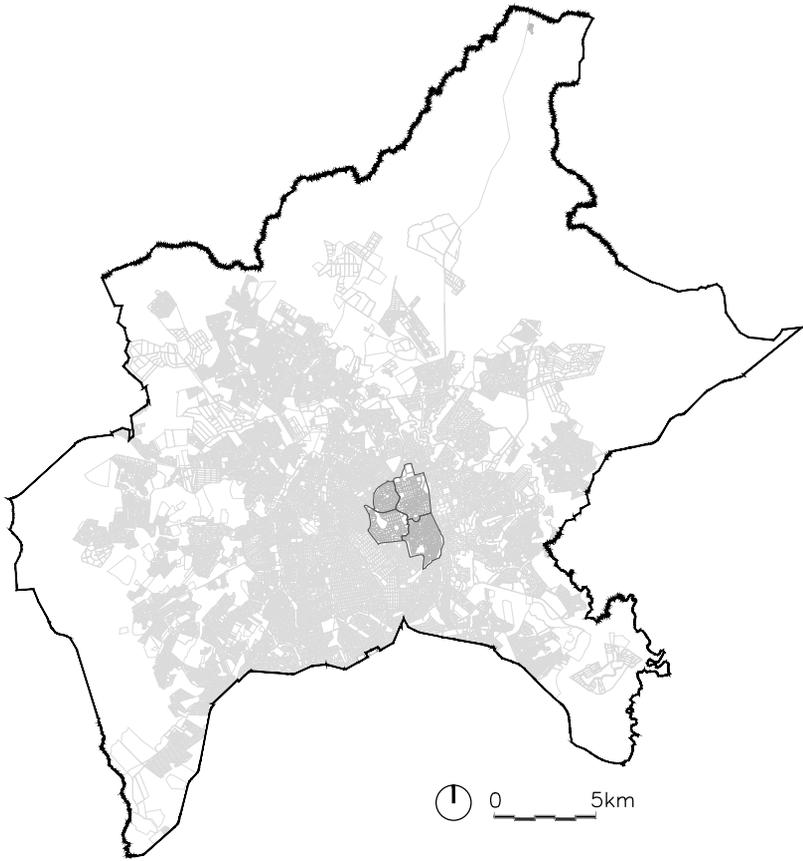


Fig. 39 –  
Localización de la  
región de estudio en  
Goiânia



339

El inventario ha identificado 78 edificaciones de pequeño porte distribuidas en los 4 barrios seleccionados, según la proporción presentada en la Fig. 41:

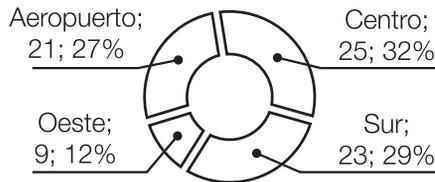


Fig. 40 – Barrios seleccionados

Fig. 41 – Distribución de edificaciones modernas en Goiânia

“Esta porção urbana, primeira a se adensar, abriga historicamente parcelas das classes médias e altas da sociedade goianiense, o que contribuiu para a construção da grande quantidade de residências alinhadas à nova arquitetura.” (MOURA, 2009, p.38)

Se percibe que las edificaciones se concentran en las inmediaciones del centro de la ciudad, conforme la Fig. 42:



340

Fig. 42 –  
Mapa de  
edificaciones  
modernas en  
Goiânia

5.2.1.2 *Colecta y preparación de datos*

La colecta y preparación de datos está estructurada de la siguiente manera:

- **Investigación bibliográfica y documental** - datos secundarios (Fig. 43)
- **Levantamiento de obras** - datos primarios (Fig. 44)

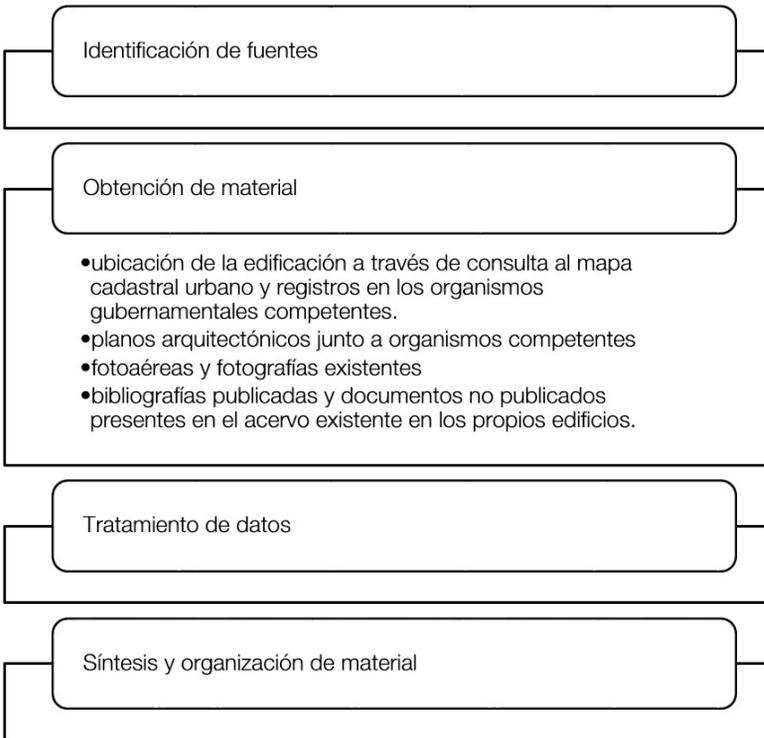
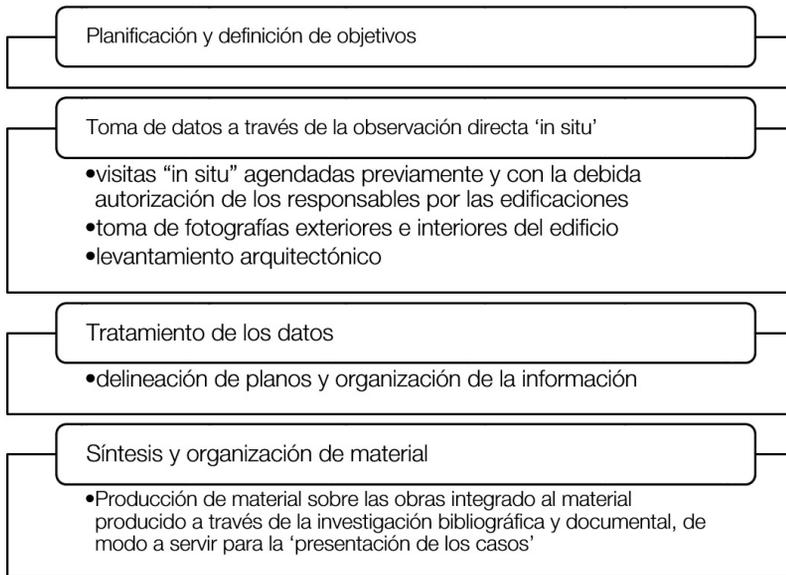


Fig. 43 – Investigación bibliográfica y documental



### 5.2.2 Estudio 1: La insolación y la proporción geométrica de edificaciones



Fig. 44 – Levantamiento de obras

■ MÉXICO, BRASIL, PORTUGAL E ESPANHA

Fig. 45 – Estudio 1

El estudio (Anexo K) consiste en comparar variables

geométricas y ambientales de 4 edificaciones ubicadas en países que poseen una relación sócio-cultural e histórica directa entre sí, como: España, México, Portugal y Brasil. Las edificaciones elegidas poseen características comunes. Se tratan de: edificaciones modernas ventiladas naturalmente; de porte semejantes; año de construcción secuencial; y ubicadas en entornos/climas distintos.

Los casos elegidos son:

- **Casa Estudio** (Luis Barragán. Ciudad de Mexico, Mexico, 1948)
- **Casa Ugalde** (José Coderch. Caldes d'Estrac, Barcelona, Catalunya-España, 1951-1953)
- **Casa de Té. Restaurante Boa Nova** (Álvaro Siza. Leça de Palmeira, Portugal, 1958-1963)
- **Casa del Arquitecto** (Severiano Porto. Manaus, Brasil, 1970)

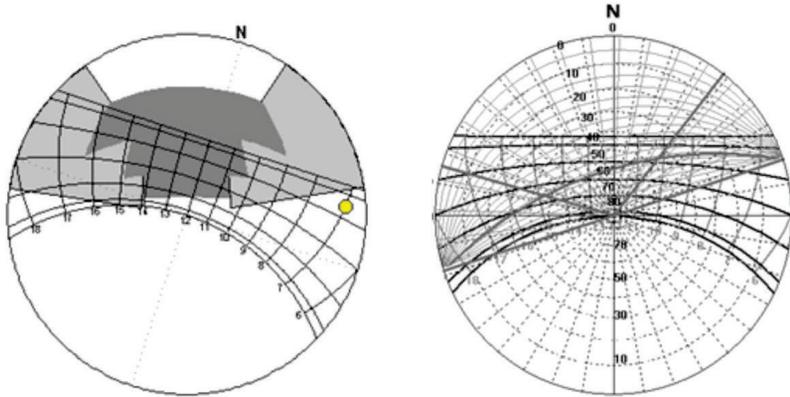
343

Las variables geométricas comparadas son:

- superficies de pisos y de cerramientos exteriores;
- dimensiones y proporciones de los volúmenes interiores de cada ambiente y sector funcional;
- posición, inclinación, disposición en fachadas, orientación solar y dimensión de superficies transparentes de aberturas y elementos translúcidos, clasificados en elementos sombreados y no sombreados por porches, brises, cobogoles o cualquier elemento que proyecte sombra en las aberturas.

Las variables han sido comparadas considerando los efectos de la insolación, la orientación solar de fachadas, la opacidad/transparencia de la piel y la distribución interior.

### 5.2.3 Estudio 2: Eficiencia de brises-soleil en fachadas



El estudio<sup>lxx</sup> (Anexo L) consiste en comparar la eficiencia de la aplicación de los brises-soleil en las fachadas de 2 edificios institucionales de mismo porte ubicados en 2 ciudades de Brasil:

- Edificio MES - Ministério de Educação e Saúde (Rio de Janeiro, 1936-1945)
- Edificio BEG - Banco Estadual de Goiás (Goiânia, 1955)

El estudio se desarrolla a partir de:

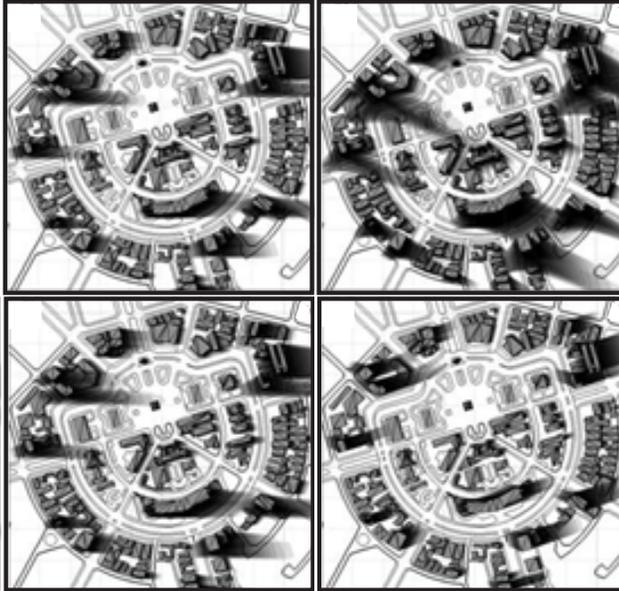
- Levantamiento de informaciones secundárias y primárias, con la realización de investigación bibliográfica y visitas “in situ”. Graficación de planos.
- Estudio solar con el auxilio de los softwares Sol-Ar (Labeee-UFSC) y Heliodon (UPC).

El estudio permite estender las conclusiones del análisis del Estudio 7 respecto al uso de brises-soleil en este período y da luz a relaciones existentes en la interiorización de lo moderno en el territorio brasileño.

Fig. 46 –  
Estudio 2

<sup>lxx</sup> Estudio dirigido por el autor de la tesis y realizado por la académica Camila Portella Rezende.

### 5.2.4 Estudio 3: Evaluación bioclimática del espacio urbano



345

El objetivo del estudio<sup>lxxi</sup> (Anexo M) es analizar las consecuencias microclimáticas derivadas de las transformaciones del paisaje urbano ocurridas en la Plaza Cívica de Goiânia, entorno cercano a los casos estudiados en el Estudio 7.

El estudio analiza el período desde la inauguración de la Plaza, en 1937, hasta el año de 2012. El estudio se concentra en las décadas de 1940, 1960 y el año de 2012, estableciendo 2 importantes períodos de transformación paisagística en el lugar:

- período 1 (décadas de 1940 y 1960);
- período 2 (década de 1960 y año de 2012).

En la década de 40, la plaza ha sido constituida como centro de la ciudad. En la década de 60, la plaza ha sido consolidada como sector administrativo, pasando a tener nueva

---

<sup>lxxi</sup> Estudio dirigido por el autor de la tesis y realizado por los académicos: Thiago Lima Macedo, Camila Portella Rezende, Bruno Rodrigues Cappellesso.

Fig. 47 –  
Estudio 3

sectorización funcional. Hasta 2012, la plaza pasa a sufrir modificaciones importantes desde el punto de vista paisagístico, destacadas en el estudio.

El estudio consiste en:

- Levantamiento de informaciones secundarias y primarias, con la realización de investigación bibliográfica y visitas “in situ”. Graficación de mapas y modelaje tridimensional de la plaza y edificios que la constituye.
- Identificación de variables arquitectónicas y climáticas que sufren más transformación en los períodos. Estudio de insolación con la utilización del software Autodesk Ecotect Analysis - Release 2011.
- Análisis de transformaciones de cada período y comparación entre variables.

346

#### 5.2.5 Estudio 4: Efecto potencial de la refrigeración evaporativa en espacios abiertos

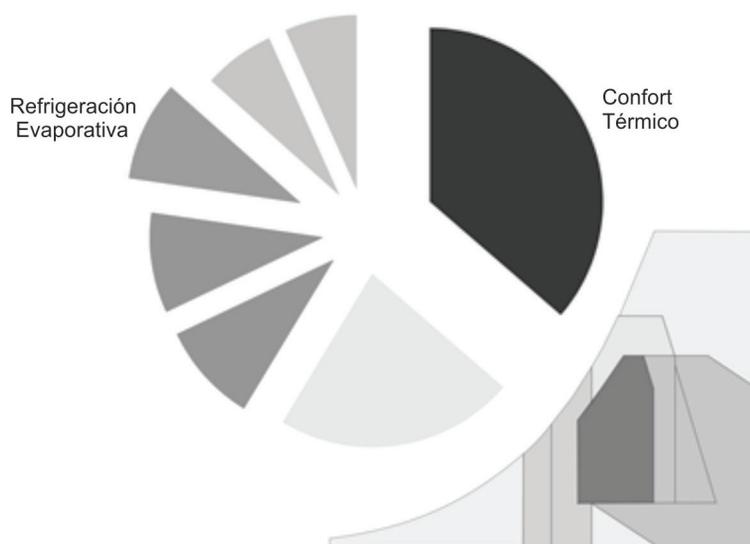


Fig. 48 –  
Estudio 4

El estudio<sup>lxxii</sup> (Anexo N) consiste en evidenciar el potencial del uso de la refrigeración evaporativa frente a las demás estrategias bioclimáticas.

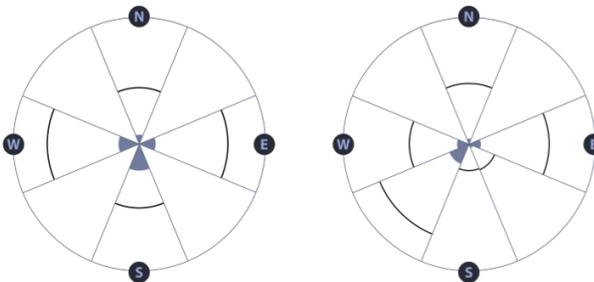
Los estudios han sido realizados utilizando datos meteorológicos de la ciudad de Goiânia obtenidos en las Normales Climatológicas de 1930-1960 del Instituto Nacional de Meteorología – INMET, y los softwares de simulación desarrollados por Maurício Roriz:

- Architectural Bioclimatic Classification, para la generación de las cartas bioclimáticas basadas en el modelo de Givoni;
- Psicrom, para la simulación del efecto aislado de la aplicación de la refrigeración evaporativa en espacios abiertos, considerando una eficiencia de 70%.

El estudio permite apoyar las conclusiones realizadas en el Estudio 7, respecto a la influencia de entornos húmedos al clima interior de edificaciones, así como, respecto al uso de la refrigeración evaporativa en cada uno de los meses del año, con énfasis en el mes de Septiembre, por la fuerte demanda por el uso de esta estrategia bioclimática, sobretudo en espacios abiertos como el entorno cercano al edificio, a fin de reducir las horas de desconfort causados por el espacio urbano.

347

### 5.2.6 Estudio 5: La insolación y la proporción geométrica de viviendas de Goiânia



<sup>lxxii</sup> Estudio dirigido por el autor de la tesis y realizado por la académica Ana Carolina Costa Roriz de Araújo.

Fig. 49 – Estudio 5

El estudio<sup>lxxiii</sup> (Anexo O) consiste en comparar variables geométricas y ambientales de 4 edificaciones ubicadas en la ciudad de Goiânia. Las edificaciones elegidas poseen características comunes. Se tratan de: edificaciones modernas ventiladas naturalmente; de porte semejantes; año de construcción secuencial; y ubicadas en entornos/climas distintos.

Los casos<sup>lxxiv</sup> elegidos son:

- **Casa Abdala Abrão** (David Libeskind, Goiânia, Brasil, 1961)
- **Casa Eurípedes Ferreira** (Godoy, Goiânia, Brasil, años 50)
- **Casa José Félix Louza** (David Libeskind. Goiânia, Brasil, 1952-1953)
- **Casa Carlos Cunha Filho** (Silas Varizo. Goiânia, Brasil, 1963-1964)

Las variables geométricas comparadas son:

- superficies de pisos y de cerramientos exteriores;
- dimensiones y proporciones de los volúmenes interiores de cada ambiente y sector funcional;
- posición, inclinación, disposición en fachadas, orientación solar y dimensión de superficies transparentes de aberturas y elementos translúcidos, clasificados en elementos sombreados y no sombreados por porches, brises, cobogoles o cualquier elemento que proyecte sombra en las aberturas.

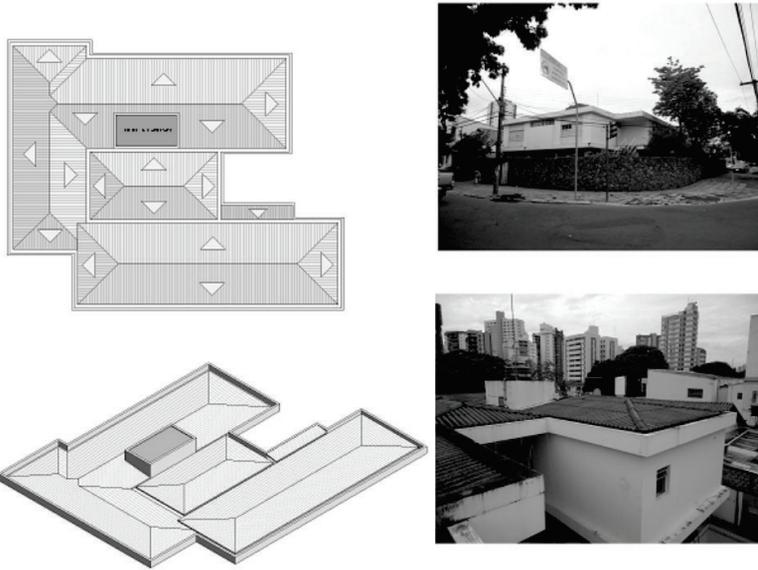
Las variables han sido comparadas considerando los efectos de la insolación, la orientación solar de fachadas, la opacidad/transparencia de la piel y la distribución interior.

---

lxxiii Estudio dirigido por el autor de la tesis y realizado por el académico Bruno Rodrigues Cappellesso.

lxxiv Los dos primeros son los estudiados en el Estudio 7.

### 5.2.7 Estudio 6: Desempeño térmico de cubiertas



349

El estudio<sup>lxxv</sup> (Anexo P) consiste en comparar el desempeño térmico de las cubiertas de los 2 casos analizados en el Estudio 7 con 19 viviendas modernas ventiladas naturalmente - de mismo porte y año - ubicadas en el mismo barrio y ciudad de los casos del Estudio 7. Las variables de comparación del desempeño son:

- transmitancia térmica,
- capacidad térmica,
- resistencia térmica,
- factor solar y
- retraso térmico

El estudio se desarrolla a partir de:

- Levantamiento de informaciones secundarias y primarias, con la realización de investigación

<sup>lxxv</sup> Estudio dirigido por el autor de la tesis y realizado por la académica Débora Cristina Carvalho Rezende.

Fig. 50 – Estudio 6

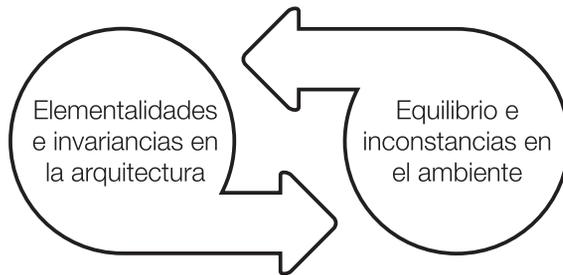
bibliográfica y visitas “in situ”. Graficación de planos y modelaje tridimensional de los edificios. Identificación de materiales de construcción usados en las cubiertas. Clasificación de las cubiertas.

- Cálculo prescriptivo del desempeño térmico de las cubiertas en base a la ABNT NBR 15220-3:2005, con el auxilio del software Transmitancia (Labee-UFSC).

### 5.2.8 Estudio 7 - Interior

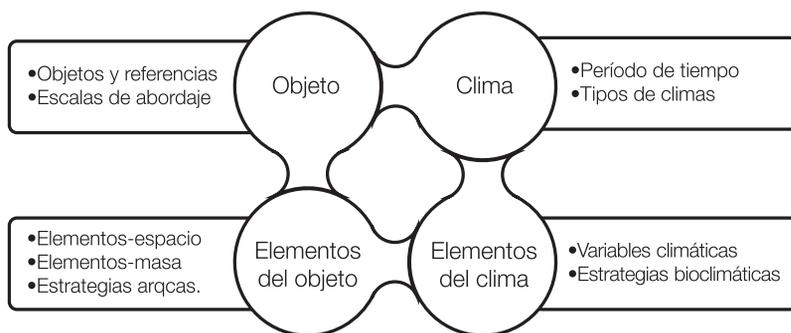
El análisis (Anexo Q) se apoya en los contenidos referentes al estudio de inconstancias y equilibrio en el ambiente. Y puede ser definido por la submisión de invariantes en inconstancias, sirviendo de síntesis a la relación que se establece entre:

350



Se busca generar información suficiente respecto a las condiciones térmicas del edificio, de modo a posibilitar la generación de conclusiones parciales y generales desde una matriz de correspondencia creada a partir de la comparación del objeto de estudio y el clima:

Fig. 51 –  
Macro-relación



El objeto (casos de estudio) debe ser relacionado con el lugar en que se ubican, estableciendo una comparación entre diferentes escalas:

- Objeto (escala del edificio) – Caso A. Abdala Abraão
- Objeto (escala del edificio) – Caso B. Bariani Ortêncio
- Referencia exterior (diferentes escalas de los estudios 1 a 6)

Los elementos del objeto (casos de estudio) se diferencian según dos órdenes de comparación y provienen de las variables arquitectónicas: superficie, espesor, volumen de aire, distancia vertical entre aberturas de entrada y salida de aire. Los órdenes son:

- Elementos-espacio, diferentes ambientes interiores y exteriores de cada caso. Los ambientes también han sido agrupados en sectores funcionales para generar datos menos específicos y posibilitar una síntesis en la interpretación de las informaciones salientes.
  - ♦ Sectores funcionales (considerados para análisis)
    - Social
    - Íntimo
  - ♦ Ambientes
    - Salón (en el caso A, se añade el patio

Fig. 52 –  
Matriz de análisis

- cubierto central)
    - Cuarto
    - Exterior (pilotes)
- Elementos-masa, diferentes componentes y sistemas
  - ◆ Componentes de la piel y del interior de cada caso
    - Cubierta
    - Cerramientos interiores y exteriores
    - Aberturas
  - ◆ Sistemas de control
    - Elementos de sombreadamiento
- Estrategias arquitectónicas
  - ◆ Orientación de fachadas/aberturas
  - ◆ Abertura al exterior
  - ◆ Planta libre
  - ◆ Pilotes
  - ◆ Cubierta-jardín
  - ◆ Ventanas-fita
  - ◆ Fachada libre
  - ◆ Uso y ocupación

La definición del período de medición definido en la ABNT 15575-1:2013 se da a través de la determinación de 1 día típico de proyecto para cada estación, precedido por al menos 1 día con características semejantes. Se recomienda trabajar una secuencia de 3 días y analizar los datos del 3º día. El día típico es determinado por medio de los valores de temperatura del aire exterior medidos en el local y comparados a los datos de referencia de la propia normativa. La inexistencia de datos previos ha imposibilitado la determinación previa del día típico. La mejor opción ha sido trabajar con períodos más largos de medición, determinando el mes típico de cada estación en lugar del día típico.<sup>195</sup>

“Para definir el período de realización de mediciones, consideramos las condiciones típicas del año de referencia, de acuerdo con las normas climatológicas de 1961-1990.” (ALBANO, L., et.al., 2013)<sup>196</sup>

La determinación de los meses típicos del año ha sido basada en los datos meteorológicos del año de referencia (normales climatológicas) obtenidos a través del INMET (2009), creado en el período del 1961 a 1990.<sup>197</sup>

De este modo, se ha elegido un período de análisis con 2 niveles de abordaje:

- Período integral – Estudio de los meses típicos
- Período parcial – Estudio de la semana característica dentro del mes típico. Días 14 a 21 de cada mes.

Para el período integral, se ha considerado la existencia de 3 diferentes climas a lo largo del año en Goiânia. Para cada clima se ha elegido 1 mes típico de estudio:

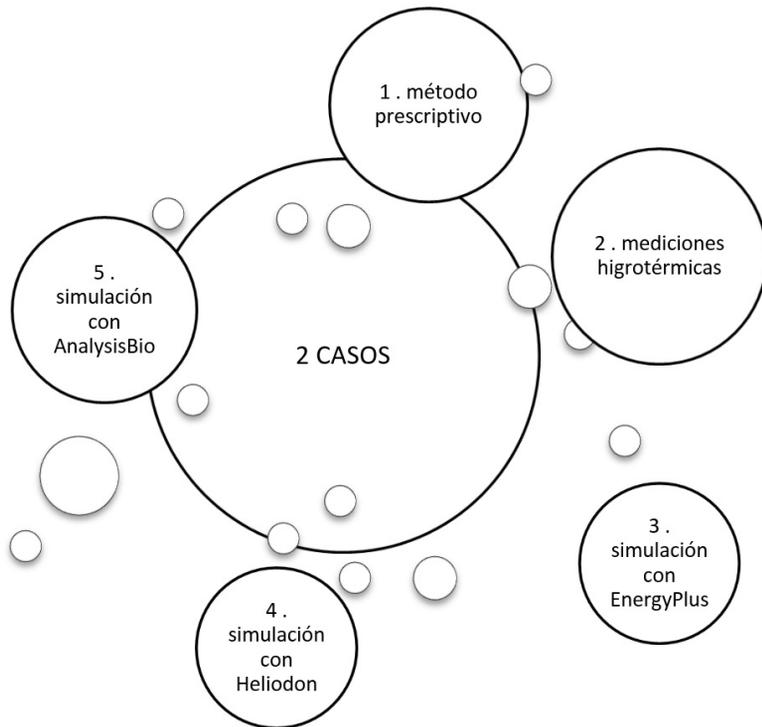
- Referencia de clima frío-seco – Junio, mes típico de la estación seca de temperaturas mínimas
- Referencia de clima cálido-seco – Septiembre, mes típico de la estación seca de temperaturas máximas
- Referencia de clima cálido-húmedo – Diciembre, mes típico de la estación húmeda de temperaturas medias)

Para el período parcial, se ha elegido 1 semana dentro del mes típico que resultara en datos más fiables, con menos distorsiones en función del uso y ocupación de los edificios y perturbaciones propias del margen de error de los instrumentos de análisis e de posibles inconstancias climáticas.

Los elementos del clima se diferencian según dos órdenes de comparación y provienen de elementos intrínsecos al clima y de su relación con el edificio:

- Variables ambientales (clima x clima)
  - ◆ Valores de Temperatura del aire

- ◆ Valores de Humedad relativa del aire
- ◆ Valores de Punto de rocío
- ◆ Porcentual de (dis)confort
- Estrategias bioclimáticas (clima x edificio)
  - ◆ Ventilación
  - ◆ Masa térmica
  - ◆ Resfriamiento evaporativo



354

El procedimiento metodológico de creación de la RL consiste en analizar, a través de cálculos prescriptivos, mediciones termo-higrométricas “in situ” y simulaciones con variados softwares, el desempeño térmico de los casos (ambientes y componentes), aplicando las posibilidades actuales de análisis y comparación de datos. El procedimiento se basa en lo establecido en la ABNT NBR 15220:2005<sup>198</sup> y en la ABNT NBR 15575:2013<sup>199</sup>.

Fig. 53 –  
organización del  
estudio 7

Tal y como el estudio de las inconstancias, el estudio 7 está dividida en 2 Fases:

- Fase 1 – Método estacionario (estudio prescriptivo)
- Fase 2 – Método dinámico (mediciones y simulaciones)

En resumen, está formada por la aplicación de 5 métodos en 2 casos, conforme la Fig. 53.

#### 5.2.8.1 Fase 1: Método estacionario (prescriptivo)

“A edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3”(ABNT, 2013)

Conforme la definición de la ABNT NBR 15575:2013, un análisis de desempeño térmico debe atender a las solicitudes de la ABNT NBR 15220-3:2005, a través de cálculos prescriptivos. Se trata de valores relativos a los mecanismos de intercambio térmico seco. La abrangencia del análisis es definida según la necesidad demostrada en el momento de realización de la Fase. La abrangencia completa, definida en la normativa (ABNT, 2005) abarca 5 variables:

- transmitancia térmica,
- capacidad térmica,
- resistencia térmica,
- retraso térmico y
- factor solar de elementos opacos, transparentes y translúcidos.

Parte de los cálculos son realizados en consulta a la normativa y comparados a través de la utilización del software Transmitancia 1 del Laboratório de Eficiência Energética em Edificações de la Universidad Federal de Santa Catarina.

### 5.2.8.2 Fase 2: Método dinámico

La ABNT NBR 15575-1 (2008) define dos niveles de aproximación: simplificado y global, recomendado para evaluaciones más detalladas.<sup>200</sup>

“Simplificado: atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional.” (ABNT, 2013)

356

En la Fase 2, adoptamos el nivel global que define dos procedimientos: mediciones del edificio construido y simulaciones con auxilio de softwares. La ABNT (2013) define que mediciones termo-higrométricas deben ser realizadas con el carácter solamente informativo. Y que simulaciones deben ser realizadas en los casos en que las edificaciones no cumplan los requisitos establecidos en cuanto transmitancia térmica y capacidad térmica, definidos en la ABNT NBR 15220-3:2005.

Para los análisis del presente estudio, se ha optado por realizar un análisis completo de los 2 casos seleccionados, independientemente del resultado de cada etapa. De este modo, las 2 edificaciones han sido sometidas al método informativo global, definido en la ABNT NBR 15575:2013.

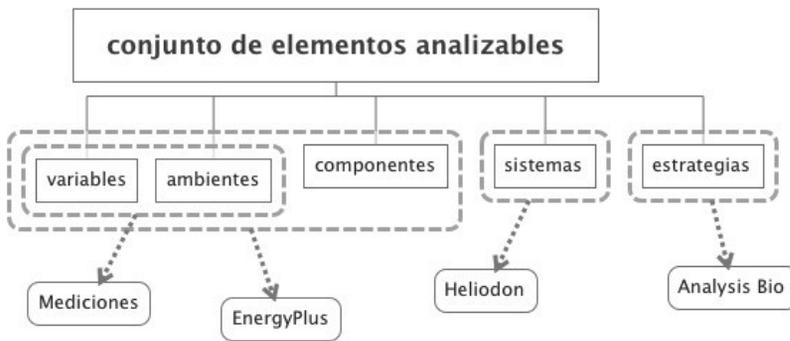
Es importante citar que la utilización de dichas normativas tiene por finalidad servir como base de referencia a la estructuración del método de análisis del ambiente arquitectónico y no la submisión o verificación del cumplimiento de los requisitos por parte de los casos estudiados. Las conclusiones

del análisis por tanto no se basan en el simple cumplimiento de requisitos sino en la interpretación de la relación existente entre aspectos compositivos y ambientales del edificio.

La aplicación del método dinámico se da a partir de:

- mediciones termo-higrométricas, y
- simulaciones con 3 diferentes softwares:
  - ◆ EnergyPlus Building Energy Simulation Program 4.0.0.024
  - ◆ Heliodon
  - ◆ AnalisisBio

La elección de cada método y herramienta tiene por finalidad abarcar todo el conjunto de elementos analizables. Las 4 herramientas se auto-complementan en el análisis, siendo realizadas conforme la secuencia presentada en la Fig. 54:



357

Las mediciones higrotérmicas se basan en la toma de datos “in situ” de las variables ambientales en los elementos-espacio de los casos. Al todo, 7 ambientes interiores y exteriores han sido medidos durante el período integral de estudio, cubriendo un total de 91 días: Jun, 01-30; Sep, 01-30; Dic, 01-31.

Las mediciones han sido realizadas con el uso de Dataloggers HT-500 instalados conforme la ABNT NBR 15575-1:2013. Los Dataloggers ha sido instalados en el centro de los ambientes buscando evitar influencias de transmisiones térmicas por radiación y convección, en la altura de 120cm del piso.

Fig. 54 – Elementos analizables y herramientas de análisis

Las especificaciones y recomendaciones por parte del fabricante del aparato de medición han sido respetadas en el montaje, uso y desmontaje de los equipamientos.

La simulación energética es un procedimiento metodológico satisfactorio, resultante de un proceso de evolución de instrumentos y herramientas de auxilio al análisis y desarrollo de proyectos de edificios. No obstante, debe ser realizada considerando sus márgenes de error debido a las diferencias entre el modelo y ambiente virtuales, tal y como el objeto y ambiente reales.

La simulación realizada ha considerado el edificio como un todo pero también aislando cada una de sus partes, para evidenciar la intervención individual de cada invariante arquitectónico en el contexto global del edificio. La utilización de una diversidad de herramientas de simulación de edificios viene en función de sus complementariedades, a fin de contrastar resultados y obtener más fiabilidad en los mismos.

358

Los estudios de simulación han sido realizados posteriormente a las mediciones. De este modo, ha sido posible verificar los resultados con base en los datos ya colectados. El primer software a ser utilizado ha sido el EnergyPlus Building Energy Simulation Program 4.0.0.024.

El software EnergyPlus ha sido utilizado para solucionar el balance térmico del edificio y evaluar las contribuciones de las diferentes estrategias de condicionamiento térmico pasivo en las viviendas.

“results provided by software would not be worth if the base case was not correctly calibrated, i.e., the virtual model of the building under analysis must represent faithfully the thermal and energy behavior of that building. To achieve this objective, one has to compare measured performance data with those values predicted by the software.” (Westphal and Lamberts, 2005)

De acuerdo con Westphal y Lamberts (2005),<sup>201</sup> la calibración del modelo es fundamental para minimizar los márgenes de error debido a las diferencias entre el modelo/ambiente virtual y objeto/entorno real. El procedimiento de calibración ha sido realizado a través de los siguientes pasos:

- Creación del Modelo Virtual
- Calibración del Modelo Virtual
- Obtención del Modelo de Referencia

El Modelo Virtual ha sido creado en base al material de síntesis del pré-análisis. Para trabajar con el EnergyPlus, ha sido utilizada la interface gráfica del DesignBuilder después de analizar los procedimientos necesarios para la utilización del SketchUp. La operacionalización con la utilización del SketchUp demanda más tiempo y la facilidad de la interface gráfica del DesignBuilder hizo con que el trabajo fuera más eficiente.

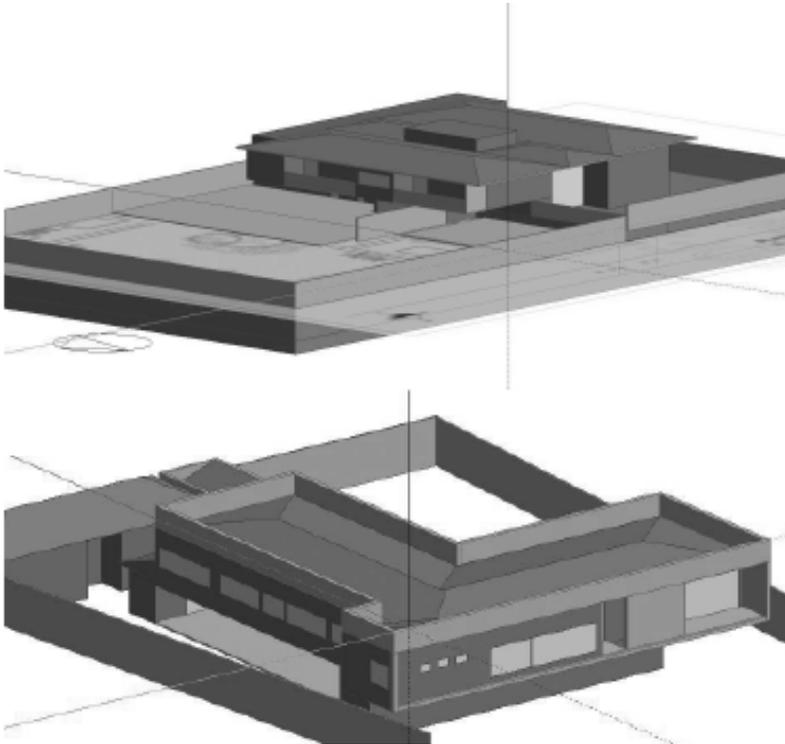


Fig. 55 –  
Modelos virtuales  
(Arriba: Caso A;  
Abajo: Casa B)

El modelaje (Anexo Q) de los modelos virtuales presentados en la Fig. 55 ha considerado las zonas térmicas del edificio conforme la necesidad del análisis. Ha sido creada una zona térmica para cada ambiente del edificio. Cada zona térmica (Fig. 56) ha sido configurada según su uso y aportaciones térmicas interiores. Las aberturas han sido modeladas de modo a posibilitar estudios de sensibilidad al paso del aire.

360

Description	Description
17219 ED_sala tecnica - Zone 1	38484 _oficina - Zone 2
22764 ED_WC - Zone 2	38493 _oficina - Zone 1
22774 ED_WC - Zone 1	41586 _vivienda - WC 4
23075 _zona inferior - Zone 1	41595 _vivienda - CUARTO
24492 _zona sur - Zone 2	41605 _vivienda - kitchen
24503 _zona sur - Zone 7	41621 _vivienda - SALON
24511 _zona sur - Zone 4	41632 _vivienda - dinner
24524 _zona sur - Zone 1	41646 _vivienda - hall principal
24533 _zona sur - Zone 8	41664 _vivienda - hall 4
24544 _zona sur - SALON	41674 _vivienda - bedroom 3
24555 _zona sur - Zone 3	41686 _vivienda - WC 2
24564 _zona sur - Zone 6	41695 _vivienda - WC 3
24313 _zona norte - Zone 4	41704 _vivienda - bedroom 2
24320 _zona norte - Zona 5	41716 _vivienda - bedroom 1
24328 _zona norte - Zone 3	41729 _vivienda - WC 1
24337 _zona norte - Zone 9	41739 _vivienda - kit_DML
24348 _zona norte - Zone 10	36160 Edicula - Zone 1
24357 _zona norte - CUARTO	36149 Roof edicula - Zone 1
24366 _zona norte - Zone 8	38232 Roof house - Zone 1
24373 _zona norte - Zone 6	42437 _WC - Zone 4
24381 _zona norte - Zone 1	42444 _WC - Zone 3
24389 _zona norte - Zone 2	42451 _WC - Zone 2
21551 roof 4 - Zone 1	42458 _WC - Zone 1
21654 roof 3 - Zone 1	41420 Roof varanda - Zone 1
21884 roof 2 - Zone 1	41489 Roof baths - Zone 1
22115 roof 1 - Zone 1	
22701 _patio - PATIO	

Fig. 56 –  
Zonas térmicas  
(Izq.: caso A; der.:  
caso B)

La calibración del Modelo Virtual ha sido obtenida comparando los resultados del modelo simulado con los datos provenientes de las mediciones higo-térmicas, manteniendo volúmenes, geometría del edificio, orientación solar, zonas térmicas, propiedades térmicas de la piel (obtenidas en la Fase 1 del análisis), perfil de uso del edificio. Este procedimiento ve-

rifica la calidad de la información obtenida con la simulación y presenta el margen de error del modelo simulado.

El archivo climático utilizado ha sido obtenido a través de la Base de Datos de Roriz (2012) de acceso gratuito y disponible en la web.<sup>202</sup> Los archivos obtenidos han sido tratados de modo a poder ser utilizados en la plataforma EnergyPlus.

La simulación ha sido realizada para el período integral de estudio, tal y como las mediciones. Buscando como resultado la verificación de las variaciones de datos de las variables ambientales, haciendo comparaciones entre casos de estudio, sectores funcionales, diferentes ambientes, ambientes interior x exterior.

En un segundo momento, ha sido estudiado el comportamiento térmico de los componentes de la piel y del interior de cada caso (cubierta, cerramientos interiores y exteriores, aberturas) a fin de sacar datos cuanto a la intervención individual de cada elemento frente al comportamiento térmico global del edificio.

En un tercer momento, ha sido realizado el estudio de sensibilidad de edificio respecto al paso del aire. Han sido creadas 5 diferentes situaciones de uso en el edificio. Luego, han sido realizadas simulaciones con los diferentes modelos a fin de percibir la importancia de las aberturas en cada hora del día. El período de estudio ha sido 1 día característico de septiembre (equinoccio). Las características del Modelo de Referencia están anexadas a la Tesis.

En secuencia al estudio de las contribuciones individuales de elementos-masa, ha sido realizado el estudio de los sistemas de control solar, a fin de sacar consideraciones sobre el diseño de la forma del edificio y eficiencia de dispositivos de protección solar. Los brises-soleil aplicados en una de las fachadas del Caso A ha sido objeto de estudio con el software Heliodon. Este mismo software también ha sido utilizado para tratar los datos meteorológicos de la ciudad de Goiânia respecto a la proporción de radiación incidente en cada orientación.

El software AnalisisBio ha sido utilizado en la evaluación del acondicionamiento térmico pasivo posibilitando la comparación de las condiciones ambientales en los diferentes espacios y la aplicación de dos métodos de forma comparada:

- Método de Givoni (1992) - adoptado por la ABNT NBR 15220:2005
- Método de Nicol (1994)

El software ha permitido generar conclusiones respecto a las exigencias bioclimáticas de la ciudad y las respuestas arquitectónicas de cada caso, posibilitando sacar conclusiones a través de la obtención del percentual de horas de (dis)confort de cada caso/ambiente, respecto:

- Correcciones del entorno en cada caso
- Relación del edificio y su entorno
- Relación entre la forma y el diseño de la piel del edificio
- Eficiencia de la aplicación de estrategias bioclimáticas

362

El estudio ha sido realizado para el período parcial de estudio dada la limitación de datos de entrada del software. Las informaciones de entrada han sido provenientes de las mediciones higrotérmicas.

### 5.2.8.3 *Casos de Estudio*

Entre las 78 edificaciones, ubicadas en los 4 barrios centrales de la ciudad de Goiânia, destacamos 2 para el estudio 7, localizadas en el Barrio Sur, conforme la Fig. 57.



363



La Fig. 58 presenta las edificaciones elegidas como muestra de estudio (Anexo Q):

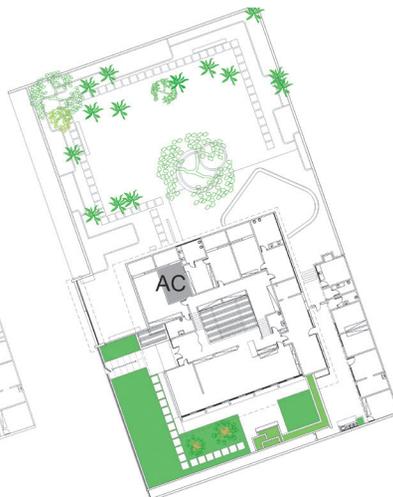
- Caso A: Vivienda Abdala Abrão (Libeskind, 1961).
- Caso B: Vivienda Eurípedes Ferreira (Godoy, finales de los años 50), también conocida por Vivienda Bariani Ortêncio, su actual propietario desde principios de los años 60.

Fig. 57 –  
Casos A y B

### Caso A



PLANTA 0



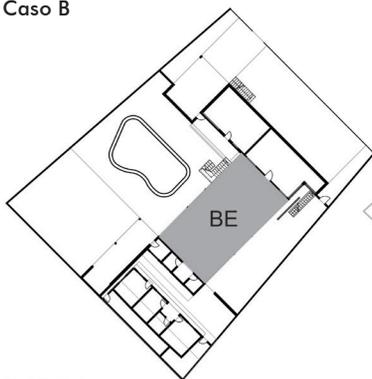
PLANTA 1



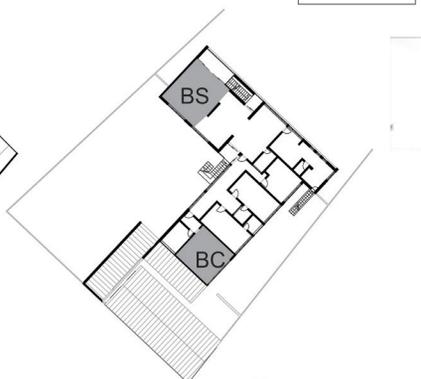
AE	exterior
AC	cuarto
AS	salón
AP	patio
BE	exterior
BC	cuarto
BS	salón

364

### Caso B



PLANTA 0



PLANTA 1



## 5.2.9 Pós-Análisis

La última etapa consiste en la interpretación y síntesis de los resultados de los análisis, levantando discusiones y conclusiones, de modo a identificar invariantes arquitectónicos y relacionarlos con inconstantes ambientales.

Fig. 58 – Planos de los casos del estudio 7

## REFERENCIAS

193. BASTOS, R. A. **Catedral gótica, estrutura e luz para a contemplação.** Revista da Universidade Católica de Goiás. Série Estudos. V. 28 N. 1 p. 179-209. UCG: Goiânia, 2001. p.186
194. MOURA, A. A. P., (2009). **Arquitetura residencial moderna em Goiânia: delineando um cenário.** Programa de Especialização do Patrimônio – PEP. Goiânia, BR: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Estado de Goiás – IPHAN-GO.
195. NBR 15575:2013. **Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho.** ABNT, 2013.
196. ALBANO, L.; ROMERO, M. A. B. ; HERNANDEZ NETO, A. . **The energy efficiency as an architecture principle product.** In: CLIMA 2013 - 11th REHVA World Congress and the 8th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings. Praga, República Checa: Society of Environment Engineering (STP), 2013. v. 1st Ed..
197. INMET. 2009. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990.** Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia.
198. NBR 15220:2005. **Desempenho térmico de edificações.** ABNT, 2005.
199. NBR 15575:2013. **Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho.** ABNT, 2013.
200. ALBANO, L.; ROMERO, M. A. B. ; HERNANDEZ NETO, A. . **The energy efficiency as an architecture principle product.** In: CLIMA 2013 - 11th REHVA World Congress and the 8th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings. Praga, República Checa: Society of Environment Engineering (STP), 2013. v. 1st Ed..
201. WESTPHAL, F. S. and LAMBERTS, R.. 2005. **Building Simulation Calibration Using Sensitivity Analysis.** Ninth International IBPSA Conference. Montreal. pp.1331-1338.
202. RORIZ. **Roriz Bioclimática.** Disponible en: [http://www.roriz.eng.br/epw\\_9.html](http://www.roriz.eng.br/epw_9.html) Consultado en ene/2012.

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t}{24}$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \sum_{h=1}^{24} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i > T_e$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$\sum_{h=1}^{24} (T_{e_h} - T_i) \times \Delta_t$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{e_h} - T_i) \times \Delta_t}{24}$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{e_h} - T_i) \times \Delta_t}{24}$$



referencias a las distintas escalas a lo  
 de las dimensiones urbanas / arquite  
 como en la capital del Estado de Goiás  
 En un proceso de independencia es  
 mentos arquitectónicos son transfor  
 través de concentrándose en  
 Este modo de entender no  
 referencias a las distin  
 de las dimensiones ur  
 En un proceso de t  
 mentos arquitectónic  
 con  
 este mo  
 este m  
 referen  
 GD  
 de las u  
 mentos  
 En  
 mento  
 Atendiend  
 conce  
 este mod  
 referencia  
 de las dim  
 En un

## 6 . RESULTADOS Y DISCUSIONES

El capítulo se centra en la presentación de los resultados del estudio 7, permeados por breves consideraciones provenientes de los demás estudios, que dan cuerpo a discusiones contextualizadas por los resultados.

La Matriz de Análisis, presentada en la Fig. 59, estructura el texto

del Cap. 6 de modo a presentar conjuntamente los resultados cuanto a la relación entre los elementos del objeto y del clima, conforme la Fig. 59, obtenidos a partir de los diferentes métodos de análisis:

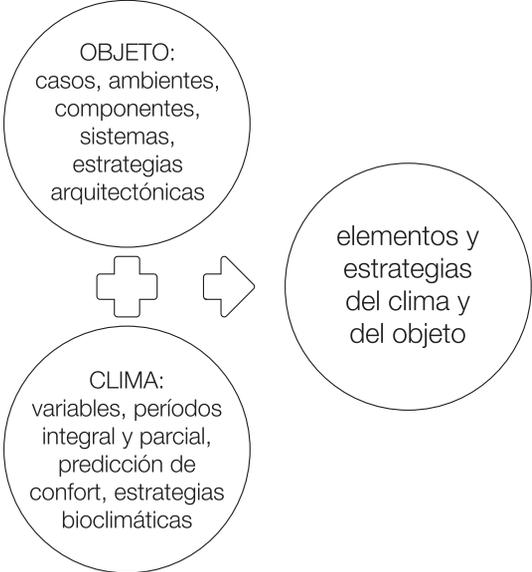


Fig. 59 – Organización de los resultados

## 6.1 RELACIÓN ENTRE INTERIOR Y EXTERIOR

### 6.1.1 El ambiente exterior

Las discusiones sobre el ambiente exterior pasan por dos niveles de análisis:

- El clima y sus variables
- La ubicación y el entorno cercano

En el primer momento, las discusiones parten de la configuración anual de las variaciones termo-higrométricas de la ciudad hacia la necesidad del establecimiento de una jerarquía, u orden de prioridad, respecto a dos variables climáticas: temperatura versus humedad del aire.

En el segundo momento, las discusiones se centran en la caracterización del lugar a partir de las escalas de la ciudad hacia el entorno del objeto, buscando relacionar las variables climáticas y la preparación del ambiente exterior al edificio.

Las variaciones termo-higrométricas presentes en el clima de la ciudad de Goiânia demuestran una importante relación entre la temperatura y la humedad del aire. El análisis de las condiciones de confort en sus 3 estaciones (seco-frío, seco-cálido y húmedo) permite una comparación entre:

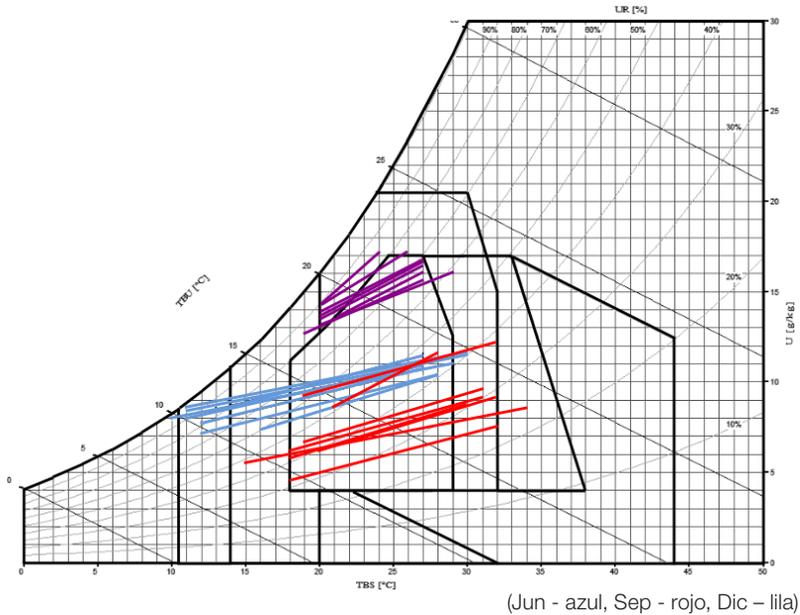
- necesidades de confort (horas de discomfort)
- condiciones de temperaturas y humedades (variaciones termo-higrométricas).

Una de las dificultades en analizar datos secundarios respecto a las estrategias bioclimáticas apropiadas para la ciudad de Goiânia es la insuficiencia de datos diarios capaces de comparar las condiciones de cada día separadamente, en lugar de analizarlos de modo agrupado. Tratarlos separadamente permite una evaluación más correcta de la realidad, una vez que considera las variaciones diarias y no acumulados de un mes o estación, lo que intervendría en las conclusiones.

Los estudios realizados permiten hacer lecturas día a

día separadamente. Para los estudios con el software Analisis-Bio han sido realizados para el período de análisis con nivel parcial de abordaje (días 14 a 21 de cada mes), tal y como presenta la Fig. 60.

370



Diferentemente de lo que se imagina, los datos del INMET demuestran que el mes de septiembre es el con más horas de confort, en lugar del mes de junio, aparentemente el más comfortable.

La diferencia entre estos datos y las sensaciones de confort perceptibles por los habitantes de la ciudad se da por 3 razones:

- por la cantidad de variables molestas – septiembre es el único, entre los 3 meses estudiados, en que tanto temperatura como humedad relativa son molestos, los demás meses sólo una de estas variables es molesta;
- el perfil de horas de desconfort de cada mes del año, a partir de datos promedios horarios;

Fig. 60 –  
Ábaco  
psicrométrico  
(Goiânia)

- la hora del día en que se dan los picos de máxima y mínima temperaturas y humedades – septiembre es el único, entre los 3 meses estudiados, en que las peores condiciones de temperatura y de humedad relativa ocurren simultáneamente.

En junio, los problemas de disconfort se dan, principalmente, en función de bajas temperaturas, una vez que las humedades relativas se conservan dentro del promedio anual. En septiembre, el disconfort es causado por altas temperaturas y bajas humedades relativas. Y en diciembre, el problema está en las altas humedades, una vez que las temperaturas del aire se conservan dentro del promedio anual.

La Tab. 6 presenta los horarios aproximados de pico de las variables climáticas. Se puede notar que el mes de septiembre es el único entre los tres en que la hora de peores condiciones de temperatura y humedad coinciden. Al paso que, en junio y en diciembre, los picos ocurren al inicio y fin de día, no coincidiéndose.

371

La acción conjunta y simultanea de los picos de temperatura y humedad va a influenciar en las peores sensaciones de confort. Que certamente serán más elevadas que en aquellas estaciones cuando tal acción distribuye sus condiciones pico a lo largo del día.

	<b>Jun</b>	<b>Sep</b>	<b>Dic</b>
<b>Tmáx</b>		18h	18h
<b>Tmín</b>	7h		
<b>HRmáx</b>			7h
<b>HRmín</b>	19h	18h	

Tab. 3

Quando analizamos los datos medios horarios de temperatura del aire y humedad relativa de la ciudad de Goiânia,

Tab. 3 – Horas pico de disconfort

así como datos de radiación, podemos definir los períodos horarios de disconfort en cada mes del año, conforme la secuencia de Figs. 61 a 64. Las regiones en destaque presentan los períodos de disconfort. En la Fig. 63, destacamos los períodos con radiación solar superior a  $700 \text{ kW/m}^2$ .

Al analizar el perfil de horas de disconfort de cada mes del año – datos promedios horarios, comprendemos más sobre la diferencia entre los datos meteorológicos y las sensaciones de confort perceptibles por los habitantes de la ciudad:

- Durante el año, hay más horas con bajas temperaturas (35h, 59%) que con altas (24h, 41%).
- Durante el año, hay más horas con alta humedad relativa del aire (105h, 83%) que con baja humedad relativa (21h, 17%).
- Hay más horas de disconfort en función de la humedad que en función de la temperatura.
- Septiembre es el mes más cálido (9h de disconfort) y más seco (9h de disconfort).
- Junio es el mes con temperaturas promedias más bajas (10h de disconfort).
- Diciembre no posee horas de disconfort provocados por la temperatura sino por humedad (14h).
- De junio a septiembre, ocurre un aumento sucesivo de horas de disconfort en función de altas temperaturas (de 4 a 9h).
- De junio a agosto, ocurre una disminución gradual de horas de disconfort en función de bajas temperaturas (de 10 a 8).
- Agosto es el mes con más horas de disconfort en función de bajas (8h) y altas temperaturas (7h) a lo largo del día (15h).
- Entre marzo a agosto/septiembre, hay una disminución gradual de horas de disconfort por altas humedades, que vuelve a subir hasta diciembre.
- De julio a septiembre, hay un aumento gradual de

horas de discomfort en función de bajas humedades relativas.

- Julio es el único mes del año con altas humedades (5h de discomfort, por la mañana) y bajas humedades (4h de discomfort, por la tarde).
- Los meses más húmedos, marzo y diciembre, provocan horas de discomfort desde las últimas horas del día anterior y hasta las 12h del día siguiente.
- El período de discomfort por temperatura es de abril a septiembre y de humedad relativa es durante todos los meses del año.

T med / h

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	23,03	22,90	22,19	22,32	21,10	19,95	20,60	23,00	25,90	22,40	23,06	22,23
1	22,52	22,49	21,92	21,58	20,10	18,69	19,30	21,40	24,60	22,00	22,36	21,94
2	22,15	22,08	21,72	20,98	19,30	17,87	18,12	20,20	23,70	21,60	21,88	21,81
3	21,82	21,68	21,47	20,57	18,50	17,11	17,13	19,00	22,80	21,20	21,40	21,60
4	21,54	21,45	21,23	20,19	17,90	16,43	16,52	17,90	22,00	20,90	20,93	21,29
5	21,31	21,21	20,99	19,82	17,20	15,90	15,80	17,10	21,20	20,70	20,45	21,03
6	20,97	20,94	20,85	19,56	16,70	15,42	15,03	16,40	20,40	20,50	20,12	20,83
7	20,69	20,76	20,67	19,30	16,30	14,94	14,47	15,60	19,70	20,20	19,88	20,64
8	20,50	20,59	20,57	18,98	15,80	14,47	14,05	15,00	19,30	20,00	19,61	20,45
9	20,38	20,37	20,42	18,68	15,50	14,09	13,64	14,40	18,80	19,80	19,46	20,37
10	20,75	20,61	20,49	18,65	15,20	13,75	13,35	14,20	18,70	20,20	20,35	20,89
11	22,28	21,76	21,41	20,55	16,90	15,07	14,92	16,20	20,80	21,50	22,40	21,98
12	24,06	23,21	23,02	23,23	19,90	18,11	18,24	20,20	24,00	23,40	24,36	23,30
13	25,71	24,76	24,64	25,67	22,90	21,41	21,94	24,00	27,10	25,20	25,98	24,63
14	26,64	26,30	26,12	27,55	25,60	24,36	25,38	27,40	29,70	26,70	26,89	25,74
15	27,49	27,51	27,15	28,63	27,30	26,32	27,50	29,70	31,30	27,70	27,40	26,55
16	28,22	28,36	27,43	29,35	28,20	27,31	28,49	30,80	32,40	28,40	27,91	27,33
17	28,32	28,66	27,70	29,95	28,60	27,94	29,12	31,50	33,00	28,90	28,07	27,38
18	27,69	28,69	27,81	30,06	29,00	28,28	29,56	31,80	33,30	28,30	28,24	26,81
19	27,13	27,99	27,54	29,67	28,80	28,33	29,70	31,80	33,20	27,60	28,13	26,18
20	27,02	26,89	26,45	28,85	28,20	27,75	29,16	31,30	32,60	26,70	27,22	25,23
21	26,35	25,84	25,12	27,02	26,10	25,64	27,12	29,60	31,10	25,20	26,10	24,46
22	25,13	24,58	23,69	24,72	23,80	23,15	24,40	26,90	29,10	23,70	24,89	23,54
23	24,01	23,49	22,68	23,27	22,30	21,41	22,29	24,80	27,30	22,80	23,82	22,70

374

**Nº DE HORAS DE DISCONFORT**

T baja	35	-	-	-	-	8	10	9	8	-	-	-	-
T alta	24	-	-	-	4	-	-	4	7	9	-	-	-
T total	59	-	-	-	4	8	10	13	15	9	-	-	-

**NORMALES CLIMATOLÓGICAS (1961-1990)**

N Tmax.abs. (°C)	35,2	34,6	34,4	34,0	33,7	32,6	33,3	36,2	38,4	36,8	36,2	35,4
N Tmax (°C)	29,2	29,4	30,1	30,0	29,1	28,7	28,9	31,2	31,9	31,0	29,7	28,9
N Tmed (°C)	23,8	23,8	23,9	23,6	22,1	20,7	22,9	24,6	24,6	24,6	24,0	23,5
N Tmin (°C)	19,7	19,7	19,5	18,5	16,0	13,7	13,2	16,0	18,1	19,5	19,6	19,7
N Tmin.abs. (°C)	9,1	15,4	14,0	11,2	5,7	3,5	3,8	6,8	10,4	13,7	14,4	12,9

**ESTACIÓN AUTOMÁTICA (2011)**

Tmax.abs. (°C)	34,5	34,0	32,4	32,8	32,1	31,3	32,7	34,5	36,9	34,6	34,1	32,6
Tmax (°C)	24,7	24,5	24,0	24,4	22,5	21,4	21,9	23,7	26,8	24,2	24,4	23,9
Tmed (°C)	24,1	23,9	23,4	23,7	21,8	20,6	21,0	22,8	25,9	23,6	23,8	23,3
Tmin (°C)	23,5	23,2	22,9	23,0	21,0	19,8	20,2	21,8	25,1	23,0	23,2	22,8
Tmin.abs. (°C)	18,3	18,8	17,9	14,6	12,6	9,7	9,6	9,6	13,9	16,6	17,4	18,1

Fig. 61 –  
Temperatura  
promedia horária de  
Goiânia

HR med / h

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	81%	81%	89%	77%	68%	66%	54%	39%	34%	78%	73%	85%
1	83%	84%	90%	81%	73%	72%	60%	45%	39%	79%	77%	87%
2	85%	85%	91%	84%	77%	76%	66%	50%	42%	81%	80%	88%
3	87%	87%	92%	86%	80%	79%	70%	55%	46%	83%	82%	88%
4	88%	88%	92%	87%	83%	82%	72%	59%	50%	84%	84%	89%
5	88%	89%	93%	89%	85%	84%	76%	63%	53%	85%	86%	90%
6	89%	90%	93%	90%	87%	85%	79%	66%	56%	86%	88%	91%
7	90%	91%	93%	90%	89%	86%	81%	70%	58%	87%	88%	92%
8	91%	91%	94%	91%	90%	88%	83%	72%	60%	88%	89%	92%
9	92%	92%	94%	92%	91%	89%	85%	75%	62%	88%	90%	92%
10	91%	91%	94%	92%	92%	90%	86%	76%	63%	87%	87%	91%
11	86%	87%	91%	86%	88%	87%	82%	69%	56%	81%	78%	86%
12	78%	80%	84%	75%	76%	76%	70%	55%	45%	73%	69%	80%
13	71%	73%	76%	65%	64%	63%	56%	43%	36%	66%	63%	74%
14	67%	66%	70%	57%	53%	51%	43%	32%	29%	60%	59%	68%
15	64%	61%	65%	52%	46%	43%	35%	26%	25%	55%	57%	65%
16	61%	57%	64%	48%	42%	39%	31%	23%	22%	52%	55%	61%
17	61%	55%	62%	45%	39%	36%	29%	21%	21%	50%	54%	62%
18	63%	55%	62%	43%	37%	35%	27%	20%	20%	52%	54%	64%
19	66%	57%	64%	45%	37%	34%	26%	19%	20%	56%	53%	67%
20	66%	62%	68%	48%	39%	35%	26%	20%	21%	59%	56%	71%
21	67%	66%	74%	55%	46%	42%	31%	23%	24%	65%	60%	74%
22	72%	73%	81%	65%	56%	52%	39%	29%	27%	72%	65%	78%
23	77%	78%	86%	71%	63%	60%	46%	34%	31%	77%	70%	82%

375

**Nº DE HORAS DE DISCONFORT**

HR baja	21	-	-	-	-	-	4	8	9	-	-	-
HR alta	105	12	13	15	11	8	8	5	-	10	9	14
HR total	126	12	13	15	11	8	8	9	8	9	10	14

**NORMALES CLIMATOLÓGICAS (1961-1990)**

N HRmed (%)	75,0	76,0	74,0	71,0	65,0	60,0	53,0	47,0	53,0	65,0	73,0	76,0
-------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**ESTACIÓN AUTOMÁTICA (2011)**

HRmax (%)	95,0	95,0	95,0	95,0	96,0	96,0	96,0	90,0	84,0	95,0	95,0	95,0
HRmed (%)	76,3	76,8	81,9	71,5	66,9	64,6	56,4	45,6	39,1	72,7	71,6	79,7
HRmin (%)	24,0	29,0	36,0	26,0	24,0	22,0	16,0	10,0	11,0	23,0	23,0	38,0

Fig. 62 – Humedad relativa promedio de Goiânia

R med / h  
(kW/m<sup>2</sup>)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9	9										5	2
10	45	31	14	12	5	2		3	29	59	102	67
11	201	147	116	156	121	91	88	123	205	191	293	189
12	376	320	297	390	315	268	274	336	423	365	474	325
13	514	473	465	580	492	440	430	495	609	561	648	470
14	579	646	595	709	641	594	610	646	750	641	694	600
15	702	708	683	795	716	661	664	712	808	677	738	672
16	754	685	670	799	694	667	682	728	808	654	766	719
17	596	604	610	759	580	628	665	721	735	637	608	516
18	508	596	532	595	516	520	557	592	605	423	534	445
19	400	429	413	423	366	374	425	439	407	319	399	283
20	259	245	221	234	193	200	235	251	247	173	237	179
21	155	110	77	64	35	36	53	61	64	50	90	100
22	30	17	6								5	15
23												

376

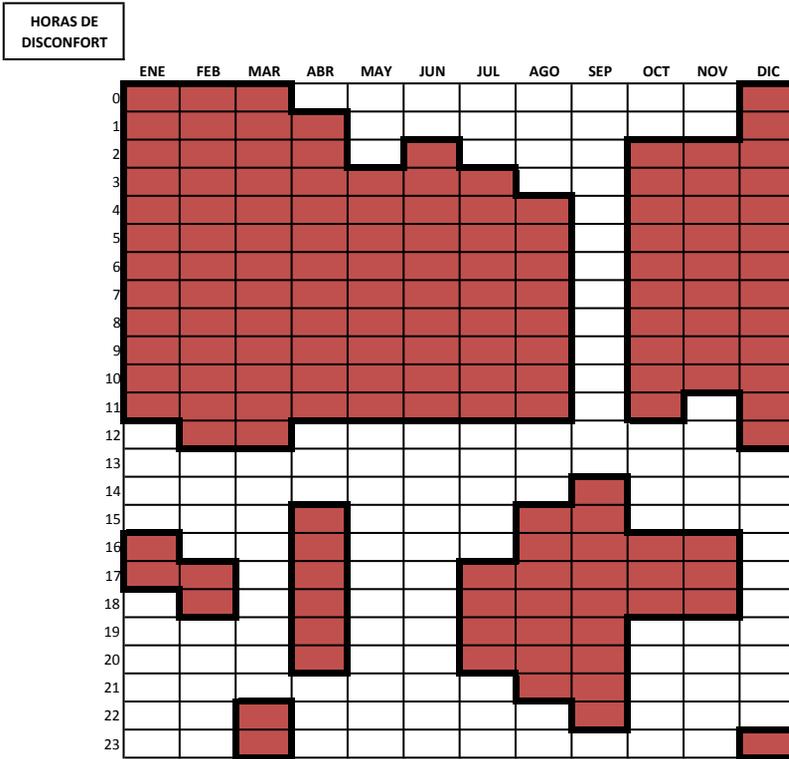
**RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN PLANOS HORIZONTALES**

MJ/m <sup>2</sup> mes	572,9	504,1	523,4	594,5	520,4	482,7	521,5	562,0	613,4	529,3	602,9	510,6
MJ/m <sup>2</sup> *dia	18,5	16,8	16,9	19,8	16,8	16,1	16,8	18,1	20,4	17,1	20,1	16,5
kWh/m <sup>2</sup> *dia	5,13	4,67	4,69	5,50	4,66	4,47	4,67	5,04	5,68	4,74	5,58	4,58
W/m <sup>2</sup> *h	213,9	194,5	195,4	229,4	194,3	186,2	194,7	209,8	236,6	197,6	232,6	190,7

**RADIACIÓN SOLAR EN DIFERENTES PLANOS (kWh/m<sup>2</sup> día)**

TOTAL	9,68	8,37	9,16	12,51	11,81	12,24	12,53	12,01	11,73	8,64	10,29	8,89
VERTICAL	4,55	3,71	4,47	7,01	7,14	7,77	7,86	6,97	6,05	3,89	4,70	4,31
	47%	44%	49%	56%	61%	63%	63%	58%	52%	45%	46%	49%
ESTE/OESTE	1,76	1,65	1,69	2,00	1,69	1,70	1,81	1,84	2,05	1,70	1,91	1,57
SUR	1,03	0,14	-	-	-	-	-	-	-	0,14	0,88	1,18
NORTE	-	0,27	1,10	3,00	3,77	4,36	4,25	3,29	1,96	0,35	-	-

Fig. 63 –  
Radiación solar  
promedia horaria de  
Goiania



377

Nº DE HORAS DE DISCONFORT	
00-23h	14 15 15 17 9 10 13 15 9 13 12 14
12-23h	2 3 3 6 - - 4 7 9 3 3 2

Las Figs. 63 y 64 presentan septiembre como el mes más insolado, seguido de noviembre y abril. Siendo abril el mes con más horas de disconfort durante el día, y septiembre el mes con más horas de disconfort entre las 12h y las 23h, período caracterizado por las máximas de insolación y temperatura, y mínimas humedades relativas.

De este modo, aunque septiembre tenga menos horas de disconfort que junio, estos momentos de menos comodidad ocurren en períodos donde la radiación solar incidente, el aumento gradual de temperatura y la reducción gradual de humedad actúan simultáneamente.

Fig. 64 – Períodos de disconfort de Goiânia

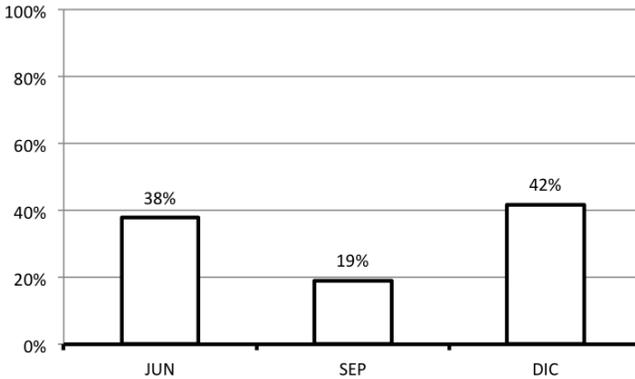
Conforme la Fig. 65, desconsiderando los momentos picos y trabajando con datos diarios promedios, según el INMET (2011), las condiciones climáticas de la ciudad revelan que:

- El mes de junio, tiene necesidad de confort en un 38% de las horas, siendo que, un 95% de estas horas podrían ser fácilmente corregidas con el uso de alta inercia conjugada con calentamiento solar pasivo.

“Las simulaciones realizadas con el software AnalisisBio apuntan el mes de junio como el mes con mejores condiciones, donde ambos casos resultan con una demanda energética nula.” (ALBANO, L., 2013)

- En septiembre las necesidades de confort se reducen para un 19% de las horas, pudiendo ser corregido con el uso de alta inercia conjugada con refrigeración evaporativa y ventilación.
- Diciembre es el mes con más necesidades de confort, 42%. Donde un 88,4% de este porcentaje puede ser corregido con el uso de la ventilación.

“El problema en diciembre es la alta humedad relativa y no la temperatura del aire, evidenciado principalmente en el salón del caso A con 58,83% de horas de desconfort (94% provocado por la falta de ventilación diurna), mientras el salón del caso B tiene solamente un 13,79% de horas de desconfort.” (ALBANO, L., 2013)



Las relaciones dudosas entre sensaciones térmicas y datos térmicos reveladas en la determinación del mes con peores condiciones de confort puede ser extendida a la percepción de las condiciones desfavorables de temperatura y humedad del aire.

La afirmativa cuanto a que la humedad es el principal factor térmico del verano parece no ser verdad porque la sensación es que el problema es la temperatura. Eso se da porque cuando tenemos un 80% de  $23,3^{\circ}\text{C}$  de , el interior permanece por más de 85% de las horas (de 85% a 93%) más cálido que el exterior, con un promedio de  $2,3^{\circ}\text{C}$  superior en el interior. Al paso que el clima interior permanece menos húmedo que el exterior durante más de un 80% de las horas (de 80% a 91%), con un promedio de un 8% de reducción de humedad relativa.

Aunque hayan reducciones de humedad relativa e incremento de temperatura del aire respecto al exterior, el principal problema térmico seguirá siendo la humedad, una vez que las temperaturas medias interiores oscilarán entre  $22,3^{\circ}\text{C}$  y  $29,9^{\circ}\text{C}$  y las humedades relativas entre 52,8% y 85,5%.

Las altas humedades relativas serán responsables por mantener el edificio en estado de desconfort durante 30% a 60% de las horas. Si comparamos edificios con perfiles de uso y porte similares, esta variación dependerá principalmente de dos factores:

379

Fig. 65 – Necesidad de confort (clima urbano)

- características del entorno
- relación del edificio con el entorno

Los espacios intermediarios y el entorno cercano, agentes en la asociación del medio exterior y el interior, van a actuar en el clima interior, afectando sus búsquedas de equilibrio a partir de la mediación con las inconstancias exteriores.

#### 6.1.1.1 *Entorno cercano*

El análisis de las correcciones de entorno en ambos casos se da a través de la comparación entre los resultados obtenidos en el espacio exterior adyacente a las edificaciones y los datos meteorológicos relativos a la ciudad de Goiânia. De modo que se puede detectar las diferencias generadas por los aspectos que influyen en el microclima, en la escala del edificio.

Se considera que la intervención de las diversas variables propias del espacio urbano en la escala del barrio tiene menos influencia en el clima del edificio que aquellas propias de su entorno cercano. Y además, como ambos casos estudiados en el estudio 7 prácticamente se ubican alrededor de la misma plaza, Plaza Cívica, todas las demás interferencias entre los datos referentes a la ciudad y los del entorno quedan naturalmente eliminados, una vez que dichas interferencias actuarán de semejante modo en ambos casos. Así, las discusiones generadas a partir de los resultados deben llevar más en consideración los aspectos propios al entorno, pero sin desconsiderar aquellos propios de la ciudad.

El estudio de las transformaciones microclimáticas en la Plaza Doctor Pedro Ludovico Teixeira, o Plaza Cívica como es conocida, a lo largo del tiempo, estudio 3, se desarrolla a partir del levantamiento y análisis de las transformaciones paisagísticas ocurridas entre la inauguración de la plaza (1942) hasta el año de 2012. Durante este período se consideran 3 momentos históricos que forman 2 períodos de cambios importantes en el

paisajismo, y consecuente cambio en la composición microclimática del espacio exterior:

- período 1 (1940 – 1960) y
- período 2 (1960 – 2012)

Las Figs. 66 a 68 presentan imágenes de cada uno de estos momentos.

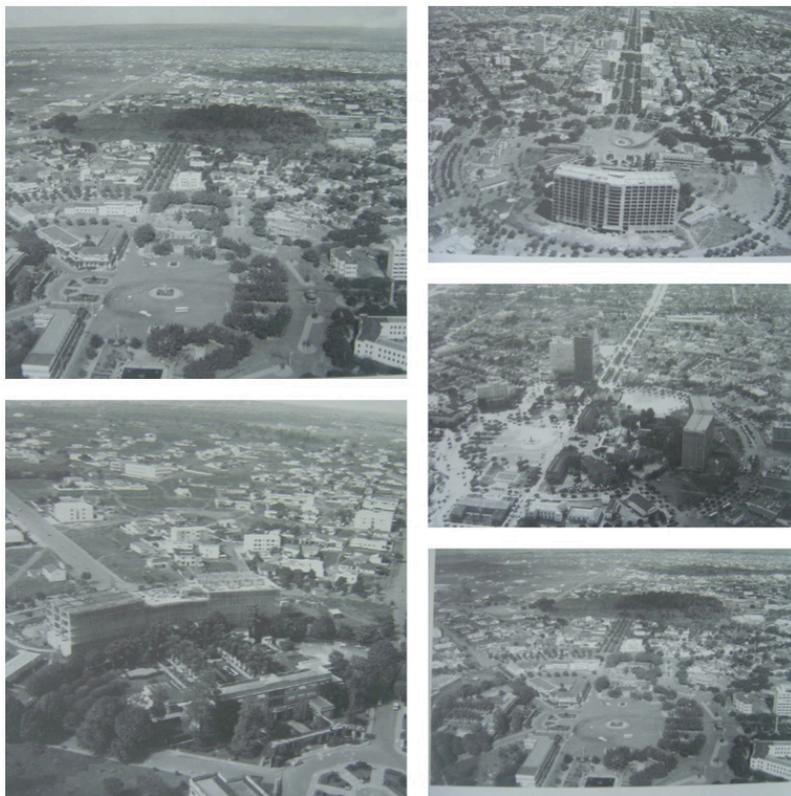


381

La década de 1940 es marcada por la creación y apropiación de los edificios de la plaza. Es la consolidación del crecimiento planificado, con la presencia de pocos edificios, insertados en un espacio con pocas barreras visuales con alta velocidad del aire, alta insolación con la presencia de pocos árboles, suelo permeable no asfaltado todavía y baja presencia de coches man-

Fig. 66 – Plaza Cívica en 1940 Arriba en 1937. Abajo en 1940. (Hélio de Oliveira)

teniendo un ambiente con menos reflexión. la base de la plaza presenta un trazado definido por superficies muy permeables, con baja reflexión y alta absorción.



382

En la década de 1960, la plaza ha sufrido grandes transformaciones paisajísticas, con concentración de edificios de múltiples plantas, en especial, la construcción del Palácio Pedro Ludovico Teixeira con 12 plantas. Suelo asfaltado y consecuente reducción de zonas permeables, aumento de reflexiones del suelo, disminución de la radiación incidente en el suelo con la presencia de más árboles y más sombreadamiento.

Fig. 67 –  
Goiânia en los años  
60 (Hélio de Oliveira)

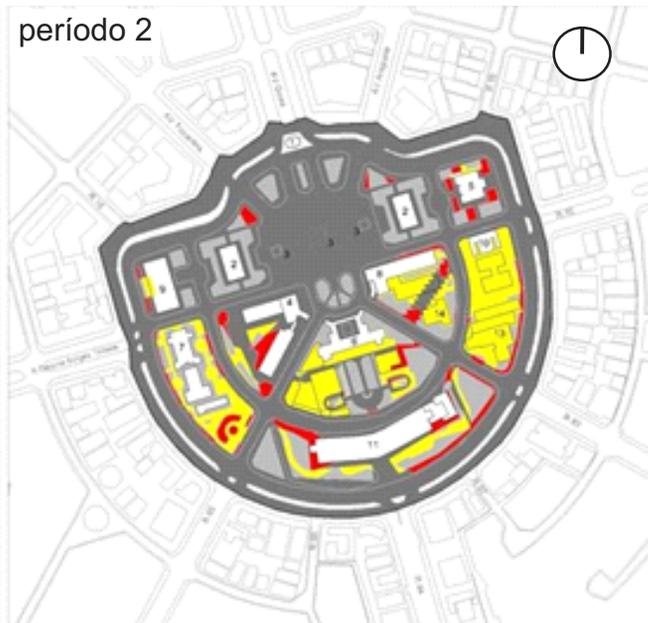


383

Ya en 2012, las transformaciones se dan en función de la creación de un gran aparcamiento en el interior de la plaza y gran aumento en el número de árboles y consecuente aumento del sombreado del suelo a pesar del aumento de las reflexiones provenientes de la presencia de los coches.

Conforme la aplicación del método de análisis del espacio exterior desarrollado por Romero (2001) en el Anexo M y las Figs. 69 a 71:

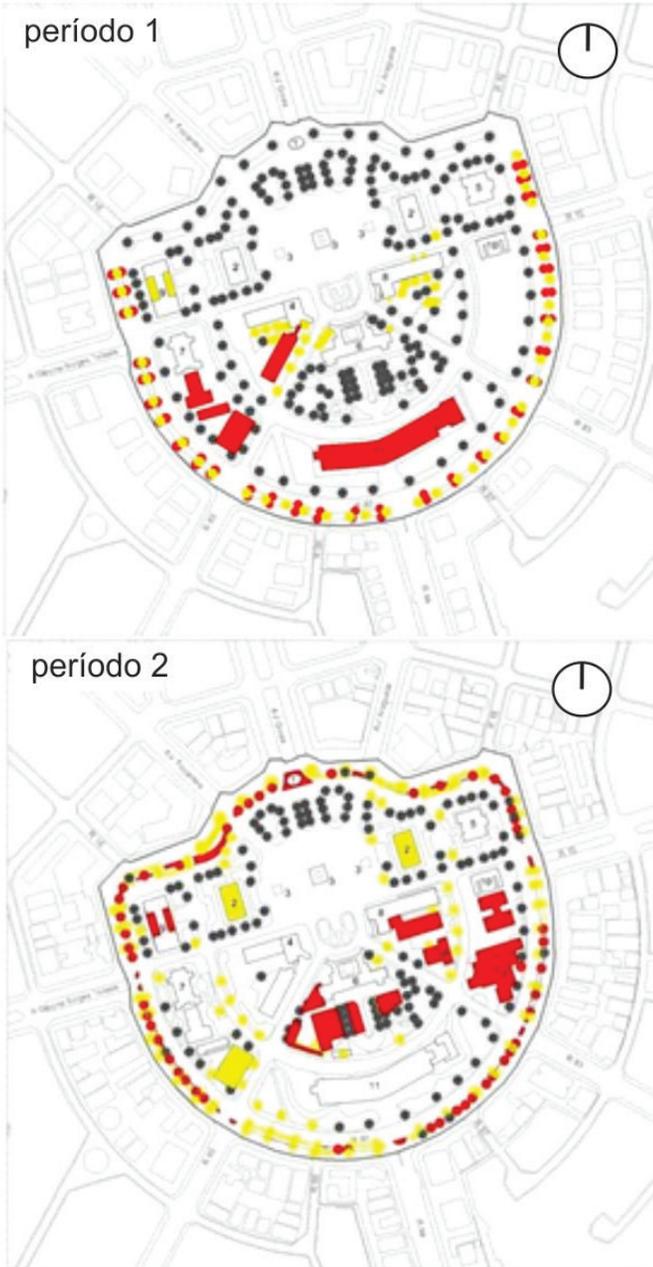
Fig. 68 –  
Plaza Cívica en 2012



384

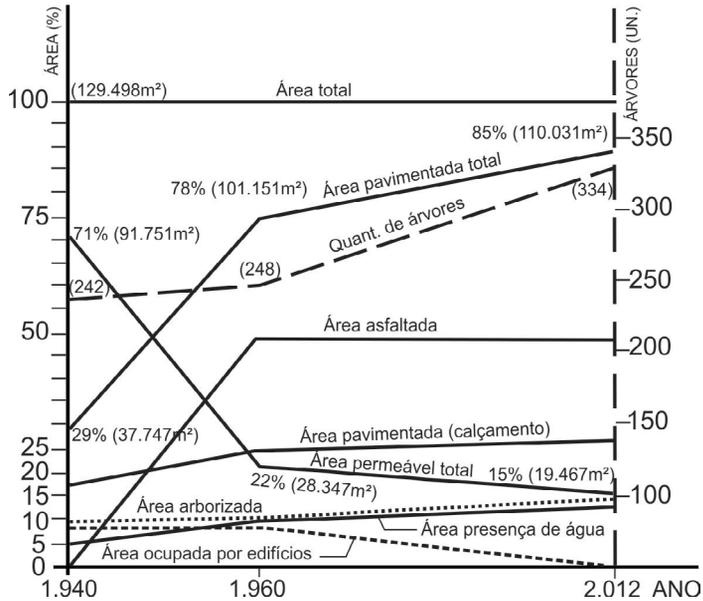
Fig. 69 –  
Transformaciones  
en el suelo de la  
plaza cívica

(Amarillo: quitado. Rojo: añadido. Gris: mantenido. Gris  
oscuro: pavimentación asfáltica.)



(Amarillo: quitado. Rojo: añadido. Gris: mantenido.)

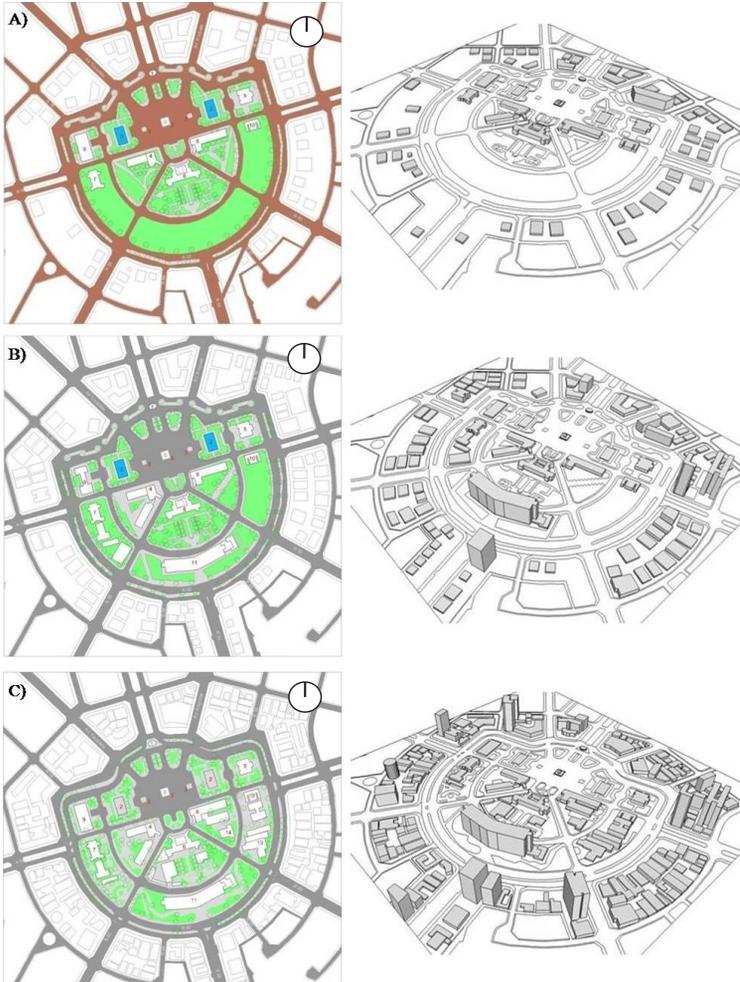
Fig. 70 –  
Trasformaciones  
en la plaza cívica.



“À medida que a área permeável era reduzida, a área pavimentada total era acrescida, passando de 37.747m<sup>2</sup> na década de 40 a 101.151m<sup>2</sup> na década de 1960 e 110.031m<sup>2</sup> no ano de 2012. A área pavimentada das calçadas e passeios era equivalente a 24% da área total estudada na década de 1940. O período 1 representou uma transformação mais significativa do que o período 2, sendo responsável por um acréscimo de 25% em sua superfície, que passou a representar um 30% da área de estudo. A área asfaltada também teve um acréscimo importante no período 1, passando de 0 a 38% da área estudada. Quanto à área ocupada por edificios (...) esta teve um crescimento uniforme, passando de 5% a 9% da área estuda no período 1, chegando a 12% da área total estudada no ano de 2012. A praça teve um pequeno aumento da quantidade de árvores ao longo do período 1937-2012 (...) passando de 242 unidades a 248 no período 1, chegando a 334 unidades no ano de 2012. Considerando a área média aproximada das copas das árvores, a superfície aproximada ocupada pelo conjunto arbóreo era equivalente a uma área de 12.100m<sup>2</sup> na década de 1940, 12.400m<sup>2</sup> na década de 1960 e 16.700m<sup>2</sup> no ano de 2012.” (ALBANO, L. et al., 2012)<sup>203</sup>

Fig. 71 – Diagrama de transformaciones en la plaza cívica

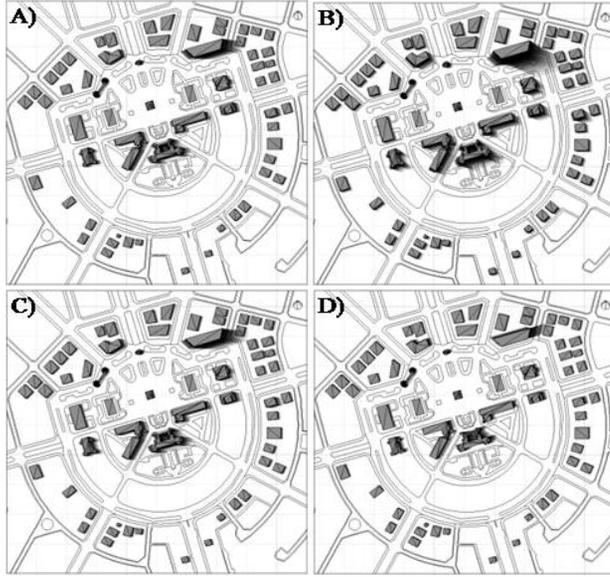
En general, los cambios realizados en los períodos estudiados se caracterizan por la disminución de la permeabilidad del suelo, el aumento del número de árboles y de edificaciones, tal y como presentamos en la Fig. 72.



A) 1940. B) 1960. C) 2012.

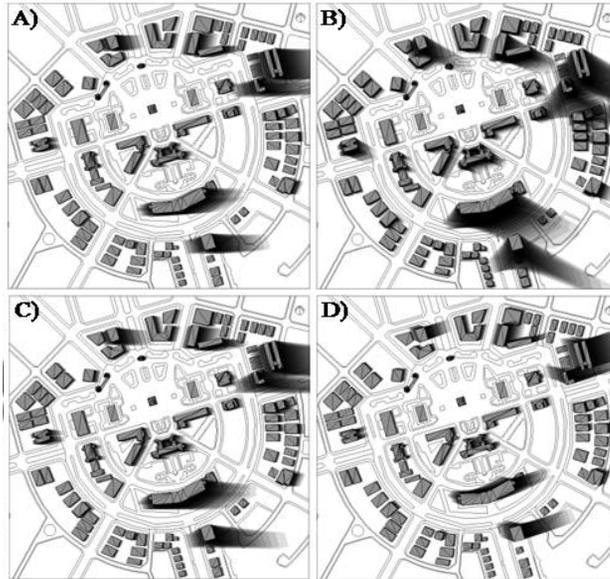
En las Figs. 73 a 75, los estudios de sombreado realizados con el software Ecotect evidencian los efectos provenientes de la construcción de los edificios.

Fig. 72 – Transformaciones paisajísticas en la plaza cívica



A) Equinoccio (otoño). B) Solsticio de invierno. C) Equinoccio (primavera). D) Solsticio de verano

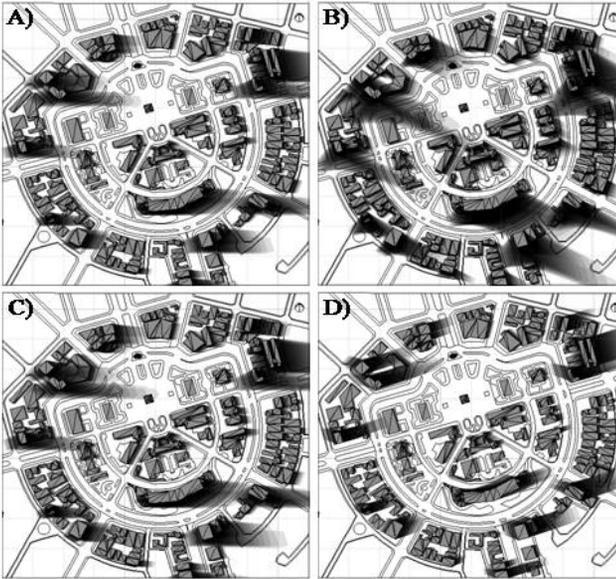
388



A) Equinoccio (otoño). B) Solsticio de invierno. C) Equinoccio (primavera). D) Solsticio de verano

Fig. 73 - Mapas de sombreado - 1940 (10h-17h)

Fig. 74 - Mapas de sombreado - 1960 - 1940 (10h-17h).



A) Equinoccio (otoño). B) Solsticio de invierno. C) Equinoccio (primavera). D) Solsticio de verano

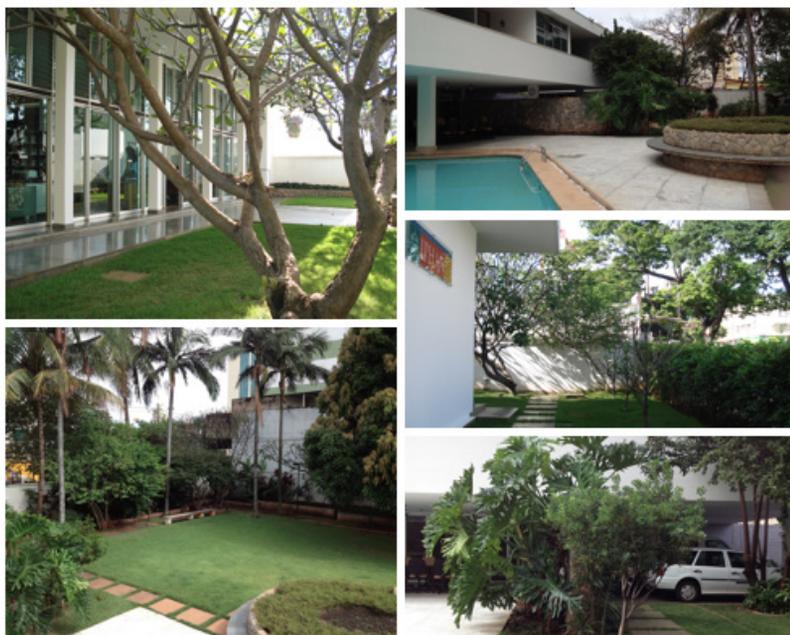
El efecto del sombreado provocado por el aumento de la densidad edificada en la zona se evidencia en las últimas décadas del siglo XX. Aunque el sombreado es una de las estrategias más apropiadas para el clima en cuestión, cuando es provocado por edificios, termina por ser indeseado en muchas áreas y en determinados momentos del año, como la situación invierno (junio) en el caso de la vivienda Abdala Abrão (Caso A), ubicada a sur del edificio señalado en la Fig. 79. En junio es cuando menos se requiere sombra y es cuando la vivienda es más sombreada por el edificio a su norte. Ya en septiembre, cuando más se necesita sombreado, sobretodo a partir de las 12h del día, el edificio no supone grandes sombreados hacia el jardín norte de la vivienda.

Los cambios realizados sobretodo en el momento entre 1940 y 1960 han influenciado directamente la composición del ambiente exterior de los casos A y B estudiados en el estudio 7, sobretodo en función de la reducción de la permeabilidad del suelo,

Fig. 75 - Mapas de sombreado no ano de 2012 - 2012 (10h-17h).

no acompañado por un aumento del sombreado de la plaza.

Aunque estos factores han influenciado en cierta medida la composición del ambiente del entorno cercano a los casos, el mismo ha sido constituido de modo a compensar las deficiencias causadas por los espacios públicos., tal y como se puede notar en el estudio 3



390

Como vemos en las Figs. 76 y 77, el entorno de los casos es caracterizado por la presencia de agua y vegetación. Grandes superficies permeables cubiertas por césped y con presencia de árboles y arbustos que garanten un entorno sombreado y menos reflectante a las radiaciones solares.

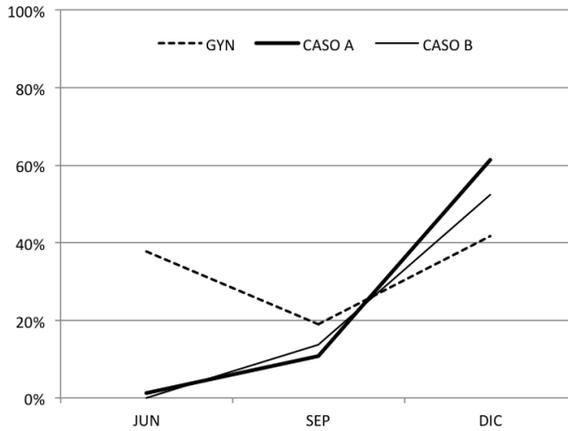
Fig. 76 –  
Caso A: entorno  
cercano



391

Las Figs. 78 a 80 y la Tab. 4 presentan datos como el percentual de horas de discomfort de cada caso, para cada mes característico del año, los valores absolutos de temperatura del aire y humedad relativa del aire del entorno de los casos, comparados con los datos de Goiânia, bien como, sus variaciones a lo largo del día a partir de las relaciones entre las mínimas, medias y máximas.

Fig. 77 –  
Caso B: entorno  
cercano



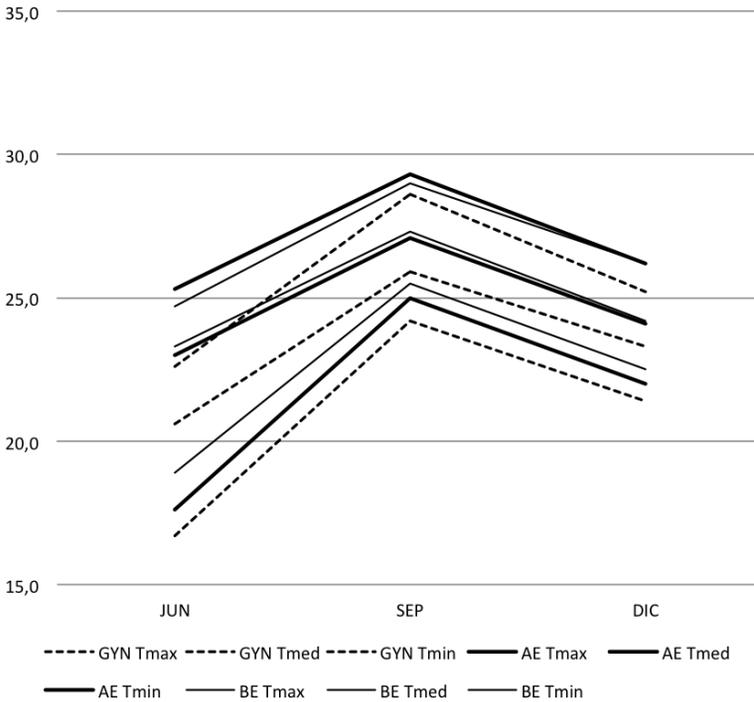
(GYN: espacio exterior de Goiânia. AE: entorno del caso A. BE: entorno del caso B)

392

		JUN		SEP		DIC	
		T (°C)	HR (%)	T	HR	T	HR
GYN	MAX	22,6	81,9	28,6	51,1	25,2	90,1
	MED	<b>20,6</b>	<b>64,6</b>	<b>25,9</b>	<b>39,1</b>	<b>23,3</b>	<b>79,2</b>
	MIN	16,7	53,3	24,2	27,7	21,4	62,2
	Δ MED	5,9	28,6	4,4	23,4	3,8	27,9
	<hr/>						
AE	MAX	25,3	79,1	29,3	56,4	26,2	87,9
	MED	<b>23,0</b>	<b>56,9</b>	<b>27,1</b>	<b>38,3</b>	<b>24,1</b>	<b>78,3</b>
	MIN	17,6	50,4	25,0	23,9	22,0	69,1
	Δ MED	7,7	28,7	4,3	32,5	4,2	18,8
	<hr/>						
BE	MAX	24,7	78,5	29,0	54,8	26,2	86,4
	MED	<b>23,3</b>	<b>57,0</b>	<b>27,3</b>	<b>37,2</b>	<b>24,2</b>	<b>77,0</b>
	MIN	18,9	50,3	25,5	23,9	22,5	67,9
	Δ MED	5,8	28,2	3,5	30,9	3,7	18,5
	<hr/>						
AE X GYN	MAX	2,7	-2,8	0,7	5,3	1,0	-2,2
		12%	-3%	2%	10%	4%	-2%
	MED	<b>2,4</b>	<b>-7,7</b>	<b>1,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,9</b>
		12%	-12%	5%	-2%	3%	-1%
	MIN	0,9	-2,9	0,8	-3,8	0,6	6,9
		5%	-5%	3%	-14%	3%	11%
	Δ MED	1,8	0,1	-0,1	9,1	0,4	-9,1
	31%	0%	-2%	39%	11%	-33%	
<hr/>							
BE X GYN	MAX	2,1	-3,4	0,4	3,7	1,0	-3,7
		9%	-4%	1%	7%	4%	-4%
	MED	<b>2,7</b>	<b>-7,6</b>	<b>1,4</b>	<b>-1,9</b>	<b>0,9</b>	<b>-2,2</b>
		13%	-12%	5%	-5%	4%	-3%
	MIN	2,2	-3,0	1,3	-3,8	1,1	5,7
		13%	-6%	5%	-14%	5%	9%
	Δ MED	-0,1	-0,4	-0,9	7,5	-0,1	-9,4
	-2%	-1%	-20%	32%	-3%	-34%	

Fig. 78 – Horas de disconfort por caso y mes (ambiente exterior)

Tab. 4 – Condiciones higrótérmicas de entornos.(GYN: espacio exterior de Goiânia. AE: entorno del caso A. BE: entorno del caso B)



393

De acuerdo con los datos obtenidos por medio de las mediciones higrotérmicas, las medias de temperatura del aire en los entornos de los casos siempre son superiores a la media de la ciudad. Comparando los casos estudiados se nota que las condiciones en ambos se asemejan. La amplitud térmica media diaria es siempre más baja en los entornos en comparación a los datos a nivel urbano.

Los picos de temperatura del aire (media de las máximas/mínimas) siempre son más suaves, más bajo en las máximas y más altos en las mínimas. Siendo que este amortiguamiento se da de forma diferente en cada clima (estación) y respecto a los picos de temperatura, no con relación a los datos medios de temperatura.

Las correcciones de entorno de los casos estudiados:

- influyen más en la elevación de la media de las mí-

Fig. 79 - Condiciones térmicas de entornos

nimas que en la reducción de la media de las máximas; de modo que,

- son más eficientes en climas fríos que en climas cálidos.
- son más eficientes en el clima seco que en los demás, cuando presenta más diferencia entre elevación de mínimas y reducción de máximas.

En climas húmedos, disminuye la eficiencia del entorno en la corrección de los picos de temperatura, sobretodo cuando se tratan de las temperaturas máximas cuando es capaz de empeorar la situación encontrada en el clima urbano.

La variación de resultado según la estación seca o húmeda presenta una relación importante entre las respuestas del entorno frente a las temperaturas, condicionadas a las condiciones de humedad relativa del lugar.

394

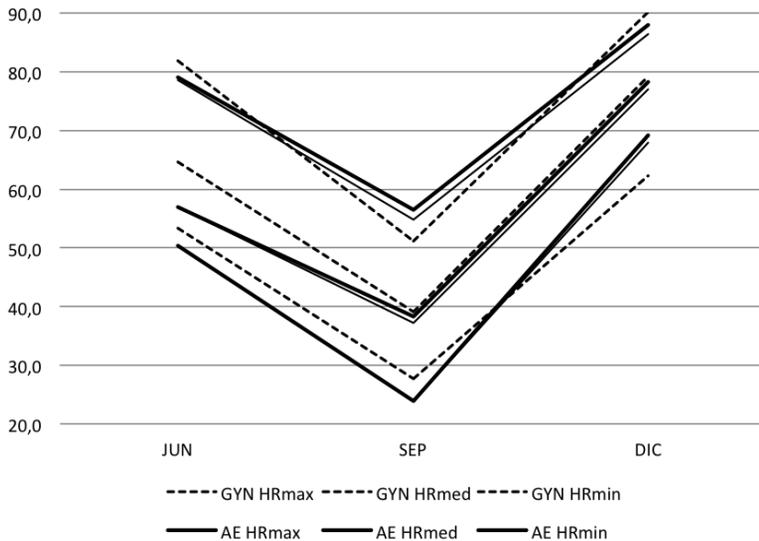


Fig. 80 – Condiciones higrométricas de entornos

Las medias de humedad relativa en los entornos de los casos siempre son inferiores a la media de la ciudad. Con relación a las amplitudes diarias la relación es semejante a la si-

tuación de las temperaturas del aire, es siempre más baja en los entornos en comparación a los datos a nivel urbano.

Los entornos de los casos son:

- más eficientes en las altas que en las bajas humedades – con reducciones de hasta un 11% en la media de las máximas y solo un 4% en la media de las mínimas;
- más eficientes en climas fríos que cálidos – con reducciones de hasta un 13% en la amplitud higrométrica media diaria en el clima frío y solo un 8,6% en el clima cálido;
- en un primer momento, parecen ser más eficientes en climas secos que húmedos – con reducciones de hasta un 13% en la amplitud higrométrica media diaria en el clima seco y solo un 9% en el clima húmedo. Pero, fijándose en datos relativos y no absolutos, se percibe que las correcciones de los entornos son más eficientes en climas húmedos que en secos, actuando en la reducción de un 10% de la media de humedades relativas máximas del entorno urbano en diciembre y favoreciendo menos en el incremento de la media de humedades relativas mínimas de junio, solo un 4%.

Los resultados cuanto a las variaciones higrométricas confirman los resultados cuanto a las temperaturas demostrando una íntima relación entre tales variables climáticas, con una importante consideración: los entornos de los casos actúan más en el aumento de la media de las temperaturas mínimas (hasta un 18%) y en la reducción de la media de las humedades relativas máximas (hasta un 10%).

En general, el aumento de temperaturas es favorable solamente en junio y la reducción de humedades solo es favorable en diciembre. De modo que, aislando los datos medios se nota que las estrategias pasivas de condicionamiento climático empleadas en el entorno de los casos son menos eficientes en

climas seco-cálidos.

Llevando en consideración que el efecto más importante de las correcciones de tales entornos se da por su intervención más en la oscilación de las temperaturas que en los datos medios diarios. Se podría enfatizar las mejoras de la calidad climática en el clima seco-húmedo (inexistente en los casos) en detrimento de su empeoramiento en el clima seco-cálido, que tiene menos efecto por tratarse de una acción sobre sus datos medios.

No obstante, es importante destacar la ineficiencia de las correcciones del entorno en el clima seco-cálido. Una vez que, en general, el diseño de los entornos es más adecuado a:

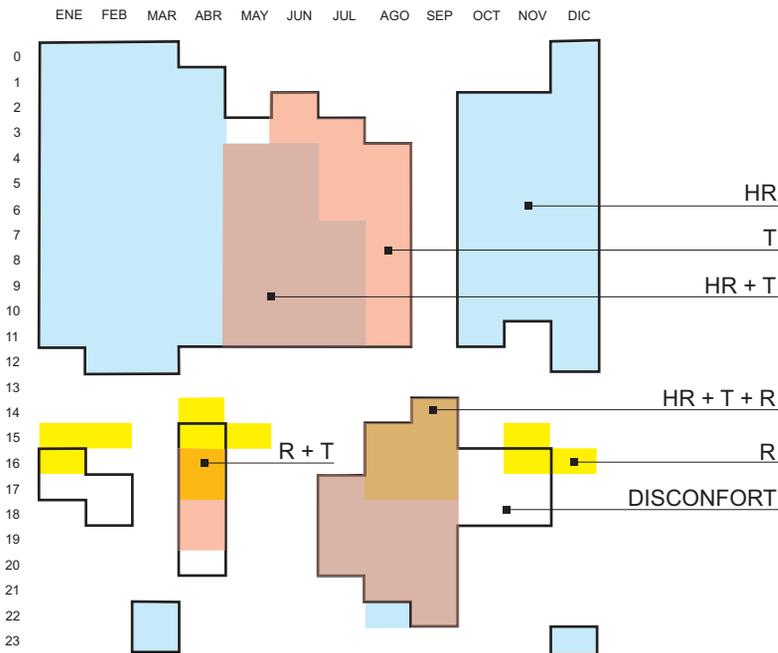
- condiciones higrométricas en climas húmedos, actuando más en la reducción de las medias de las humedades relativas máximas (diciembre) que en el incremento de las humedades relativas mínimas (septiembre), y
- condiciones térmicas en climas fríos, actuando más en el incremento de la media de temperaturas mínimas (junio) que en la reducción de la media de temperaturas máximas (septiembre).

El embate entre la importancia de la humedad o de la temperatura pasa por las consideraciones cuanto a las necesidades de confort en cada clima (estación). En este caso específico entre frío y humedad, se puede determinar cual de las dos afirmativas se hace más relevante para el clima en general. Al contrario de la situación hipotética entre el calor y la humedad, que es difícil identificar cual debería ser la prioridad, si el calor de septiembre o la humedad de diciembre, o bien, la seca de septiembre. En este caso, entre frío y humedad, el mayor beneficio de una estrategia será sobre la cuestión de la humedad, más importante en diciembre que el frío en junio que no alcanza temperaturas tan bajas a punto de generar exceso de discomfort como las elevadas humedades de diciembre. Dicho esto, se puede afirmar por tanto que el gran beneficio de las correcciones

del entorno se da en las condiciones higrométricas del clima húmedo.

Las conclusiones referentes a los estados de confort en cada entorno estudiado complementan la discusión.

Al contrario de lo que se piensa, las condiciones ambientales registradas para la ciudad de Goiânia apuntan el mes de diciembre como el menos favorable entre los estudiados, con un 58% de horas de confort. Mientras los demás, junio y septiembre, presentan 62% y 81%, respectivamente.



397

La Fig. 81 presenta la influencia de cada variable en la composición de los períodos de disconfort. Ora las horas de disconfort son provenientes de una única variables, como la temperatura del aire o de la humedad. Ora es influencia de la radiación. Hay muchos más períodos de disconfort causados por los índices de humedad que por la temperatura.

Fig. 81 – Variables del disconfort

Las correcciones del entorno son responsables<sup>lxxvi</sup> por cambiar estos datos en cada caso. Las condiciones ambientales en junio en los entornos A y B presentan prácticamente una totalidad de horas de confort. En septiembre, las horas de confort son incrementadas en un 5% a 8%. Pero en diciembre, el total de horas de confort disminuye entre 10% a 20% de las horas, llegando a 39% en el Caso A y 48% del total de horas en el Caso B.

Aunque las viviendas están ubicadas en un área urbana densa, en el centro de la ciudad, las acciones de corrección del entorno - tales como el uso de la vegetación como elementos de sombreado, el aumento de la permeabilidad del suelo cubierto por césped y la presencia de agua con la instalación de piscinas - son suficientes, sobretudo en el período seco.

Confrontando los datos resultantes de la variación higrotérmica y de las horas de confort se puede afirmar que las estrategias de condicionamiento térmico pasivo empleadas en los entornos de los casos estudiados:

398

Cuanto a temperaturas,

- influyen más en la elevación de la media de las mínimas que en la reducción de la media de las máximas; de modo que,
- son más eficientes en climas fríos que en climas cálidos.
- son más eficientes en climas seco-fríos que en los demás, cuando presenta más diferencia entre elevación de mínimas y reducción de máximas.

Cuanto a humedades relativas,

- más eficientes en las altas que en las bajas humedades - con reducciones de hasta un 11% en la media de las máximas y solo un 4% en la media de las mínimas;
- más eficientes en climas fríos que cálidos - con re-

---

lxxvi Así como las acciones propias a la escala de la ciudad.

ducciones de hasta un 13% en la amplitud higrométrica media diaria en el clima frío y solo un 8,6% en el clima cálido;

- más eficientes en climas húmedos que en secos, actuando en la reducción de un 10% de la media de humedades relativas máximas del entorno urbano en diciembre y favoreciendo menos en el incremento de la media de humedades relativas mínimas de junio, solo un 4%.

En general,

- más adecuadas a condiciones higrométricas en climas húmedos, actuando más en la reducción de las medias de las humedades relativas máximas (diciembre) que en el incremento de las humedades relativas mínimas (septiembre), y
- más adecuadas a condiciones térmicas en climas fríos, actuando más en el incremento de la media de temperaturas mínimas (junio) que en la reducción de la media de temperaturas máximas (septiembre).

Y considerando los aspectos del confort, conforme la

Fig. 82,

- aunque más eficientes en climas húmedos que en secos, resulta ser insuficiente para corregir las condiciones ambientales propias del lugar en el período húmedo. Al contrario de los períodos secos cuando alcanza las mejores condiciones de confort, sobretudo en períodos fríos cuando es capaz de atender completamente a las necesidades higrotérmicas resultando en 100% de horas de confort.

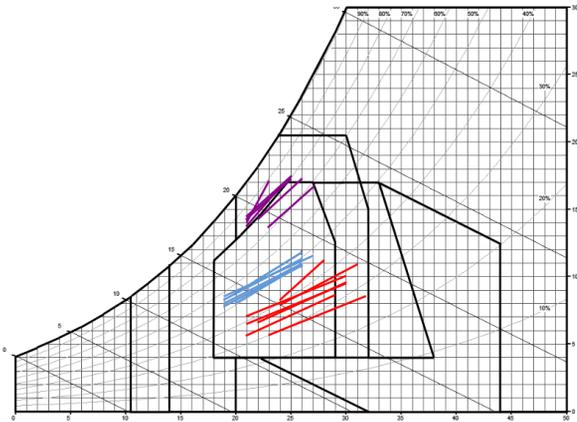
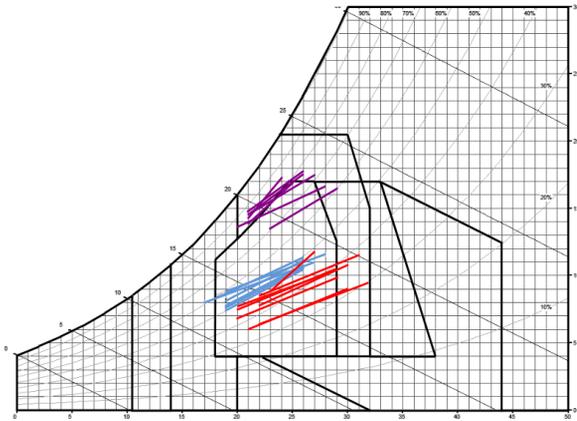
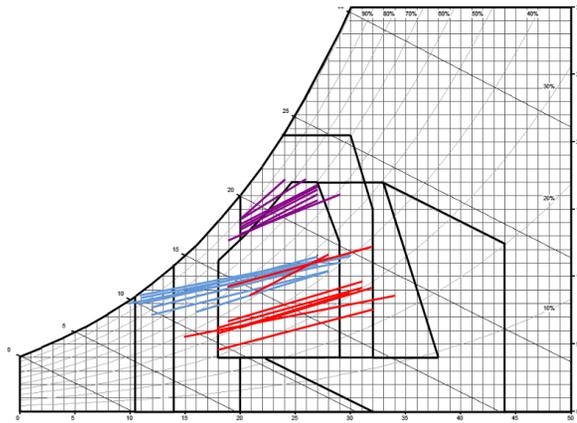
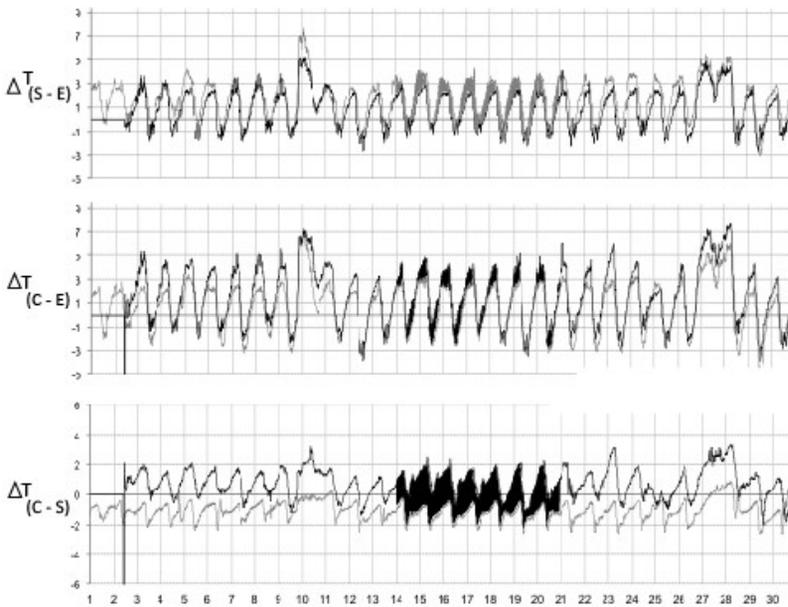


Fig. 82 –  
 Ábacos  
 psicrométricos de  
 las correcciones  
 de entorno en los  
 casos A y B. Arriba)  
 Datos de la ciudad;  
 en medio) Caso A;  
 abajo) Caso B. Azul  
 es Junio. Rojo es  
 Septiembre. Lila es  
 Diciembre.

De este modo, el condicionamiento térmico pasivo de un edificio debe empezar desde fuera para dentro. Aprovechando las potencialidades del entorno en las correcciones del clima y creación de microclimas.

### 6.1.2 La relación entre el interior y el exterior

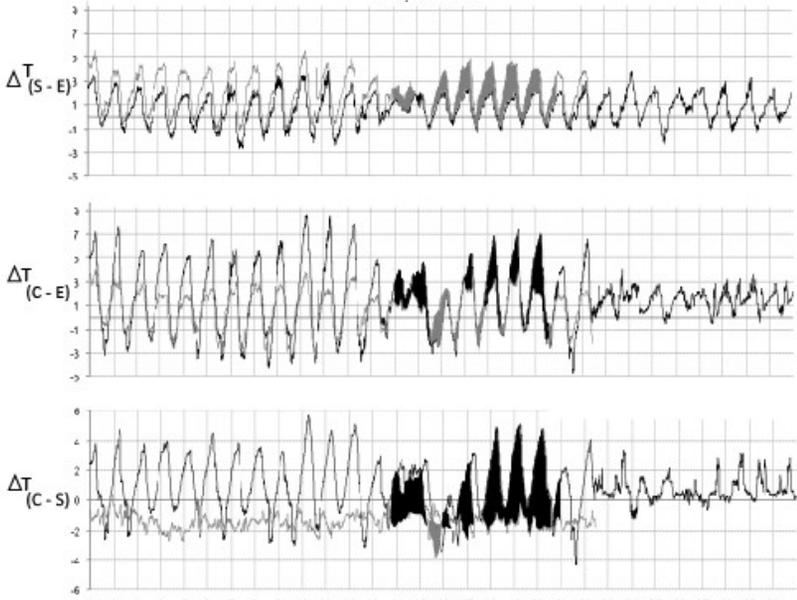
En base a los datos de medición higrométrica, los valores de temperatura del aire y de humedad relativa del aire han sido comparados entre los diferentes ambientes medidos. Las Figs. 83 a 85 presentan la amplitud térmica entre el exterior y el interior de los Casos A y B. Las lecturas de todos los meses y ambientes medidos están presentes en el Anexo Q.



401

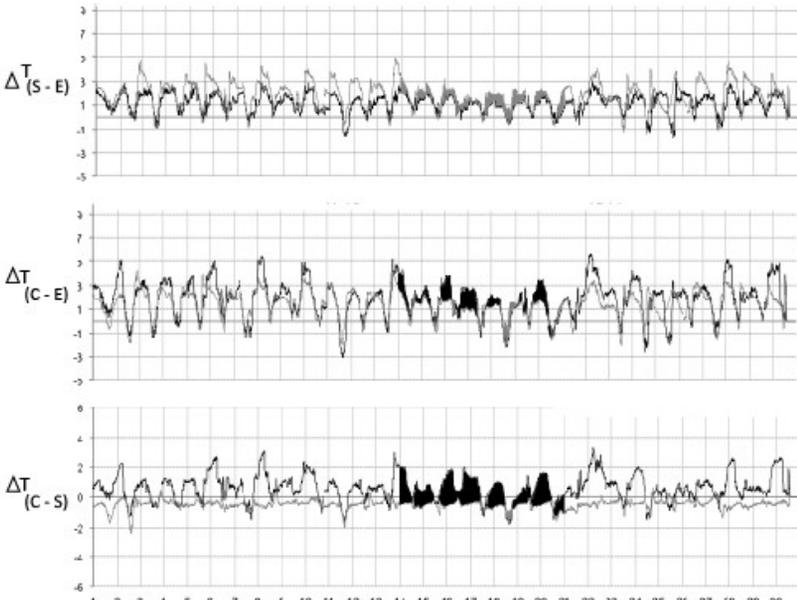
(negro: caso A; gris: caso B)

Fig. 83 – Amplitud térmica entre el interior y el exterior. Mes de junio.



(negro: caso A; gris: caso B)

402



(negro: caso A; gris: caso B)

Fig. 84 – Amplitud térmica entre el interior y el exterior. Mes de septiembre.

Fig. 85 – Amplitud térmica entre el interior y el exterior. Mes de diciembre.

“As residências apresentaram uma diferenciação quanto aos comportamentos térmicos de seus setores funcionais quando analisados quanto à amplitude térmica ( $\Delta T$ ) respeito a seus respectivos entornos imediatos. O Caso A apresentou valores de temperatura do ar superiores no setor íntimo e inferiores no setor social, em relação aos respectivos setores do Caso B. Destacam-se: redução dos picos, principalmente os máximos nas salas e dormitórios; redução dos picos mínimos nos dormitórios, sobretudo em junho; aumento das amplitudes térmicas diárias nas duas residências em setembro em relação demais meses estudados, sobretudo no dormitório do Caso A que se apresentou mais quente que o exterior em todos os meses, principalmente no período da manhã.” (ALBANO, L., 2012)

Partiendo del presupuesto de que en términos exclusivamente de temperatura del aire, las altas temperaturas son más importantes que las mínimas para el estudio de las debilidades de cada ambiente. Se puede notar que independientemente del mes, el cuarto A y el salón B tienen siempre más amplitud térmica en relación al exterior que sus respectivos ambientes en el otro caso, B y A, respectivamente. Y que además, estos ambientes, AC y BS, són los más cálidos en ambos casos.

403

“Las mejores temperaturas aparecen en el salón A (AS) y en el cuarto B (BC), ambos orientados a sur.” (ALBANO, L. 2012)

Considerando únicamente la cuestión de la temperatura del aire y desconsiderando su relación con la humedad del aire, se puede relacionar directamente los efectos de la orientación solar en el comportamiento térmico de un ambiente. De este modo, los ambientes orientados a norte tienden a tener temperaturas del aire superiores que los ambientes orientados a sur, en todos los meses del año, con variaciones regulares en climas

secos, siendo más altas en climas seco-cálidos, y variaciones irregulares en climas húmedos.<sup>lxxvii</sup>

El perfil de variación de la temperatura es cada vez más regular cuanto más seco es el clima, tal y como se presenta en las figuras anteriores comparando los diferentes climas y sus variaciones entre el salón y el cuarto en cada caso (AC, AS; BC, BS). La regularidad del comportamiento térmico del aire está relacionado directamente con la presencia del agua en su composición. Cuanto más húmedo es el aire, menos regular es el comportamiento de la temperatura de este aire, una vez que el vapor de agua presente en el mismo pasa a tener efecto sobre su comportamiento.

La Fig. 86 demuestra la importancia del estudio de la amplitud térmica a partir de datos horarios y no solamente diarios o mensuales.

En valores medios diarios, las temperaturas interiores de ambos casos siempre son superiores a las temperaturas exteriores. Pero considerando variaciones horarias, se puede encontrar períodos en que las temperaturas interiores son inferiores a las exteriores, definiendo así, un período inconveniente al intercambio térmico con el exterior.

404

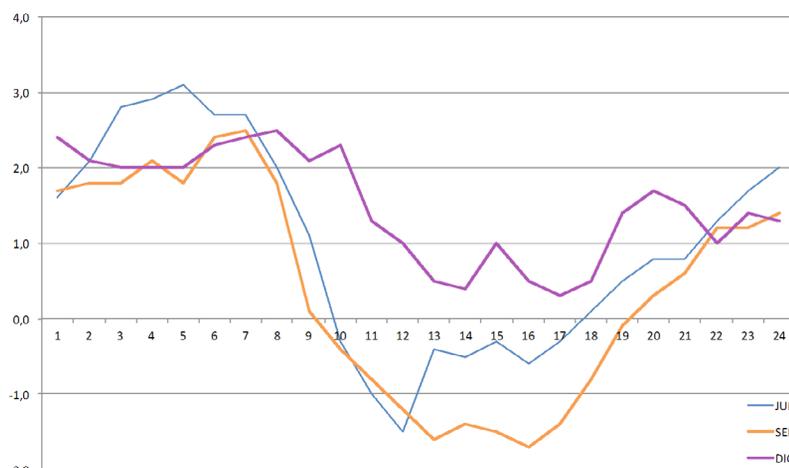


Fig. 86 - Amplitud térmica diaria (interior - exterior)

lxxvii Las discusiones cuanto a la relación entre la forma y la orientación es retomada en el apartado: “ambiente interior”.

En otras palabras, aunque los datos promedios diarios presenten temperaturas interiores siempre superiores al exterior, en los tres climas del año. Es posible percibir que estudios más detallados son capaces de determinar períodos concreto del día convenientes o no a la ventilación.

Aproximadamente, entre las 10h y las 18h, se puede identificar un período inconveniente a la ventilación una vez que las temperaturas exteriores son superiores a las interiores, como es el caso del día 4 de cada mes, ejemplificado en la fig. anterior. Este período de 8h es más aplicable a meses seco-fríos. Para períodos seco-cálidos o húmedos, el período debe ser reducido a la mitad, comprendiendo la porción entre las 11h y las 15h. Con la aplicación del Método Grados-día, se puede calcular la carga térmica con potencial de ser ahorrada en el período determinado.

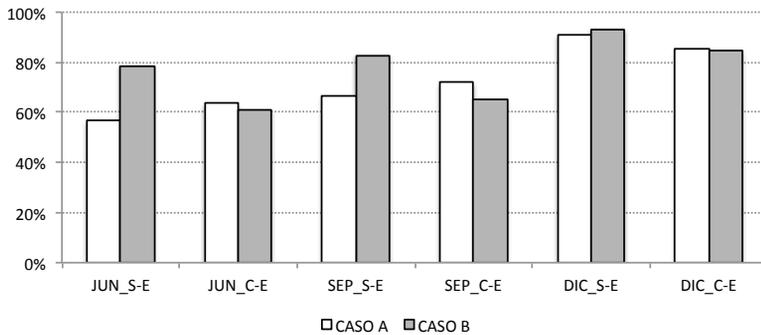
La Tab. 5 presenta valores medios diarios que demuestran una amplitud térmica media (entre el interior y exterior) con variaciones entre 1,5°C y 2,0°C en los ambientes con temperaturas más altas, como el cuarto A y el salón B, en cada uno de los meses estudiados. Al paso que los ambientes con temperaturas menos altas, como el salón A y el cuarto B, presentan una amplitud térmica media con variaciones entre 0,6°C y 0,8°C en los meses secos y 1,1°C y 1,3°C en el mes húmedo.

405

		AS-AE	AC-AE	BS-BE	BC-BE
<b>JUN</b>	T	0,8	1,5	1,7	0,6
	% < 0	34%	28%	17%	35%
	% > 0	57%	64%	78%	61%
<b>SEP</b>	T	0,7	1,5	2,0	0,8
	% < 0	28%	24%	11%	30%
	% > 0	67%	72%	83%	65%
<b>DIC</b>	T	1,1	1,8	1,8	1,3
	% < 0	6%	12%	4%	12%
	% > 0	91%	85%	93%	85%

Tab. 5 – Datos diarios de amplitud térmica media (int. x ext.)

En el mes seco-frío la amplitud térmica diaria media puede llegar a 4,0°C – 5,9°C. Este dato máximo se da aproximadamente entre las 6h y las 7h de la mañana, resultante de la elevación de la amplitud a partir de las 19h – 20h, cuando se puede encontrar datos horarios de amplitud térmica de hasta un 7,7°C (más cálido en el interior en relación al exterior).



406

La Fig. 87 presenta la importancia de la ventilación selectiva como estrategia de condicionamiento térmico pasivo de viviendas ventiladas naturalmente. El gráfico abajo presenta el percentual de horas favorables a la ventilación en los ambientes de cada caso, a lo largo del año. Todos los ambientes apuntan más de 50% de horas favorables en un día. Esto evidencia que el problema de la ventilación en viviendas ventiladas naturalmente está más relacionado a la elección de los períodos a ser ventiladas que propiamente a valores cuantitativos respecto a la cantidad de horas de ventilación (caudal, velocidad, etc.). Por tanto, la cuestión se centra más bien a aspectos cualitativos directamente relacionados al conocimiento del uso del edificio.

### 6.1.3 El ambiente interior

Fig. 87 -  
Periodos favorables  
a la ventilación  
(salón, cuarto)

“Em relação à sala, o dormitório da Residência A permaneceu mais quente que a sala em todos os meses do ano, obtendo maior

desempenho em setembro, com somente 25% de horas de melhor condição ambiental que a sala. Na Residência B, o dormitório permaneceu com melhores condições ambientais que a sala em todos os meses e horas do dia, chegando a um índice de 99% em setembro. Portanto, a Residência B foi a que apresentou as diferenças de temperatura mais significativas entre os setores íntimo e social durante o ano estudado.” (ALBANO, L., 2012)

Los ambientes interiores, cuando analizados separadamente y desde el punto de vista exclusivo de la temperatura, presentan resultados convergentes a los estudiados según su relación con el entorno cercano. De este modo, es importante confrontar los resultados térmicos considerando además los datos higrométricos.

		JUN		SEP		DIC	
		T (°C)	HR (%)	T	HR	T	HR
AE	MAX	25,3	79,1	29,3	56,4	26,2	87,9
	<b>MED</b>	<b>23,0</b>	<b>56,9</b>	<b>27,1</b>	<b>38,3</b>	<b>24,1</b>	<b>78,3</b>
	MIN	17,6	50,4	25,0	23,9	22,0	69,1
	Δ MED	7,7	28,7	4,3	32,5	4,2	18,8
BE	MAX	24,7	78,5	29,0	54,8	26,2	86,4
	<b>MED</b>	<b>23,3</b>	<b>57,0</b>	<b>27,3</b>	<b>37,2</b>	<b>24,2</b>	<b>77,0</b>
	MIN	18,9	50,3	25,5	23,9	22,5	67,9
	Δ MED	5,8	28,2	3,5	30,9	3,7	18,5
AS	MAX	25,9	68,1	30,0	52,1	27,2	84,0
	<b>MED</b>	<b>23,9</b>	<b>53,7</b>	<b>27,8</b>	<b>36,7</b>	<b>25,3</b>	<b>74,2</b>
	MIN	20,4	48,5	25,8	23,9	23,6	65,9
	Δ MED	5,5	19,6	4,2	28,2	3,6	18,1
AP	MAX	25,4	70,6	29,7	53,7	26,3	83,2
	<b>MED</b>	<b>23,4</b>	<b>55,4</b>	<b>27,7</b>	<b>38,0</b>	<b>24,8</b>	<b>74,6</b>
	MIN	19,5	49,6	26,0	24,8	23,2	67,9
	Δ MED	5,9	21,0	3,7	28,9	3,1	15,3

Tab. 6 – Condições higrotérmicas de ambientes interiores (dados mensuais) (continua en la próxima página)

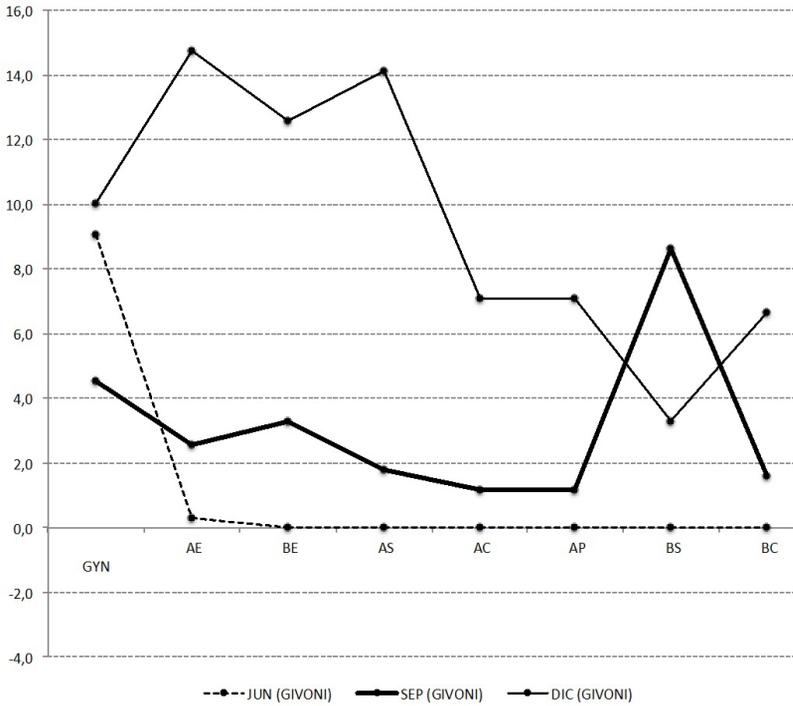
<b>AC</b>	MAX	26,6	65,7	31,0	51,0	27,8	79,3
	<b>MED</b>	<b>24,6</b>	<b>51,9</b>	<b>28,8</b>	<b>34,8</b>	<b>26,0</b>	<b>69,6</b>
	MIN	22,0	46,7	26,1	23,3	24,0	62,2
	$\Delta$ MED	4,6	19,0	4,9	27,7	3,8	17,1
<b>BS</b>	MAX	26,5	66,6	31,8	46,4	28,0	79,6
	<b>MED</b>	<b>25,1</b>	<b>51,7</b>	<b>29,8</b>	<b>33,4</b>	<b>26,1</b>	<b>69,8</b>
	MIN	21,3	46,7	28,0	22,6	24,2	62,4
	$\Delta$ MED	5,2	19,9	3,8	23,8	3,8	17,2
<b>BC</b>	MAX	25,4	70,8	30,4	49,4	27,5	81,8
	<b>MED</b>	<b>24,0</b>	<b>58,2</b>	<b>28,5</b>	<b>36,7</b>	<b>25,6</b>	<b>72,4</b>
	MIN	20,9	53,2	26,9	25,8	23,7	65,8
	$\Delta$ MED	4,5	17,6	3,5	23,6	3,8	16,0
<b>AS X AE</b>	MAX	0,6	-11,0	0,7	-4,3	1,0	-3,9
	<b>MED</b>	<b>0,9</b>	<b>-3,2</b>	<b>0,7</b>	<b>-1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>-4,1</b>
	MIN	2,8	-1,9	0,8	0,0	1,6	-3,2
<b>AP X AE</b>	MAX	0,1	-8,5	0,4	-2,7	0,1	-4,7
	<b>MED</b>	<b>0,4</b>	<b>-1,5</b>	<b>0,6</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>-3,7</b>
	MIN	1,9	-0,8	1,0	0,9	1,2	-1,2
<b>AC X AE</b>	MAX	1,3	-13,4	1,7	-5,4	1,6	-8,6
	<b>MED</b>	<b>1,6</b>	<b>-5,0</b>	<b>1,7</b>	<b>-3,5</b>	<b>1,9</b>	<b>-8,7</b>
	MIN	4,4	-3,7	1,1	-0,6	2,0	-6,9
<b>BS X BE</b>	MAX	1,8	-11,9	2,8	-8,4	1,8	-6,8
	<b>MED</b>	<b>1,8</b>	<b>-5,3</b>	<b>2,5</b>	<b>-3,8</b>	<b>1,9</b>	<b>-7,2</b>
	MIN	2,4	-3,6	2,5	-1,3	1,7	-5,5
<b>BC X BE</b>	MAX	0,7	-7,7	1,4	-5,4	1,3	-4,6
	<b>MED</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>-0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>-4,6</b>
	MIN	2,0	2,9	1,4	1,9	1,2	-2,1

408

Los datos mensuales presentan una pequeña diferencia con relación a los datos diarios, más detallados y por eso, más apurados. Aún así, los ambientes más cálidos siguen siendo los orientados a norte: Cuarto A (AC) y Salón B (BS).

Los mismos ambientes cuando sometidos a un estudio que considera su variación higrométrica interior pasan a presentar resultados distintos.

Tab. 6 –  
Condiciones  
higrotérmicas de  
ambientes interiores  
(datos mensuales)



La Fig. 88 demuestra la cantidad de horas de discomfort por día en cada uno de los ambientes estudiados.

Se nota que la orientación pasa a no ser determinante del clima interior sino solamente una condicionante más. Los resultados se diferencian más en el período cálido-húmedo (diciembre), con relación a los presentados anteriormente.

El cuarto A (AC) ya no presenta los peores índices con relación a los demás en el mismo caso. El salón B solo confirma los datos anteriores en el mes cálido-seco. En el mes húmedo pasa a ser incluso el ambiente más confortable del edificio, llegando a reducir en 73% el índice de discomfort con relación al entorno cercano. De la misma forma, el salón A (AS), antes considerado con mejores condiciones térmicas, ahora pasa a presentar los peores índices de confort en el mes húmedo.

Dichas variaciones resultan de la influencia del vapor d'agua presente en el aire interior y de un estudio más apropiado

Fig. 88 – Horas diárias de discomfort

do hacia esta complejidad, una vez que no se limita a analizar la temperatura del aire sino que lo relaciona con su humedad relativa estudiando los índices de confort humano.

Este estudio revela que cuanto más alta es la humedad, más disonante son los resultados entre aquellos que solo consideran la temperatura del aire y los que consideran los índices de confort basados en Givoni. De este modo, los ambientes orientados a sur presentan los peores resultados en el mes de diciembre.<sup>lxxviii</sup>

Los estudios 1 y 5 pueden contribuir a la discusión respecto a la importancia de la orientación solar en la composición del ambiente arquitectónico. Las variables geométricas abajo han sido comparadas considerando los efectos de la insolación, la orientación solar de fachadas, la opacidad/transparencia de la piel y la distribución interior:

- superficies de pisos y de cerramientos exteriores;
- dimensiones y proporciones de los volúmenes interiores de cada ambiente y sector funcional;
- posición, inclinación, disposición en fachadas, orientación solar y dimensión de superficies transparentes de aberturas y elementos translúcidos, clasificados en elementos sombreados y no sombreados por porches, brises, cobogoles o cualquier elemento que proyecte sombra en las aberturas.

Los casos elegidos poseen características comunes. Se tratan de edificaciones modernas ventiladas naturalmente, de porte semejantes, año de construcción secuencial y ubicadas en entornos/climas distintos:

- 4 edificaciones ubicadas en países que poseen una relación sócio-cultural e histórica directa entre si, como: España, México, Portugal y Brasil. (Anexo K)

---

<sup>lxxviii</sup> No obstante, no se puede concluir que hay una relación inversa entre los meses secos y húmedos, dado que las variaciones de índices en los diferentes meses no presentan resultados que puedan ser directamente relacionados.

- ◆ Casa Estudio (Luis Barragán. Ciudad de México, México, 1948)
- ◆ Casa Ugalde (José Coderch. Caldes d'Estrac, España, 1951-1953)
- ◆ Casa de Té (Álvaro Siza. Leça de Palmeira, Portugal, 1958-1963)
- ◆ Casa del Arquitecto (Severiano Porto. Manaus, Brasil, 1970)
- 4 edificaciones ubicadas en Goiânia, donde 2 de ellas son los casos del estudio 7. (Anexo O)
  - ◆ Casa Abdala Abrão (David Libeskind, Goiânia, Brasil, 1961) <sup>lxxix</sup>
  - ◆ Casa Eurípedes Ferreira (Godoy, Goiânia, Brasil, años 50) <sup>i</sup>
  - ◆ Casa José Félix Louza (David Libeskind. Goiânia, Brasil, 1952-1953)
  - ◆ Casa Carlos Cunha Filho (Silas Varizo. Goiânia, Brasil, 1963-1964)

411

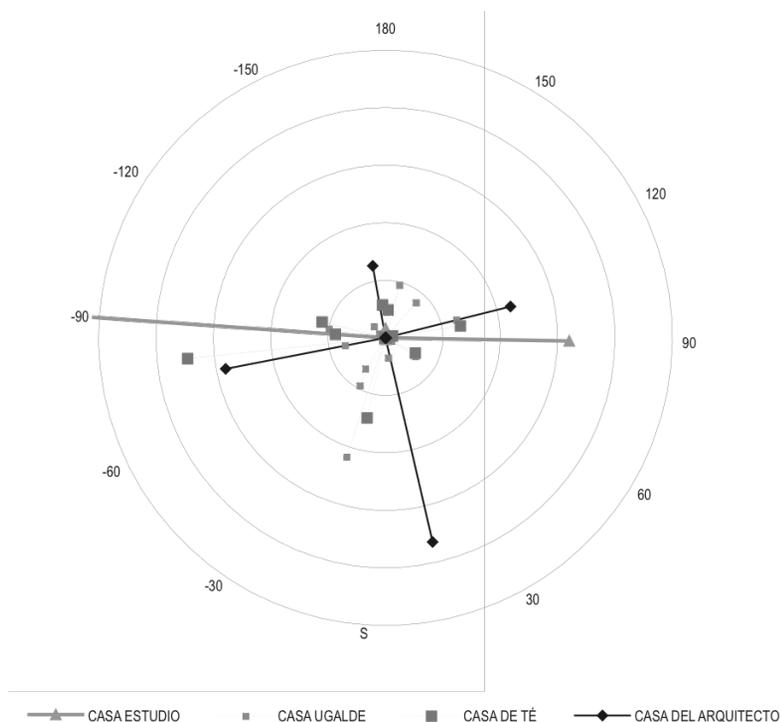
Los resultados de los estudios nos permiten hacer comparaciones directas entre sí, correlacionando grandezas cuantitativas respecto a las características de la piel de los casos analizados. Han sido comparadas las superficies total y translúcida por orientación, en cada caso.

Las diferentes soluciones encontradas por los arquitectos en como relacionar el edificio al lugar, evidencian la existencia de elementos comunes que se refieren a la postura del arquitecto. La forma de relacionar superficies, de buscar proporciones, de posicionar elementos y de generar un volumen, nos ha llevado a estimar la valoración que hacen los arquitectos, en cada obra, frente a distintos elementos del entorno. Elementos como el Sol, el paisaje, el suelo o la ciudad traducidos respectivamente en la insolación, las vistas, la topografía o la parcela urbana son condicionantes y determinantes en el proyecto de arquitectura

---

<sup>lxxix</sup> casos del estudio 7.

y el modo como cada obra considera cada uno de estos elementos hace de cada proyecto una arquitectura mejor o peor, más adaptada a su medio y a sus conceptos o no.



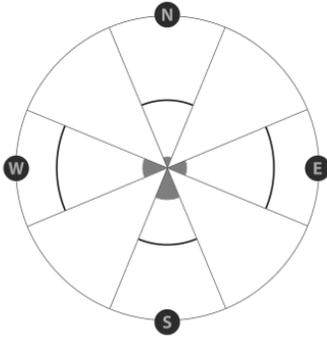
412

La Fig. 89 presenta como las superficies translúcidas se distribuyen a lo largo de la piel del edificio. La escala de valores es de 0% (centro) a 50% (periferia), donde cada círculo equivale a 10%.

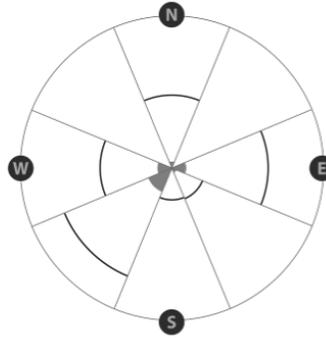
Podemos notar que no hay una predominancia rígida de una orientación específica respecto a las demás. La fachada sur, considerada como la más ideal en los climas de los casos, no recibe en estos proyectos la importancia que se podría esperar a principio. Solamente la casa del arquitecto evidencia cierta predominancia de aberturas a sur, la mayor orientación para este caso.

Fig. 89 –  
Distribución  
de superficies  
translúcidas en los  
casos del estudio 1

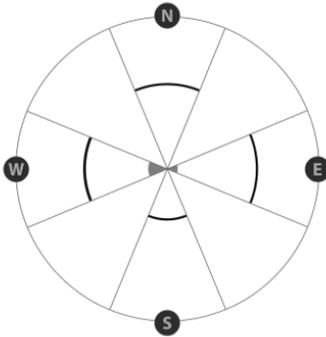
Casa do Arquitecto



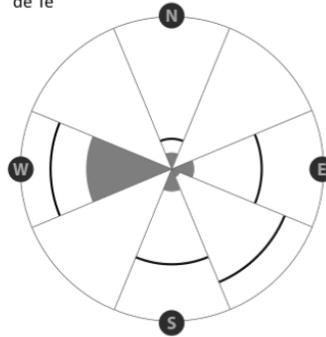
Casa Ugalde



Casa Estudio



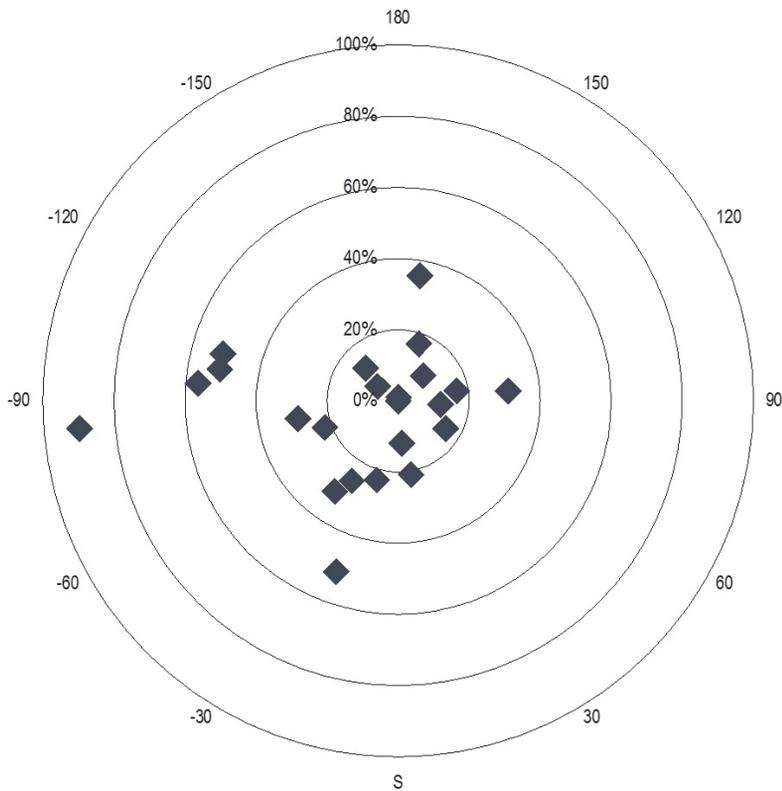
Casa de Té



413

La Fig. 90 presenta las proporciones entre las superficies de la piel y las superficies translúcidas para cada orientación, en distintas escalas para cada caso. Los edificios conservan gran parte de la piel opaca sin una referencia marcante cuanto a la relación entre las aberturas y la orientación solar. Mucho más marcante es la relación de las aberturas con aspectos más arquitectónicos que ambientales, como el caso de la Casa de Té y la necesidad de abertura a oeste en función de las las visuales del lugar.

Fig. 90 - Distribución de superficies translúcidas en cada caso del estudio 1 (Línea negra: sup. de la piel; gris: sup. translúcida)



La Fig. 91 enseña que hay una similitud en los proyectos en la relación a la proporción de superficies translúcidas y opacas. Prácticamente el porcentaje de aberturas en cada fachada no ultrapasa a 40%, donde incluso hay más concentración en los 0-20% que entre 20-40%. Se percibe un cierto cuidado al tratar la opacidad de las fachadas. Hay gran presencia del muro opaco, lo que es coherente con los conceptos empleados por los arquitectos.

Fig. 91 –  
Media porcentual  
de superficies  
translúcidas para  
cada fachada

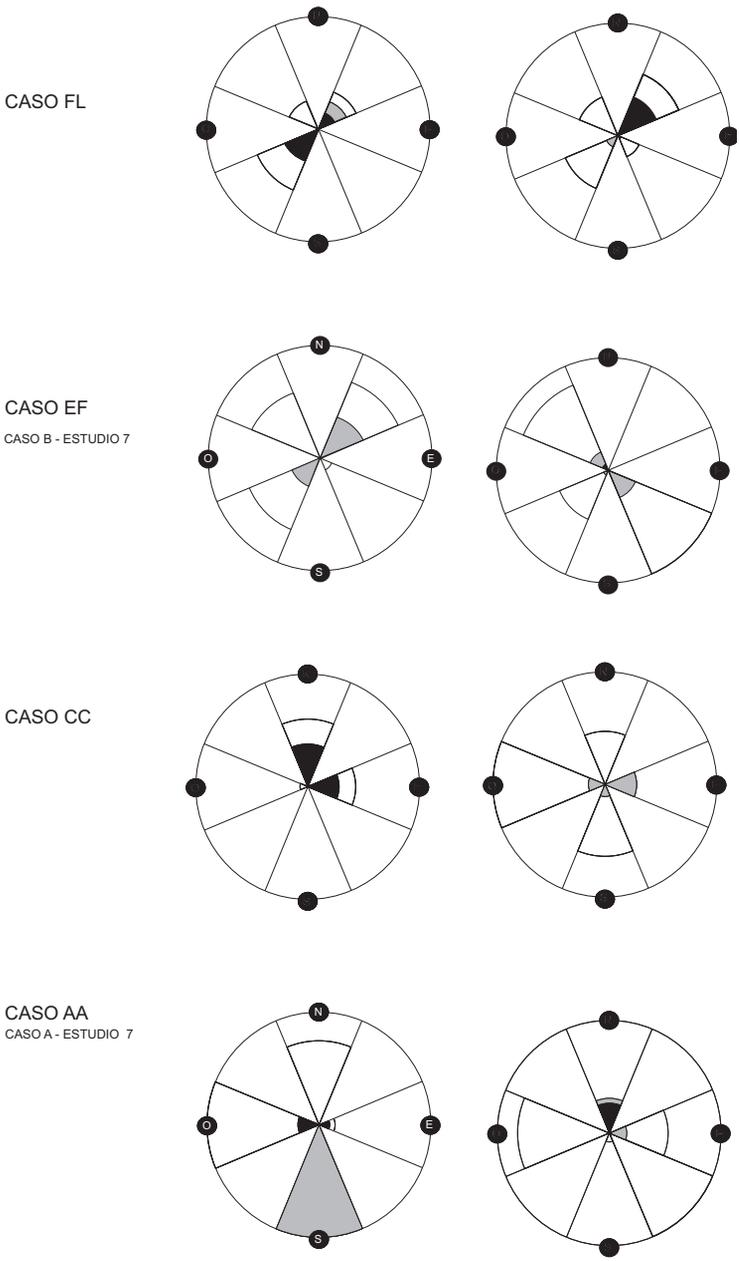


Fig. 92 – Proporción entre diferentes superficies en los casos del estudio 5 (Izq.: social; Der.: íntimo. Línea negra: piel; gris: aberturas; negro: protección)

La Fig. 92 presenta el estudio 5. Dos clasificaciones han sido añadidas respecto al estudio 1: superficies con protección

solar y zona funcional (íntimo/social).

Podemos afirmar que:

- No hay orientación predominante para las fachadas;
- Las protecciones solares aparecen en todas las orientaciones solares;
- Las orientaciones predominantes en el sector social son: sur, suroeste, norte, noreste, principalmente en las dos primeras; y en el sector íntimo son las demás: este, sureste, oeste, noroeste, principalmente en las dos primeras;
- Se protege más el sector social que el sector íntimo;
- En media, en el sector social, las orientaciones más opacas son oeste y noroeste y las menos opacas son este y sureste;
- En media, en el sector íntimo, las orientaciones más opacas son norte, noreste, sur, suroeste y las menos opacas son este y sureste;

Las Figs. 93 a 97 presentan datos sobre la Casa Ugalde, caso estudiado con énfasis en el estudio 1 (Anexo K).

416

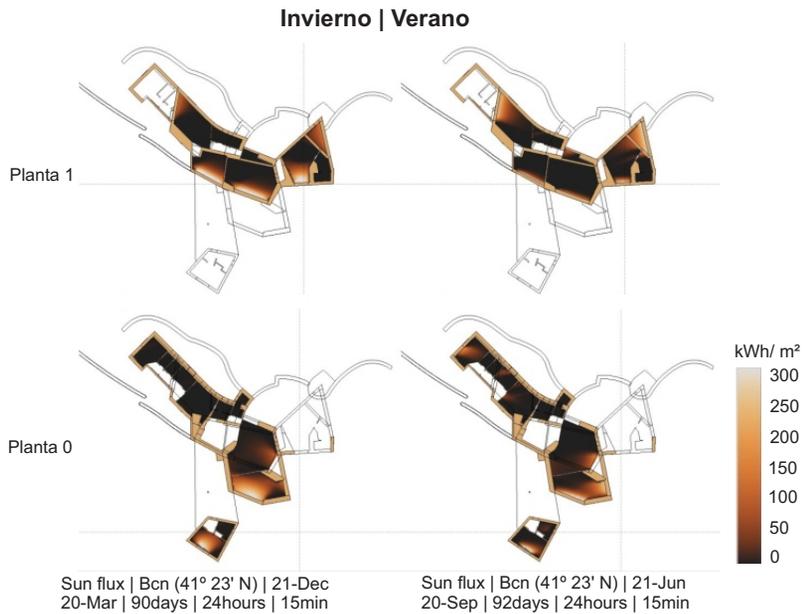
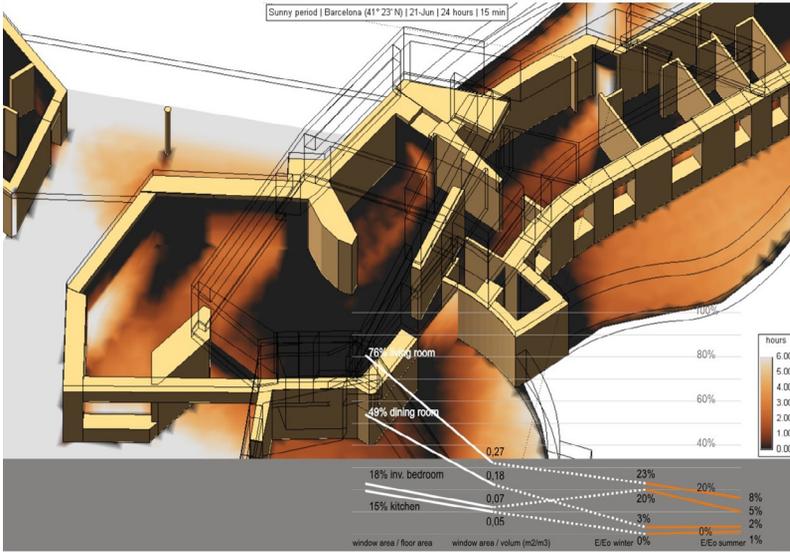


Fig. 93 –  
Radiación solar  
incidente en el  
interior de la Casa  
Ugalde



417

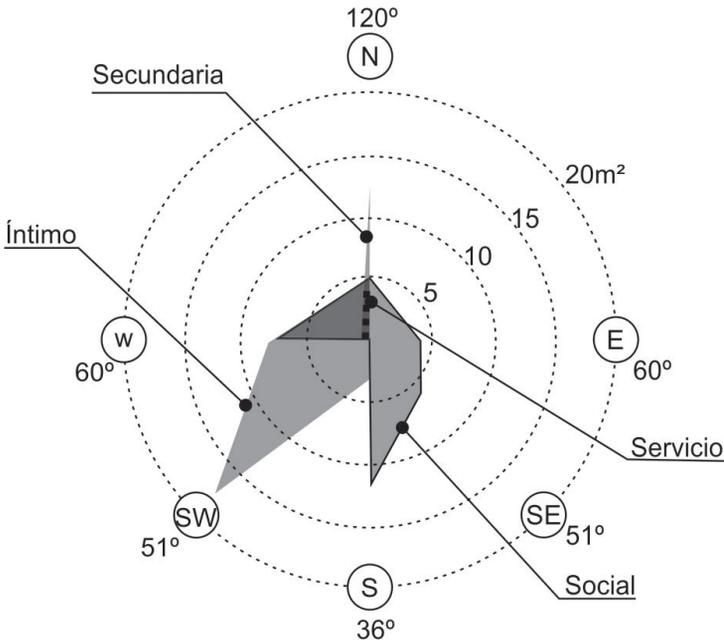
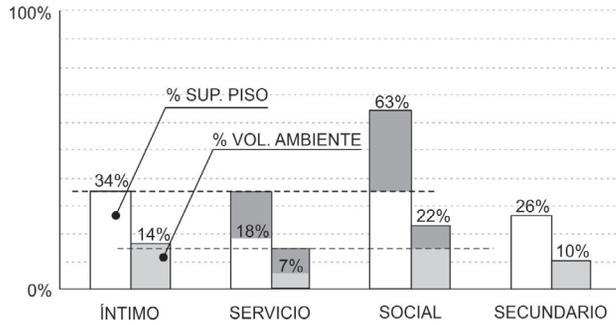
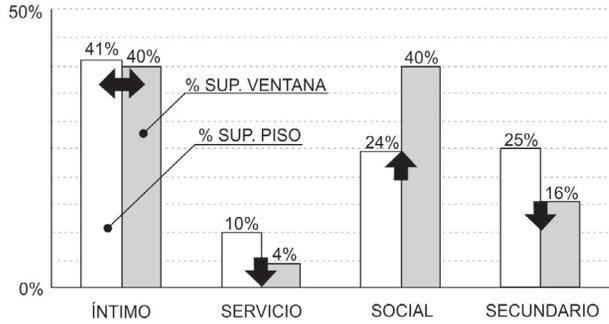


Fig. 94 – Simulación con Heliodon (Casa Ugalde)

Fig. 95 – Proporción de superficies en la Casa Ugalde



418

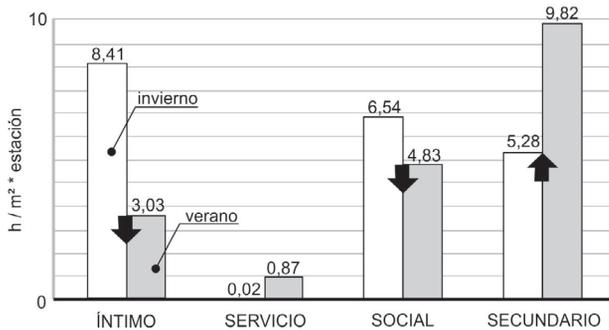
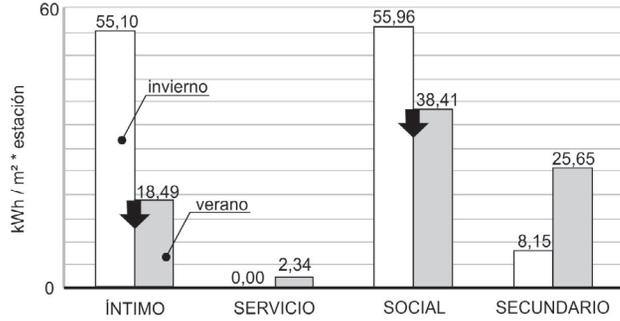


Fig. 96 –  
Proporción de  
superficies en la  
Casa Ugalde

Fig. 97 –  
Radiación solar  
incidente y horas  
de insolación en la  
Casa Ugalde

Aunque no haya rigidez o única respuesta respecto a como tratar el tema de la orientación solar, podemos concluir principalmente que, en los casos estudiados en los estudios 1 y 5:

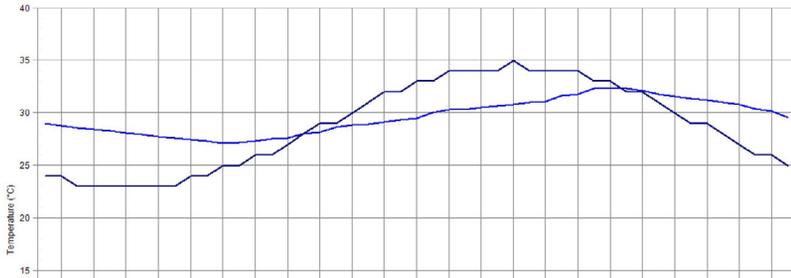
- Hay cierta similaridad en como tratar el tema de la insolación entre los casos de ambos estudios;
- En la composición arquitectónica, hay preocupación con la insolación, bien como cierto entendimiento y preferencia en la cuestión;
- Hay definiciones de jerarquía entre las zonas funcionales, compuestas con cierta relación con las cuestiones climáticas.

## 6.2 ELEMENTOS MATERIALES

“Los principales componentes arquitectónicos respecto a la influencia que ejercen en el desempeño térmico de edificaciones son: el cielo raso y los cerramientos interiores.” (ALBANO, L., 2012)

Las simulaciones realizadas con EnergyPlus Program apuntan los elementos con más inercia térmica como el factor de más intervención en el comportamiento térmico de los casos estudiados. La Fig. 98 presenta los gráficos de Balance Térmico (Q) de cada elemento de la piel del Caso A.

a)



b)

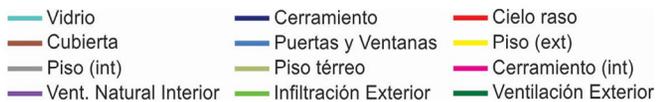
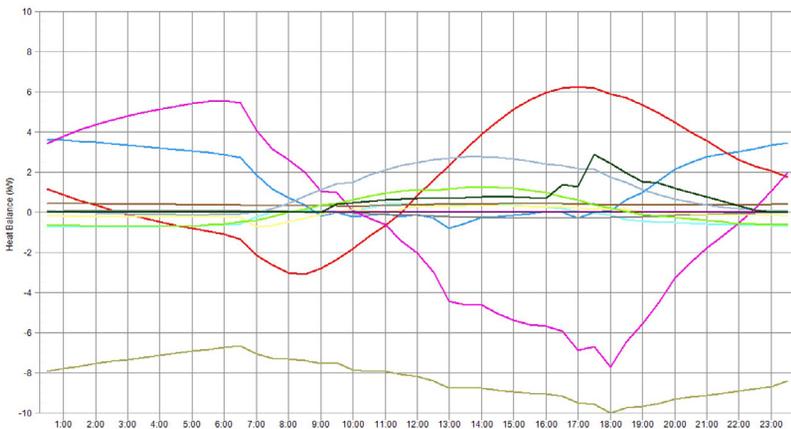


Fig. 98 – Balance térmico - papel individual de los componentes de la piel.

Donde, en el Gráf. a) azul oscuro = temperatura exterior, azul claro = temperatura interior.

La simulación presentada en la Fig. 98 se refiere a 1 día típico de la estación seco-cálida:

- Fig. a) demuestra la clara intervención de la inercia térmica en el comportamiento del edificio, caracterizado por la presencia conjunta del retraso térmico y del amortiguamiento de los picos de temperatura.
- Fig. b) demuestra el papel individual de cada componente del edificio (interior/externo).

Es posible percibir la intervención más dominante de 2 componentes en el comportamiento térmico del edificio:

- Losa (rojo)
- Cerramientos exteriores (azul)
- Cerramientos interiores (lila)

421

A partir de los cálculos prescriptivos realizados en el estudio 7, se puede comparar las características térmicas de los casos, cuanto a Transmitancia térmica (U), Capacidad Térmica (C<sub>T</sub>) y Retraso térmico (φ) de los componentes de la piel, con las recomendaciones por parte de la normativa ABNT NBR 15220-3 (2005), conforme las Tabs. 7 y 8.

Componentes de la Piel	Recomendaciones ABNT	
Cerramientos exteriores	$U \leq 2,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$\phi \geq 6,5\text{h}$
Cubierta	$U \leq 2,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	$\phi \geq 3,3\text{h}$
Ventanas	$15\% \cdot SS < SV < 25\% \cdot SS$ , excepto sector social $SV > 30\% \cdot SS$ ( $15\% \cdot SS < SV < 25\% \cdot SS$ )	

Tab. 7 – Recomendaciones ABNT

Caso	Componentes de la Piel	U	C <sub>T</sub>	φ
A y B	Cerramientos exteriores (e: 270mm) de ladrillo cerámico macizo (100x60x220mm), asentado en su mayor dimensión. Argamasa de asentamiento/embozo: 10mm/25mm	2,25	445	6,8
A y B	Cerramientos interiores (e: 150mm) de ladrillo cerámico macizo (100x60x220mm), asentado en su menor dimensión. Argamasa de embozo: 25mm.	3,13	255	3,8
A	Cubierta con losa de hormigón maciza impermeabilizada (e: 200mm)	2,95	443	4,8
B	Cubierta con tejas de cemento amiento (e: 7mm) con losa de hormigón (e: 200mm)	0,94	462	12,2

Siendo,

(U) Transmitancia térmica, W/m<sup>2</sup>·K

(C<sub>T</sub>) Capacidad térmica, kJ/m<sup>2</sup>·K

(φ) Retraso térmico, h

(SS) superficie de suelo

(SV) superficie de ventilación

Se nota que el caso B cumple los dos requisitos, de retraso y transmitancia térmica. Ya el caso A cumple con los requisitos de retraso térmico pero no respecto a la U. Sobre todo en la cubierta que debe ser inferior a la U de los cerramientos, y en el caso de la vivienda A, la relación es contraria a la recomendación. Tal diferencia entre los casos presentados no nos permite afirmar algo concreto y general, más aplicable a las edificaciones similares a los casos A y B.

Los análisis realizados en el estudio 6 pueden contribuir a la discusión, una vez que trata del estudio de las cubiertas de los casos A y B comparados con otras 19 viviendas unifamiliares ventiladas naturalmente, ubicadas en el mismo barrio (Barrio Sur), conforme la Fig. 99, y construidas en la misma época, período entre las décadas de 1950 y 1960, conforme el Anexo P.

Los casos han sido analizados conforme sus características formales modernas y clasificadas en 2 grupos:

- arquitectura moderna (casos 1 a 15) y

- vulgarización del moderno (casos 16 a 21), postura de continuidad solamente formal de la arquitectura moderna presente en la ciudad de Goiânia.

Una segunda clasificación realizada ha sido según el tipo de teja:

A - tipo ondulada de cemento amianto con losa de hormigón maciza (casos 1 a 9);

B - tipo canaleta de cemento amianto (casos 10 y 12 con;

C - losa de hormigón impermeabilizada;

D - teja cerámica plana, conocida como “tipo plan”.

En este estudio, los casos A y B están numerados, respectivamente, como casos 13 y 3, conforme la Tab. 10.

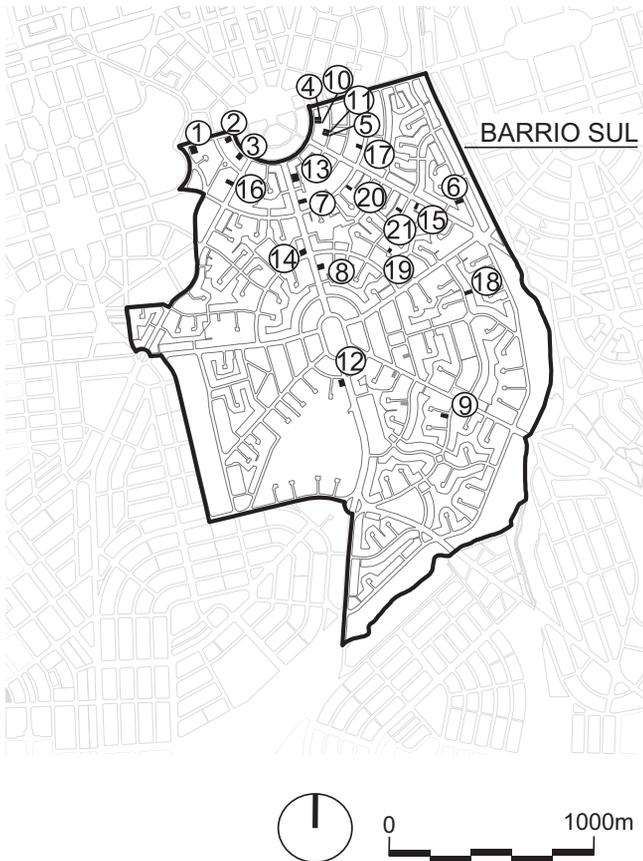
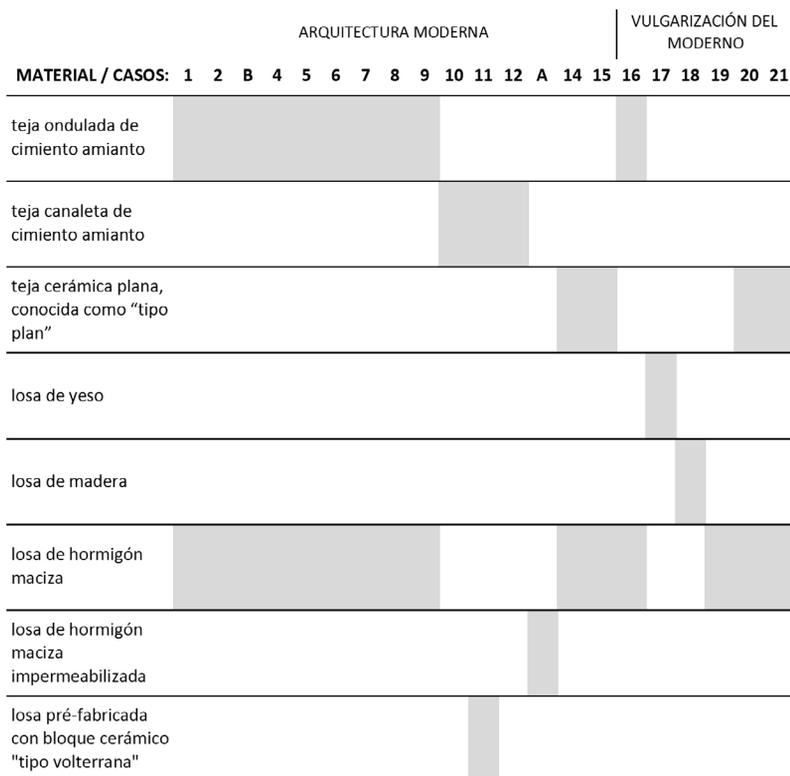


Fig. 99 – Casos del estudio 6 (donde, los casos 13 y 3 son, respectivamente, los casos A y B).



424

Las características térmicas presentadas en las Tabs. 9 y 10 permiten afirmar que todos los casos cumplen con los requisitos de retraso y transmitancia térmica exigidos actualmente en las normativas vigentes: ABNT NBR 15.575 y ABNT NBR 15.220, con excepción del caso A y 16.

En base en el estudio 6 y considerando que:

- estos casos son una excepción;
- hemos analizado 100% de los casos existentes de arquitectura moderna presentes en esta región;
- una de las excepciones no hacen parte de la arquitectura moderna propiamente dicha de la ciudad, sino que ya hacen parte de una postura que lleva en consideración solamente los aspectos formales de esta arquitectura y portanto es más vacía de concepto;

Tab. 9 –  
Materiales usados  
en las cubiertas  
de los casos del  
estudio 6

- la cubierta recibe un 48% de toda la radiación incidente en el edificio (5,68 kW/m<sup>2</sup>·día) en el mes más cálido y seco del año; y un 51% (4,58 kW/m<sup>2</sup>·día) en el mes cálido-húmedo.

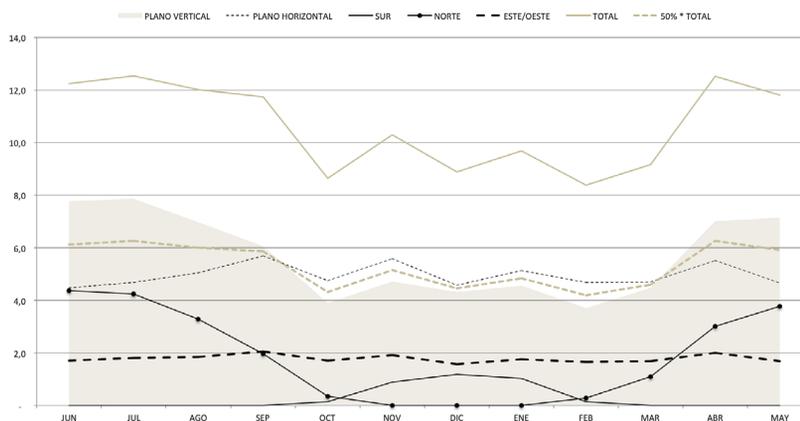
Podemos afirmar que, prácticamente, todas las viviendas modernas ventiladas naturalmente, construidas en las décadas de 1950 y 1960 en el barrio sur de la ciudad de Goiânia, ya poseían en sus cubiertas las características ideales al clima de la ciudad.

CASO	CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	U W/(m <sup>2</sup> .K)	R (m <sup>2</sup> .K)/W	FSo	φ horas (s)
1	462	0,89	1,13	0,2	11,4
2	462	1,05	0,95	0,3	10,7
B	462	0,94	1,06	0,2	12,2
4	462	0,79	1,27	2,0	7,3
5	462	0,89	1,13	0,2	11,4
6	462	0,89	1,13	0,2	11,4
7	462	0,79	1,22	2,0	7,3
8	462	0,94	1,27	0,2	12,2
9	462	0,66	1,51	0,2	13,6
10	255	1,44	0,69	3,5	6,2
11	240	1,27	0,79	3,0	6,2
12	255	1,44	0,69	3,5	6,2
A	443	2,95	0,34	9,4	4,8
14	412	0,28	3,58	0,8	21,8
15	412	0,31	3,22	0,9	20,6
16	462	2,53	0,39	0,6	5,9
17	156	0,33	3,01	0,1	5,2
18	162	0,68	1,47	0,2	3,9
19	462	0,91	1,09	0,2	11,3
20	412	0,29	3,40	0,9	21,2
21	412	0,35	2,87	1,0	19,4

425

Dada la descripción de la Fig. 100, se puede notar que la radiación incidente en la cubierta en el mes de septiembre es 5,68 kWh/m<sup>2</sup>·día, según datos de INMET, la más alta durante todo el año.

Tab. 10 – Propiedades térmicas de las cubiertas de los casos del estudio 6



Se puede destacar 3 momentos en el día (24h) con diferentes perfiles de Balance Térmico )Q en cada elemento:, conforme la Tab. 11 y Fig. 101

426

<b>)Q</b>	<b>Período</b>	<b>Cubierta</b>	<b>Cerramiento Exterior</b>	<b>Cerramiento Interior</b>
<b>)Q 1</b>	Nocturno ≈18h - ≈0h	)Q < 0	)Q > 0	)Q > 0
<b>)Q 2</b>	Nocturno ≈0h - ≈6h	)Q < 0	)Q < 0	)Q > 0
<b>)Q 3</b>	Diurno ≈6h - ≈18h	)Q > 0	)Q ≈ 0	)Q < 0

1. Momento 1 – Período nocturno (≈18h a ≈0h, 25% del día)

1. En el período nocturno que procede del período diurno, los cerramientos son los responsables por las ganancias térmicas en el interior del edificio, resultante del retraso térmico de estos elementos, fruto de sus inercias térmicas.

2. Momento 2 – Período nocturno (≈0h a ≈6h, 25% del día)

1. En el período nocturno que antecede al período

Fig. 100 – Radiación solar incidente en diferente planos

Tab. 11 – Perfiles de Balance Térmico de diferentes elementos de la piel

diurno, los cerramientos interiores son los responsables por las ganancias térmicas en el interior del edificio, resultante de la acumulación de las cargas térmicas internas del edificio.

3. Momento 3 – Período diurno (≈6h a ≈18h, 50% del día)
  1. En el período diurno, las mayores preocupaciones deben ser hacia la cubierta, pues se trata del principal elemento de la piel interveniente en las ganancias térmicas del edificio.

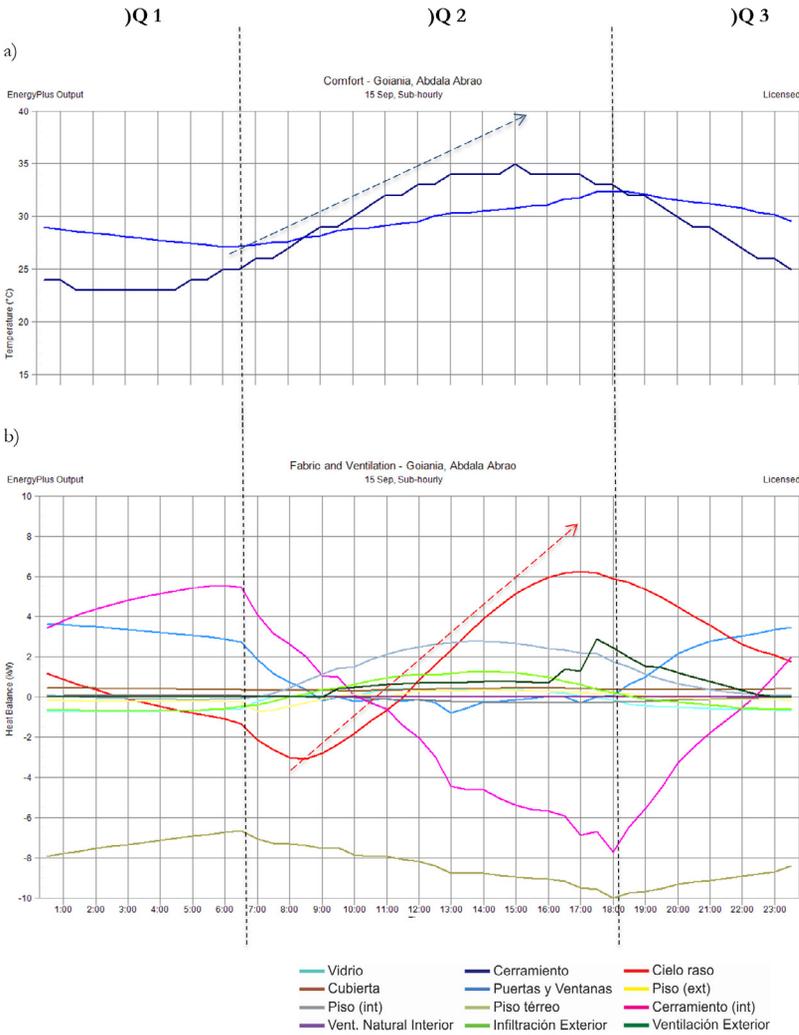
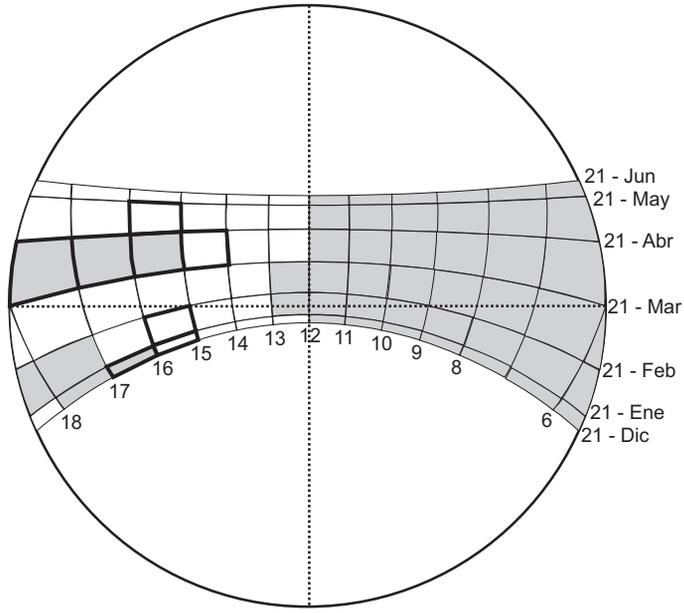
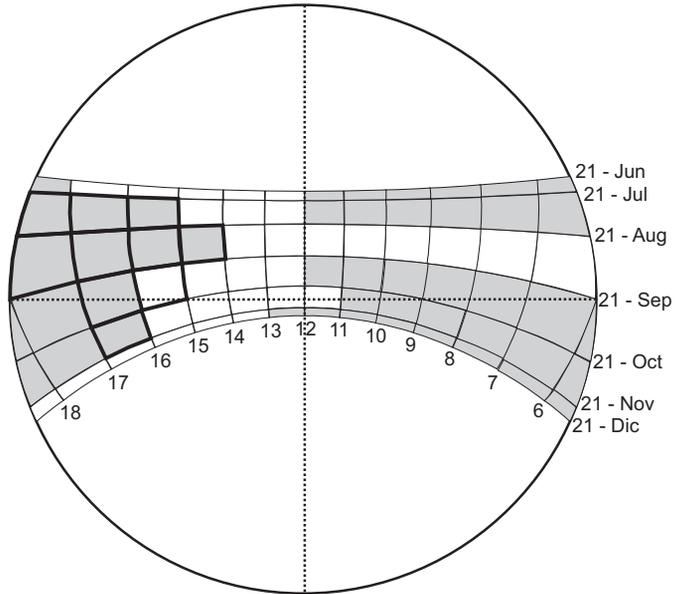


Fig. 101 – Perfiles de Balance térmico.

Donde, en el Gráf. a) azul oscuro = temperatura exterior, azul claro = temperatura interior.



a)



b)

Fig. 102 –  
 Carta solar de  
 Goiânia (16,41°N)  
 (En gris, periodos  
 de desconfort. a)  
 ene-jun. b) jul-dic.  
 en negro, periodos  
 con más radiación  
 solar incidente en  
 planos horizontales,  
 conforme Figs. 63  
 y 64)

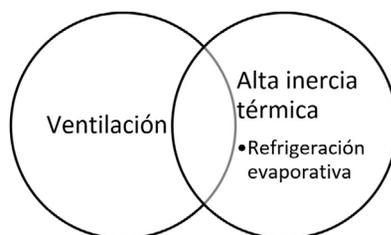
Las horas de discomfort presentadas en la carta solar de Goiânia (Fig. 102), refuerzan la necesidad del cuidado con las generalizaciones cuanto a la mejor orientación. También en base en las informaciones presentadas en la Fig. 63, se puede caracterizar el mes de septiembre como un periodo con una radiación solar total incidente en la cubierta del edificio de 48% del total recibido por el edificio, donde los 52% se distribuyen en un 17,5% recibidos por planos orientados a este o a oeste y un 16,7% recibidos por planos orientados a norte, en este mes. Tal exposición evidencia la importancia de este componente en la composición del clima interior.

En los casos estudiados, de modo contrario a la recomendación de la ABNT NBR 15220 que recomienda cubiertas ligeras y aislantes como las más apropiadas al clima de Goiânia, la losa de hormigón se comporta de forma muy similar a la curva de exposición solar (flechas comparativas de la Fig. 101). Los elementos verticales que reciben un 52% de la radiación solar incidente en la piel del edificio se comportan de manera contraria a la exposición solar.

La exposición solar en la cubierta hace de este componente el principal responsable por los efectos térmicos maléficós generados al edificio una vez que, por el acúmulo de calor durante el periodo de exposición solar, su comportamiento resulta en re-emisiones de calor durante las últimas horas de insolación. La no exposición solar sobre los elementos verticales interiores al edificio hace de estos los principales responsables por la minimización de resultados provenientes de los maleficios de la cubierta. Esta relación evidencia la importancia de la inserción/integración de componentes arquitectónicos de protección solar en la piel de edificio (amplios “beirais”, presencia de porches, “brises-soleil”, etc.).

### 6.3 ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

Las estrategias bioclimáticas más apropiadas para cada estación pueden ser sintetizadas a partir de la Fig. 103. Básicamente, las mejores estrategias son: ventilación y alta inercia térmica, desde que la última siempre esté pensada de modo conjugado a la propia ventilación y a la refrigeración evaporativa. Los estudios con AnalisisBio Program también revelan que el clima urbano posee la necesidad del uso de calefacción pasiva e incluso artificial en porcentajes muy bajos de horas. Pero tal necesidad solo existe en el ambiente exterior. Todos los datos referentes a ambientes interiores descartan tal estrategia como adecuada a las correcciones de las necesidades de confort.



430

**Las estrategias deben ser pensadas de modo integrado, con énfasis en la ventilación, inercia térmica y en la refrigeración evaporativa, donde la última juega un papel coadyuvante frente a las primeras.**

La aplicación de cada estrategia debe ser pensada según la estación en cuestión y sus características ambientales. Por ejemplo, en Goiânia, es en la estación fría cuando los cerramientos reciben más radiación solar y pasan a tener más intervención en el desempeño térmico de las edificaciones. Sobre todo los cerramientos orientados a norte (4,4 kWh/m<sup>2</sup>·día) que pueden servir, en junio, para acumular calor durante el día y transmitirlo durante la noche, antes del amanecer de día, que es cuando tenemos las temperaturas mínimas del aire interior, aproximadamente 9,7 °C sobre las 7h de la mañana. Además

Fig. 103 – Estrategias bioclimáticas

de favorecer el amortiguamiento de la amplitud térmica diaria máxima en este período del año, con oscilaciones de 4% entre la media de las máximas/mínimas y la temperatura media del aire.

Analizando numéricamente los espacios exteriores e interiores de los casos, básicamente las estrategias más apropiadas pueden ser sintetizadas de acuerdo con las Tabs. 12 y 13:

ZONAS BIOCLIMÁTICAS		2	11	12	8	8	9	10			
		HORAS DE DISCONFORT									
		TOTAL	VENTILACIÓN	ASOCIACIÓN DE ESTRATEGIAS	INERCIA + VENTILACIÓN + REFRIG. EVAPORATIVA	INERCIA + REFRIG. EVAP.	INERCIA + CALENT. SOLAR PASIVO	CALENTAMIENTO	INERCIA + CALENT. SOLAR PASIVO	CALENT. SOLAR PASIVO	CALENT. ARTIFICIAL
JUN	GYN	37,8%	24,7%	1,3%		23,3%		36,5%	23,3%	12,8%	0,3%
	AE	1,3%	1,3%			1,3%		1,3%	1,3%		
	BE	0,0%									
	AS	0,0%									
	AC	0,0%									
	AP	0,0%									
	BC	0,0%		82,7%	89,6%						
SEP	GYN	19,0%	19,0%	15,7%	1,3%	2,0%		2,0%	2,0%		
	AE	10,7%	10,7%	10,7%							
	BE	13,6%	13,6%	13,6%							
	AS	7,4%	7,4%	7,4%							
	AC	4,9%	4,9%	4,9%							
	AP	4,9%	4,9%	4,9%							
	BC	6,7%	6,7%	6,7%							
DIC	GYN	41,7%	36,9%	4,8%	3,6%	1,3%		1,3%	1,3%		
	AE	61,4%	57,2%	4,1%	4,1%						
	BE	52,4%	52,4%								
	AS	58,8%	55,3%	3,5%	3,5%						
	AC	29,6%	24,2%	5,4%	5,4%						
	AP	29,5%	25,9%	3,7%	3,7%						
	BC	27,7%	27,7%	1,7%	1,7%						

431

Tab. 12 – Síntesis de las estrategias bioclimáticas

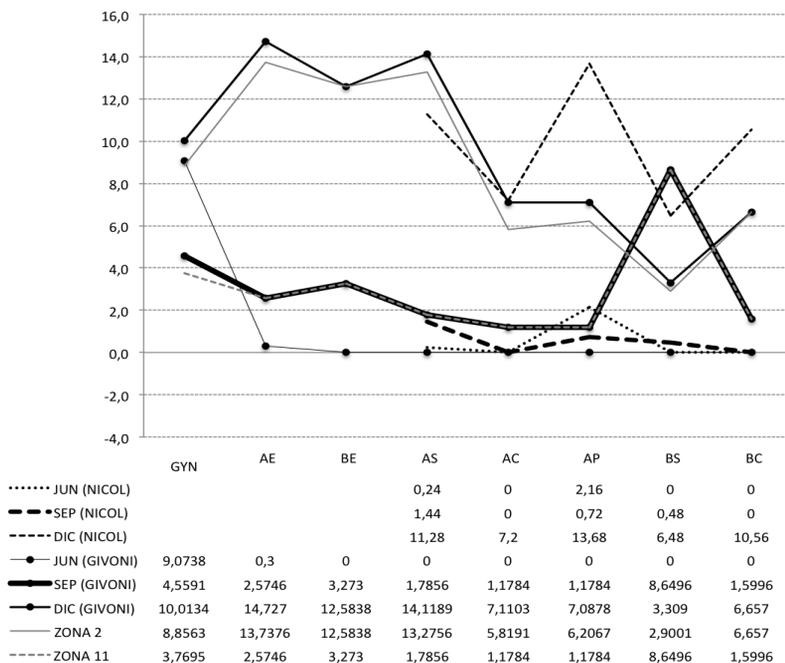
### Estrategias bioclimáticas más apropiadas a Goiânia

<b>Junio</b>	Confort
<b>Septiembre</b>	Alta inercia térmica asociada a otras estrategias como: ventilación y refrigeración evaporativa
<b>Diciembre</b>	Ventilación (80% - 95%) Asociación a estrategias de septiembre (5%- 20%)

#### 6.3.1 Predicciones de confort

Analizando comparativamente dos métodos de predicción del confort, Givoni (1992) y Nicol (1994), los resultados del análisis de las estrategias bioclimáticas se sintetizan en la Fig. 104.

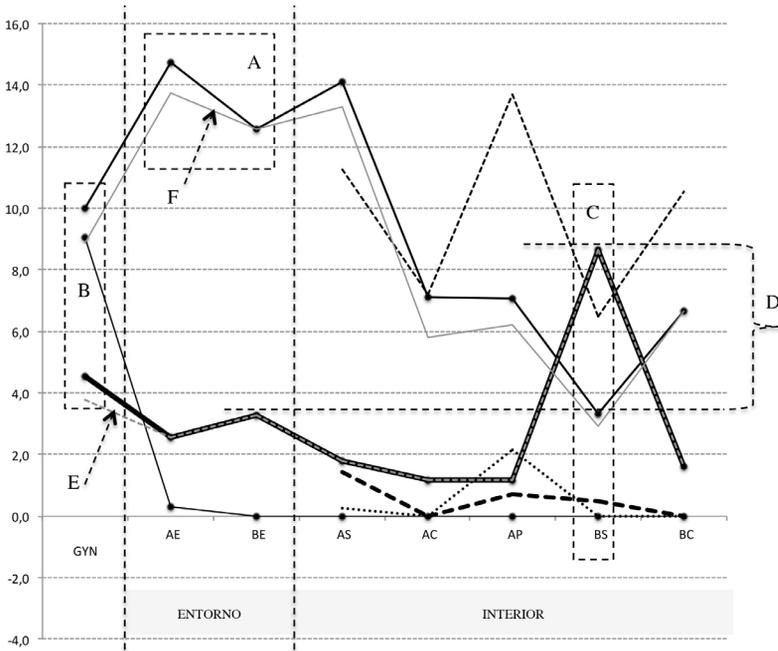
432



Tab. 13 –  
estrategias más  
apropiadas

Fig. 104 -  
Comparativo de  
métodos predictivos  
de confort

Sobre la Fig. 105 se puede evidenciar algunos aspectos:



- A. Las estrategias bioclimáticas usadas en el entorno incrementan las horas de desconfort en diciembre, reducen en junio y son prácticamente neutras en septiembre.
- B. Las necesidades bioclimáticas de la ciudad son más altas en los meses de diciembre y junio que en septiembre.
- C. El salón del caso B (BS) es el único que tiene más necesidades climáticas en septiembre que en diciembre. Para todos los demás, diciembre es el mes con más horas de desconfort.
- D. Todos los ambientes interiores tienen menos necesidades climáticas que el entorno durante todo el año. Analizando solamente la temperatura del aire y la humedad relativa, por tanto, desconsiderando el paso del aire, siempre se esta peor en el porche

Fig. 105 – Análisis de las estrategias de condicionamiento térmico pasivo

que dentro de casa. La sensación de más bienestar en los espacios intermedios se da más por la presencia de la ventilación y no por factores higrotérmicos.

- E. La necesidad en el clima seco-cálido es básicamente de la acción conjunta de resfriamiento evaporativo, ventilación y masa térmica (Zona 11)
- F. La necesidad en el clima seco-cálido es básicamente de Ventilación (Zona 2)
- G. La Casa A tiene peor desempeño térmico en diciembre que la Casa B y la Casa B tiene peor desempeño en septiembre que la Casa A. En junio, ambas Casas permanecen en estado de confort durante todo el mes.

De acuerdo con la metodología de clasificación bioclimática presentada en la ABNT NBR 15220-3, las estrategias de condicionamiento térmico pasivo para la ciudad de Goiânia son:

434

- Verano: Refrigeración evaporativa, Ventilación selectiva y Masa térmica
- Invierno: Masa térmica en cerramientos interiores

Los resultados obtenidos con AnalisisBio Program confirman recomendando para:

- Clima seco-frío (invierno): Masa térmica
- Clima seco-cálido (verano): Refrigeración evaporativa, Ventilación y Masa térmica (acción conjunta)
- Clima húmedo-cálido (verano): Ventilación

La metodología de la normativa se basa en una adaptación de la sugerida por Givoni (1992)<sup>204</sup>, que contempla la relación higrotérmica de los estados de (dis) confort.

La comparación de resultados realizada con el método de Nicol (1994) se inserta en un embate académico entre el enfoque cuantitativo de predicción del confort y el enfoque cualitativo y de modelos de adaptación.

De acuerdo con Gómez-Azpeitia et. Al (2007)<sup>205</sup>, las investigaciones realizadas con modelos de aproximación racional han tenido éxito en la segunda mitad del siglo XX pero la dificultad de aplicación universal de estos métodos hizo con que estudios de campo - como Auliciems (1981), Nicol (1993), Humphreys (1995), Haghghat y Donnini (1998), Brager y De Dear (1998), Bravo y González (2001), Nicol (2004) - se desarrollaran comprobando sus debilidades.

La hipótesis de ser más correcta la aplicación de métodos adaptativos en el presente estudio tiene origen en las críticas recibidas por los métodos cuantitativos respecto a su falta de universalidad sobretodo en climas tropicales y en edificaciones ventiladas naturalmente, dado que subestiman la capacidad adaptativa de los usuarios, sobretodo en condiciones de exposición a altas temperaturas y humedades relativas. Además, la proposición de métodos adaptativos convergen el pensamiento de adaptación al lugar y carácter regional trabajados en la Tesis, una vez que el método afirma que temperaturas de confort varían entre localidades geográficas, ambientes climáticos y estratos socio-económicos y culturales. La elección por estudiar la aplicación del método de Humphreys y Nicol adviene de que fueron los primeros a tener estos planteamientos y dado la cantidad de estudios en el tema.

435

De este modo, se sustenta que modelos cuantitativos tienen su aplicación limitada por: la ausencia de datos detallados sobre la ropa y la tasa metabólica de los usuarios; tratarse de experimentos realizados en cámaras climáticas (ambiente controlado) basándose en la suposición de que las respuestas de los usuarios serían semejantes en ambientes descontrolados; previsiones pensadas para sujetos acostumbrados a ambientes con uso de sistemas activos y por tanto, inapropiados a sujetos acostumbrados a condiciones naturales. (Groat y Wang, 2002)

El enfoque cualitativo considera el individuo como un ser subjetivo y diverso, y no propone principios universales sino interpretaciones teóricas múltiples. A pesar de ello, la proble-

mática trae cierta complejidad (o inviabilidad) en su uso una vez que implica sistemas donde interactúan variables físicas, biológicas y psicológicas, a la vez. (Brager y De Dear, 2003). Y aunque represente una opción disponible avanzada para la predicción del confort, también tiene límites en su aplicación, como el problema de:

- la subjetividad de los resultados que abre margen a múltiples interpretaciones;
- una base de datos global inconclusa que permite realizar investigaciones en diferentes partes del planeta, buscando datos más locales;
- la amplitud del rango de confort térmico que - varía conforme la capacidad de adaptación del usuario y del período estudiado, siendo que estos son directamente proporcionales – todavía existe una variedad de proposiciones desde:
  - ♦  $\pm 5K$  (Nicol, 1993),  $\pm 3,2K$  (Olgyay, 1963) y  $\pm 2K$  (Auliciems y Szokolay, 1997) para períodos superior a un semana y hasta anuales;
  - ♦  $\pm 2K$  (Nicol, 1993) y  $\pm 1,75K$  (Auliciems y Szokolay, 1997) para períodos mensuales hasta diarios, conforme; y aún la posibilidad de que varían de hora en hora (Roriz 2003) o diarias (Evans, 2003).
- la participación del habitante donde el rol que es jugado en el proceso de adaptación entre el individuo y el ambiente se da por medio de acciones voluntarias e involuntarias propias a cada uno (o grupo de individuos) para alcanzar el estado mental de bienestar.
- los efectos que el cambio climático que puede llegar a ejercer sobre todo el proceso, desde su nivel físico, fisiológico y hasta psicológico.

Los resultados provenientes del análisis comparativo entre los métodos de Givoni y de Nicol demuestran que se pue-

de añadir todavía más cuestiones a este listado.

Comparando los índices de confort de Givoni y de Nicol, surgen hipótesis que pueden ser desarrolladas en trabajos futuros:

### **¿Realmente tenemos la misma capacidad de adaptación al frío y al calor?**

Los estudios demuestran que los índices de Nicol sólo es capaz de presentar valores no contradictorios cuando la amplitud del rango de confort térmico es cambiada en función del clima (estación). En los estudios, el rango ha sido: 5 °K para junio, 4°K para septiembre y 2°K para diciembre.

Por un lado, los resultados indican que es importante cambiar el valor del rango de confort en función del clima. Por otro lado, los resultados indican, quizás con más fiabilidad todavía, que o bien los usuarios tienen menos capacidad de adaptación a las altas humedades de diciembre que a las bajas temperaturas de junio, o bien el método es menos aplicable a climas húmedos que a secos.

El hecho del método no considerar la humedad relativa como variable de cálculo inclina la interpretación de los resultados a que este método no está pensado para climas húmedos y por eso los resultados de diciembre solo son minimamente aceptables si el rango de confort es mínimo.

Por otro lado, los resultados demuestran la necesidad de calefacción en prácticamente 100% del año. Un dato absurdo pero que puede ser comprendido desde la misma mirada de que la ausencia de la consideración de la humedad invalida la aplicación del método no solamente a climas húmedos, sino a todos los climas donde los índices de humedad relativa son extremos (bajos o altos).

De este modo, climas como el de Goiânia, caracterizados por gran variación de humedad a lo largo del año y la formación de climas ora extremadamente secos y ora extremada-

mente húmedos, no deben ser analizados con métodos como el de Nicol, que no considera la humedad relativa como variable de cálculo.

Una tercera posible hipótesis es que el rango de confort no puede ser equidistante con relación a la temperatura de confort, como consideran todos los teóricos citados en este tema sobre el rango del confort. Individuos que viven en zonas cálidas como el caso de estudio de la Tesis ciertamente tienen un nivel de tolerancia mayor a altas temperaturas que a bajas, haciendo con que las necesidades térmicas en junio se incrementaran respecto a los datos actuales y redujeran en septiembre y diciembre.

### 6.3.2 Ventilación selectiva en climas húmedos

El caso A es el único de los casos donde hay sistemas de control solar aplicados al edificio. El caso B, a pesar de la necesidad, no posee ninguna especie de protección solar prevista en proyecto, aunque hay fotos que evidencian la incorporación de toldos durante un cierto periodo de tiempo.

“En el caso B, los estudios de insolación han demostrado la necesidad de protección solar principalmente en la zona social, que recibe una radiación solar directa durante todo el día y durante todo el año.” (ALBANO, L. 2012)

La Fig. 106 presenta venecianas presentes en las puertas exteriores de las habitaciones (orientadas a norte) del caso A y persianas aplicadas internamente a las ventanas de su fachada este.



439

Las venecianas son tema de estudio que pasa por la identificación de su funcionalidad frente a las energías naturales. Analizando las aberturas de todo el edificio se nota que este elemento-filtro posee 3 funciones básicas: servirse de barrera al sol y las lluvias al mismo tiempo que permite el paso del aire.

En la vivienda A, las habitaciones están orientadas a norte y cada una de ellas posee una puerta corrediza que da acceso al balcón exterior. Estas puertas poseen lamas en aluminio importados de Rio de Janeiro, fabricados con 2 hojas (vidrio y persianas) especialmente para permitir que la hoja de vidrio (interior) pudiera ser abierta mientras la hoja exterior (lamas) protegiera del sol y de la lluvia. Este diseño evidencia cierta necesidad de protección de la ventana debido a alguna exposición a intemperies.

Los estudios realizados con la herramienta informática Heliodon apuntan rasgos de debilidad en la utilización del sistema, conforme la Fig. 107.

Fig. 106 -  
Caso A: venecianas  
y persianas

“Ainda que possua uma concepção arquitetônica satisfatória com fachada sudeste altamente transparente e livre de proteções e fachada noroeste predominantemente opaca com aberturas com proteção solar, os estudos revelaram a falta de necessidade dos “brises soleil” instalados nas aberturas da fachada noroeste, revelando a importância das paredes externas como elementos de proteção na geração de sombras próprias (...). A maior eficiência da proteção solar se dá pela sombra própria do edifício, enquanto os “brises soleil” somente passam a ser necessários durante as últimas horas de insolação durante o período do solstício de verão.” (ALBANO, L. 2012)

440

a)

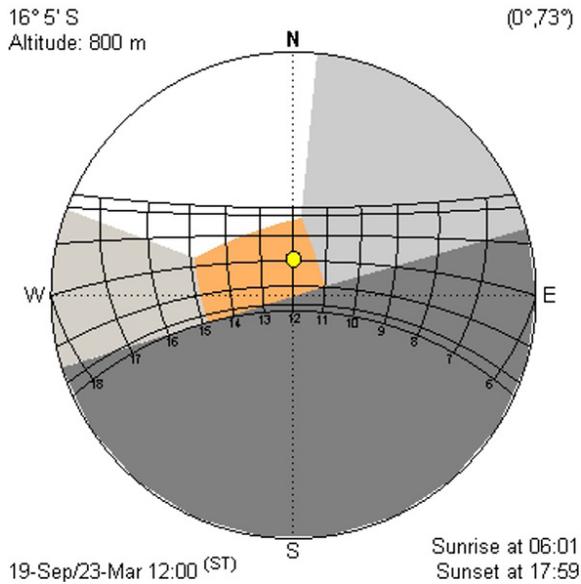
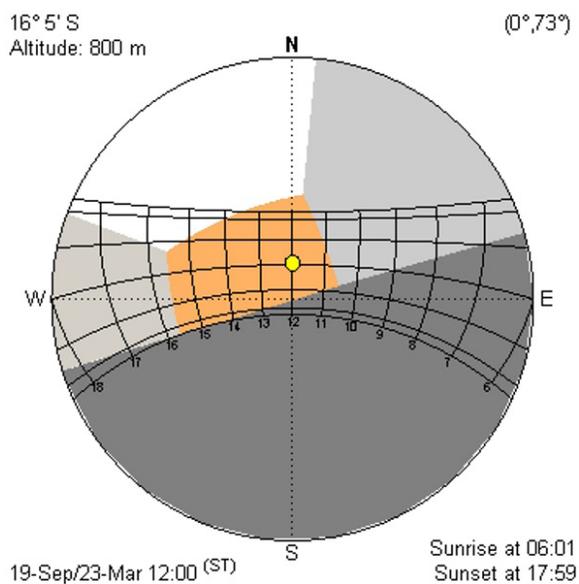
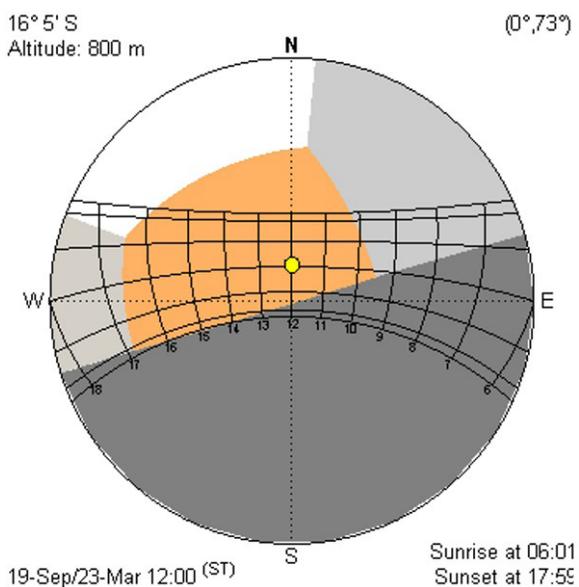


Fig. 107 –  
Obstruções  
próprias em el caso A  
a diferentes alturas.  
(continua en la  
próxima página)

b)



c)



441

a) h: 0 cm. b) h: 150 cm. c) h: 200cm.

Fig. 107 – Obstrucciones propias en el caso A a diferentes alturas.

**En los casos donde no hay la necesidad de protección solar en las aberturas se puede afirmar que la función principal de la veneciana es controlar el paso del aire y servir de protección a lluvias.**

Los resultados obtenidos a partir del estudio 2 pueden contribuir a la discusión respecto al uso de la protección solar donde hay necesidad de protección de hecho.

Se trata de un estudio solar con el auxilio de los softwares Sol-Ar (Labeee-UFSC) y Heliodon (UPC) que consiste en comparar la eficiencia de la aplicación de los brises-soleil en las fachadas del Edifício MES - Ministério de Educação e Saúde (Rio de Janeiro, 1936-1945) y del Edifício BEG - Banco Estadual de Goiás (Goiânia, 1955). (Anexo L)

442

“De acordo com a disposição, as salas de trabalho ficaram orientadas para Sul e Norte. Na face Sul, insolada francamente em alguns dias do ano, pela manhã, adotamos grandes caixilhos envidraçados até o teto que permitirão perfeitas condições de ventilação e iluminação, além de agradável vista para a baía, serão usadas nas mesmas cortinas de régua de madeira (venetian blinds) para garantir a intensidade luminosa. Na face Norte, insolada quase o ano todo durante horas de expediente, foi adotado um sistema de proteção que importa examinar.” (Lúcio Costa, 1995)

“o sistema de proteção preferível deveria ser constituído de placas horizontais (...) por outro lado, verificamos que a adoção de placas fixas, se bem que pudesse resolver o problema de insolação, seria menos satisfatório no tocante à iluminação, pois, tendo sido calculado para dias claros, resultaria, por força, deficiente nos sombrios, obrigando o uso de luz elétrica em horas que outros prédios poderiam dispensá-la. (...) Além disso, consideramos que, sendo a direção dos raios solares variável em relação à fachada, o melhor sistema de evitá-lo deveria ser móvel.” (Lucio Costa, 1995)

Los documentos originales del proyecto del MES presentes en el mismo edificio, hoy llamado Palácio Capanema y sede del Instituto del Patrimonio Histórico y Arquitectónico Nacional - IPHAN, hay inúmeras menciones a las cuestiones ambientales durante todo el proceso compositivo del edificio. Desde las preocupaciones con la orientación solar del edificio, la decisión por el uso del brise-soleil en la fachada norte, su sistema móvil, la distancia hacia los cerramientos a fin de evitar irradiancias indeseables, los puntos de apoyo para disminuir la conducción del calor hacia el interior, el color azul de acuerdo con las reflexiones que se deseaba, etc.

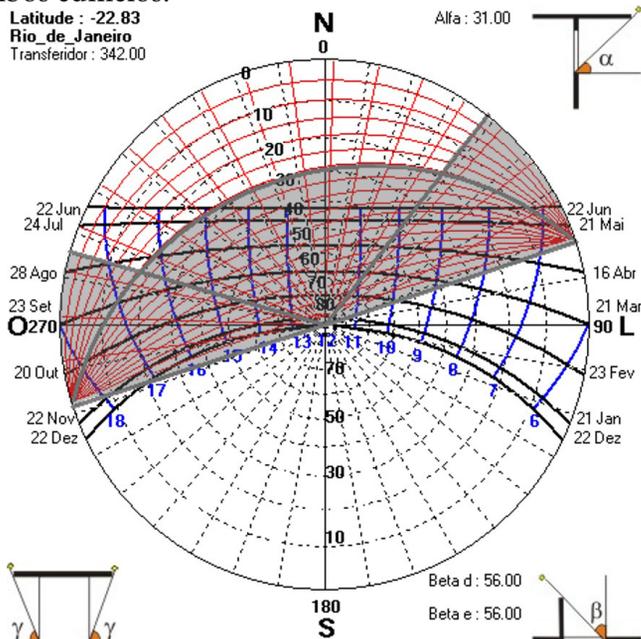
“[...] este foi um projeto que, naquela época, apresentou inovações através da utilização do alumínio, brises, vidro Ray ban, e ar condicionado. Mas, embora tenha sido considerado um edifício moderno podemos constatar ao analisar as plantas deste edifício que o mesmo não foi projetado segundo os princípios da arquitetura moderna, os quais se definem por: fachadas livres, brises, plantas livres, instalações independentes, pilotis, terraço jardim e a estrutura independente. Podemos dizer que os materiais se encarregaram de dar a este edifício um caráter moderno, embora o mesmo não o seja. Isso talvez seja explicado por ser este um de seus primeiros projetos, nele podemos constatar uma tentativa de busca, de afirmação destes princípios. Princípios estes que estarão bem postos em seus projetos posteriores [...]” (REZENDE, 2002)<sup>206</sup>

443

Los comentarios citados arriba refuerzan aspectos importantes cuanto a la transcendencia de la arquitectura moderna hacia el interior del país. El dominio frágil de los temas pueden provocar disonancias indeseables en el proceso compositivo. Entretanto podemos notar aspectos de preocupación ambiental también presentes en el MES, como: la presencia de brises horizontales y verticales en fachadas con orientación distinta, evidenciando cierto estudio o decisión en función de la necesidad de protegerse del Sol.

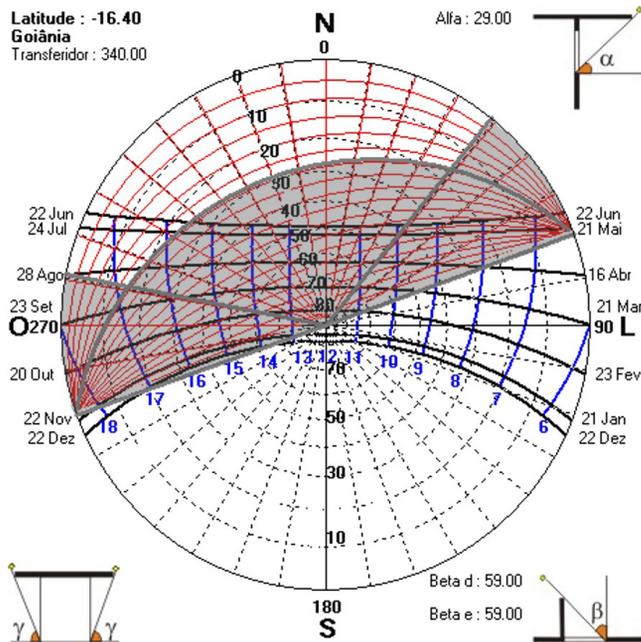
La Fig. 108 ilustra la similitud de la protección solar en ambos edificios.

Latitude : -22.83  
Rio de Janeiro  
Transferidor : 342.00



a)

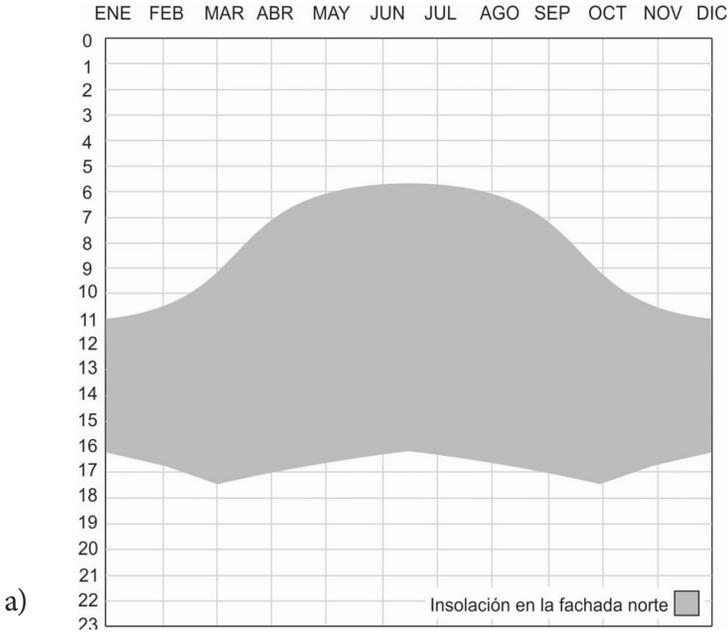
444



b)

Fig. 108 –  
Protección solar  
en los casos del  
estudio 2  
(a - MES; b - BEG)

La Fig. 109 presenta la eficiencia de la protección solar en el MES.



445

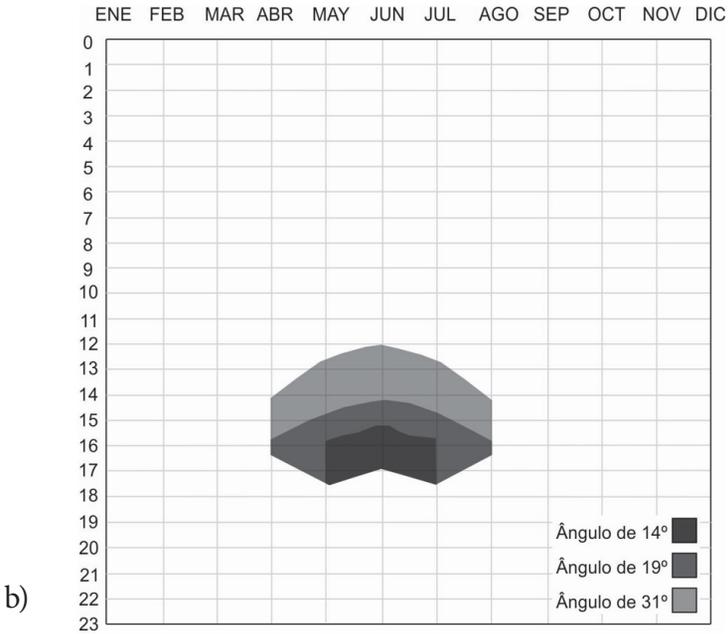


Fig. 109 –  
Eficiencia de la  
protección solar del  
MES  
(a – irradiancia  
recibida sin  
protección; b –  
irradiancia recibida  
con protección)

Conforme las Figs. 109 y 110, es evidente el buen uso del brise-soleil, elemento moderno de composición arquitectónica y estrategia de protección solar. La integración de distintas funciones en un solo elemento demuestra el dominio del temas por parte de arquitectos de la segunda generación como Lucio Costa y de la cuarta, como Elder Rocha Lima, autor del BEG, con origen en el Estado de Goiás y licenciado en Arquitectura por la Facultad Nacional de Arquitectura de la Universidad del Brasil en Rio de Janeiro, misma universidad de dos arquitectos estudiados en el estudio 5, Godoy y Varizo.

La Fig. 110 presenta la eficiencia de la protección solar en el BEG.

446

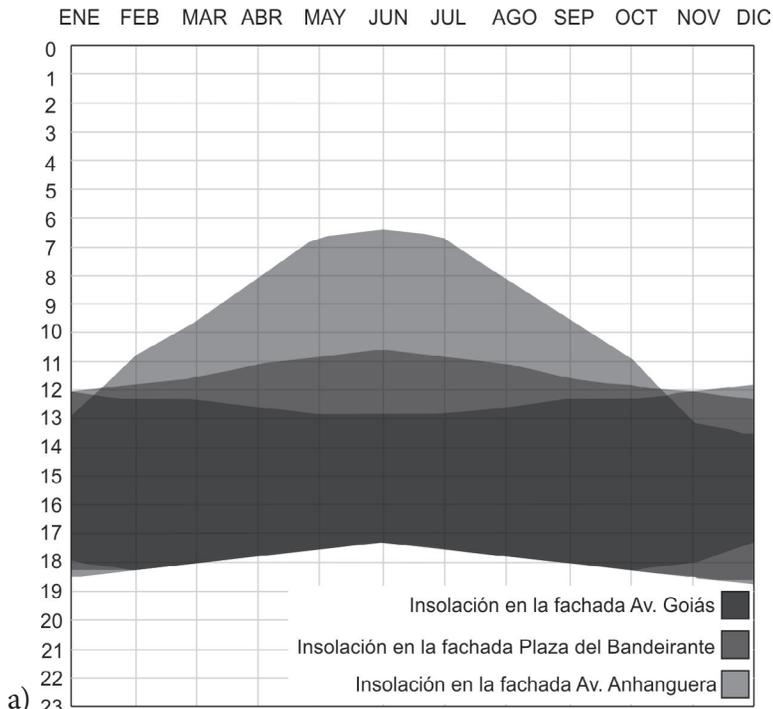
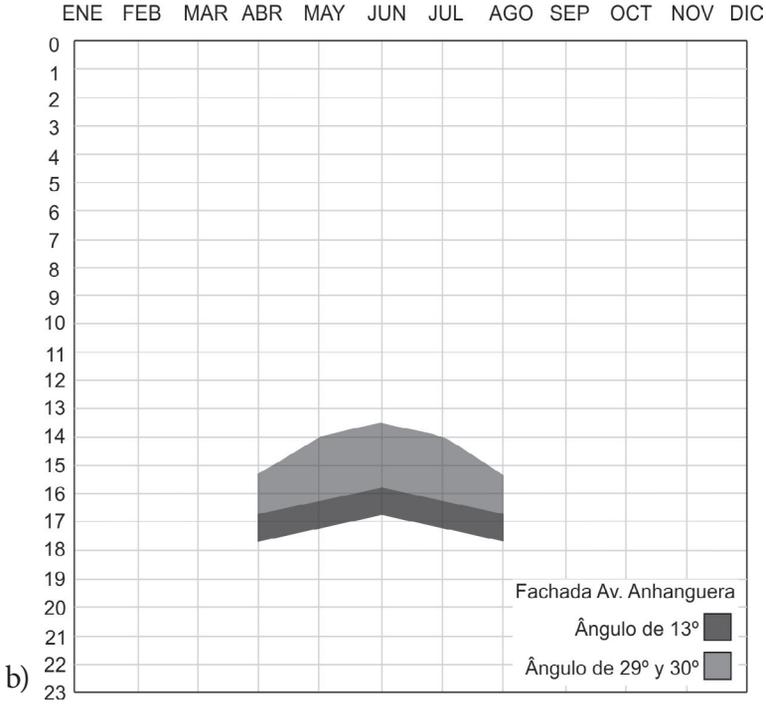


Fig. 110 –  
Eficiencia de la  
protección solar del  
BEG  
(a – irradiancia  
recibida sin  
protección; b –  
irradiancia recibida  
con protección)  
(continua en la  
próxima página)



447



Fig. 110 – Eficiencia de la protección solar del BEG (a – irradiancia recibida sin protección; b – irradiancia recibida con protección)

Fig. 111 – Caso A . Sistemas de control del aire

En los casos, como en el caso A, donde no hay la necesidad de protección solar, los dispositivos de control tienen una especial importancia en los meses húmedos por permitir renovaciones horarias del aire interior en períodos de incrementos de humedad relativa debido al cierre del edificio por ocasión de las lluvias.

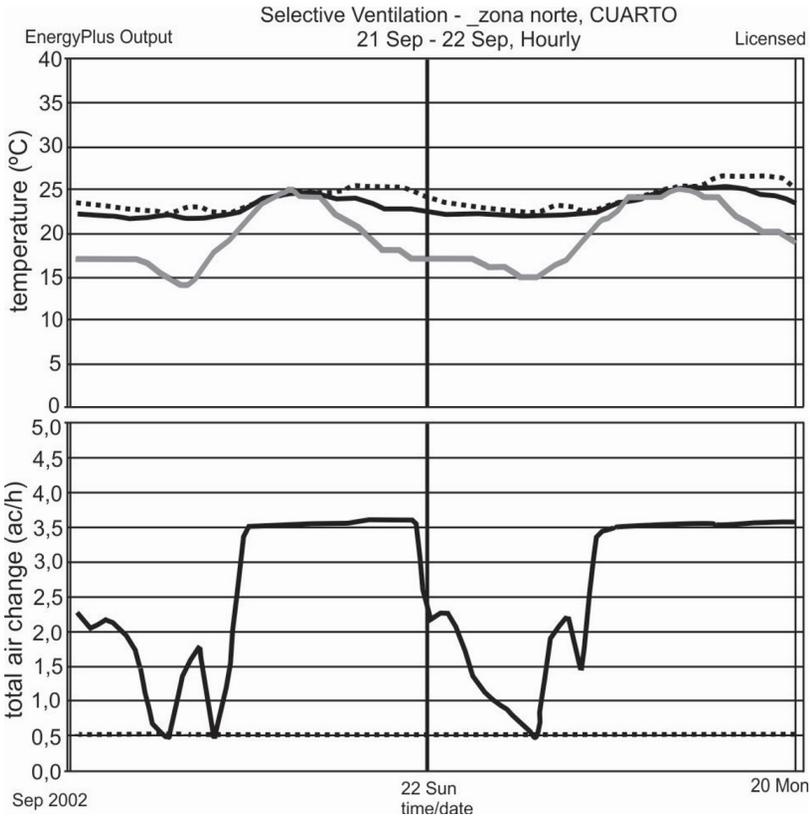
Entre los dispositivos analizados en los casos, la abertura sur del caso A se destaca por sus dispositivos basculantes de control del paso del aire, presentados en la Fig. 111, juntamente con el acceso principal de la edificación.

Análisis más detallados sobre la pertinencia de la ventilación selectiva como estrategia bioclimática para la región estudiada han sido realizados con el auxilio del EnergyPlus Program. Variaciones en la ventilación de los edificios han sido simuladas a fin de evaluar las contribuciones de las estrategias pasivas empleadas en el desempeño térmico de los casos a partir de los datos de temperatura horaria del aire y su humedad relativa, considerando las mismas zonas térmicas utilizadas en las mediciones higro-térmicas. El model D representa la vivienda cerrada durante todo el día y el modelo E la representa abierta.

En la Tab. 14, comparando las situaciones D y E, las variaciones en el perfil de renovaciones horarias pueden oscilar las temperaturas del aire interior en casi 3°C. La Fig. 106 informa que esta oscilación es más evidente en las últimas horas del día. Lo que evidencia la necesidad de ventilación nocturna a fin de reducir el efecto de la masa térmica en el interior.

DICIEMBRE															
HORA	ENTRESEMANA					FIN DE SEMANA					FIESTAS				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
6	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
7	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
8	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
9	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
10	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
14	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
15	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
16	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
18	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
19	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
20	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
21	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
22	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
23	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
24	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1

Tab. 14 –  
Diferentes modelos  
de simulación



450

Fig. 112 – Variaciones de la temperatura en función de las renovaciones horarias (En gris, temperatura exterior del aire (°C). En negro, la temperatura interior del aire (°C) y renovaciones horarias (ren/h). Línea de puntos: modelo D, vivienda cerrada. Línea continua modelo E, vivienda abierta)

### 6.3.3 Asociación de estrategias en climas secos y cálidos

Las condiciones termo-higrométricas registradas por las estaciones meteorológicas de la ciudad son diferentes de las registradas en el entorno de los edificios. Diversos parámetros intervienen cambiando estas condiciones. Una importante estrategia bioclimática interviniente en la mejora de las condiciones termo-higrométricas del entorno cercano a las edificaciones frente a las condiciones urbanas es la refrigeración evaporativa.

El entorno de los casos es caracterizado por la presencia de agua y vegetación. Grandes superficies permeables cubiertas por césped y con presencia de árboles y arbustos que garanten

un entorno sombreado y menos reflectante a las radiaciones solares. Estos elementos compositivos del espacio exterior contribuyen a la refrigeración y aumento de humedad de dichos espacios a partir de la evapo-transpiración de los vegetales y las superficies de agua.

En la asociación de estrategias bioclimáticas, se considera el efecto combinado de 3 estrategias:

- ventilación
- alta inercia térmica
- refrigeración evaporativa

Considerando el efecto combinado, la refrigeración evaporativa asociada a la ventilación y a la inercia térmica contribuye sobretodo a la mejora de las condiciones de confort en los meses cálido-secos. Y es conveniente en ambientes internos y externos.

Los estudios de disminución de horas de discomfort, realizados en los casos con el auxilio del AnalisisBio Program, apuntan que la inercia térmica asociada a la ventilación y a la refrigeración evaporativa es la estrategia más recomendada en el mes de septiembre. Siendo capaz de suprimir un 100% de las horas de discomfort en cada uno de estos ambientes en este mes (Consultar Tab. 16). Las simulaciones realizadas con el EnergyPlus Program y las mediciones termo-higrométricas confirman estos resultados.

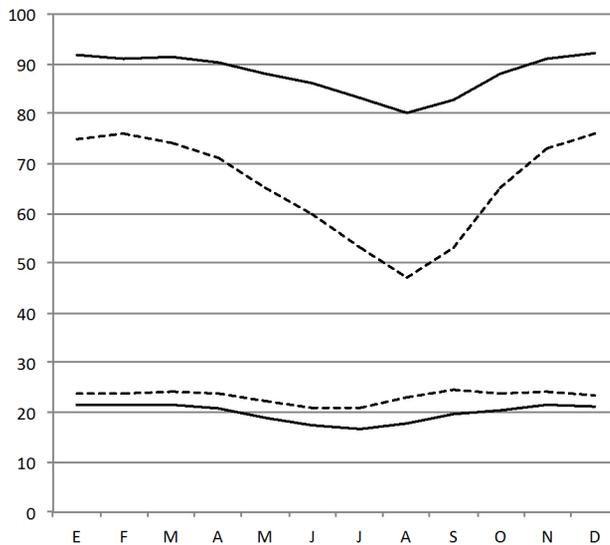
Considerando el efecto aislado de la refrigeración evaporativa, se puede notar que dicha estrategia puede ser responsable por el efecto combinado de una disminución de temperaturas de bulbo seco y de la elevación de la humedad relativa del aire.

Investigaciones realizadas bajo la dirección del autor de la Tesis<sup>207</sup>, presentan el potencial del uso de la refrigeración evaporativa frente a las demás estrategias bioclimáticas. Los estudios han sido realizados utilizando datos meteorológicos de la ciudad de Goiânia obtenidos en las Normales Climatológicas de 1930-1960 del Instituto Nacional de Meteorología – INMET, y los softwares de simulación desarrollados por Maurício Roriz en 2006:

- Architectural Bioclimatic Classification, para la generación de las cartas bioclimáticas basadas en el modelo de Givoni;
- Psicrom, para la simulación del efecto aislado de la aplicación de la refrigeración evaporativa en espacios abiertos, considerando una eficiencia de 70%.

Los resultados anuales, conforme la Tab. 15, apuntan para una reducción de un 14% de la temperatura seca del aire (3,2°C) y una elevación de 34% de la humedad relativa del aire (22,5%). Siendo más eficiente en el mes de septiembre, con una reducción de 23% en la temperatura seca del aire (5,24°C) y en agosto, con un aumento de 70% en la humedad relativa del aire (33,1%).

EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LA REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA EN ESPACIOS ABIERTOS



TBS (°C)	
ANTES	23,8 23,8 24,0 23,6 22,2 20,9 20,9 23,0 24,5 23,6 24,1 23,5 <b>23,2</b>
DESPUÉS	21,5 21,6 21,6 20,9 19,0 17,3 16,6 17,8 19,8 20,3 21,6 21,3 <b>20,0</b>

TBS (°C)	
ANTES	75,0 76,0 74,0 71,0 65,0 60,0 53,0 47,0 53,0 65,0 73,0 76,0 <b>65,7</b>
DESPUÉS	91,7 91,1 91,4 90,2 87,9 85,9 82,9 80,1 82,8 87,9 91,0 92,1 <b>88,2</b>

Tab. 15 – Efectos de la aplicación de la Refrigeración Evaporativa en espacios abiertos

Estos efectos son responsables por un potencial de reducción de hasta 88% en la demanda de ventilación y hasta 97% de la demanda de uso de estrategias asociadas.

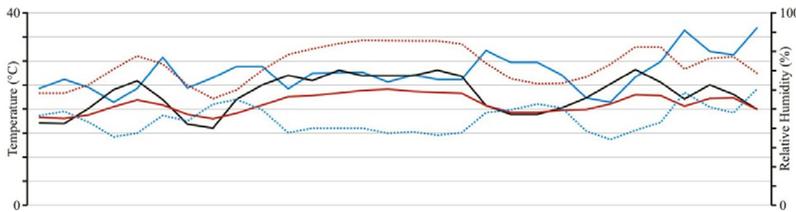
La relación entre la presencia de humedad y la temperatura del aire en los espacios de estar de los casos provee datos que explican parte de estos resultados.

Comparando los casos A y B, se puede encontrar diferencias de más de 5°C entre los salones de estar y la temperatura instantánea exterior, conforme la Tab. 16. Este número reduce a 2°C cuando analizados datos promedios.

		JUN		SEP		DIC	
		T (°C)	HR (%)	T	HR	T	HR
AS x BS	MAX	-0,6	1,5	-1,8	5,7	-0,8	4,4
	MED	<b>-1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>-2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>-0,8</b>	<b>4,4</b>
	MIN	-0,9	1,8	-2,2	1,3	-0,6	3,5
	Δ MED	0,3	-0,3	0,4	4,4	-0,2	0,9

453

El caso A presenta curvas de oscilación térmica caracterizadas sobretodo por la reducción de picos, mientras el caso B presenta datos interiores siempre superiores al exterior, conforme la Fig. 113.



Tab. 16 – Comparación entre salones (mediciones (Caso A: línea continua. Caso B: línea punto. Negro: temperaturas exteriores. Rojo: temperatura interior. Azul: humedad relativa interior)

Fig. 113 – Variaciones térmicas en Septiembre comparando el salón de los dos casos)

El caso A, que posee un salón con aberturas hacia un entorno controlado (desde el punto de vista de la aplicación de

estrategias con alta refrigeración evaporativa), presenta resultados convergentes a los concluidos en la investigación citada.

El caso B, que posee un salón con aberturas hacia un entorno no controlado (orientación solar desfavorable y baja aplicación de soluciones arquitectónicas con buena refrigeración evaporativa), también presenta resultados convergentes a los concluidos en la investigación citada, donde los estados de temperatura y humedad relativa del aire no favorecen el aumento del confort interior.

## REFERENCIAS

203. ALBANO, L.; MACEDO, T. L.; REZENDE, C. P.; CAPPELLESSO, B. R.. **As tranformações do microclima da praça cívica da cidade de Goiânia ao longo do tempo.** Trabajo tutelado de la asignatura de tecnología de la Arquitectura. Escuela de Artes y Arquitectura. Pontificia Universidad Católica de Goiás. Goiânia, 2012.
204. GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines.** Energy and Building, vol.18, july/92.
205. GÓMEZ-AZPEITIA, G.; MORALES, G.B.; TORRES, R. P. R.. **El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados.** Revista de investigación científica en arquitectura Palapa. vol. 2, número 001. Universidad de Colima, Mexico. Enero-Junio 2007. ISSN 1780-7483. pp. 45-57.
206. REZENDE, M. B. de. **Arquiteto-Artista-Arquiteto – Elder Rocha Lima.** Trabajo académico. Vol. I. Pontificia Universidad Católica de Goiás. Goiânia, 2002.
207. ALBANO, L.; ARAÚJO, A. C. R.. **Resfriamento evaporativo por microaspersores de água na cidade de Goiânia.** Trabajo tutelado de la asignatura de tecnología de la Arquitectura. Escuela de Artes y Arquitectura. Pontificia Universidad Católica de Goiás. Goiânia, 2014.

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t}{24}$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \sum_{h=1}^{24} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i > T_e$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$\sum_{h=1}^{24} (T_{e_h} - T_i) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$



referencias a las distintas escalas a lo  
 de las dimensiones urbanas / arquite  
 como en la capital del Estado de Goiás  
 En un proceso de independencia es  
 mentos arquitectónicos son transfor  
 través de concentrándose e  
 Este modo de texto no  
 referencias a las distin  
 de las dimensiones ur  
 En un proceso de t  
 mentos arquitectónic  
 con  
 este mo  
 este m  
 referen  
 GD  
 mentos  
 En  
 mento  
 Atendiend  
 conce  
 este mod  
 referencia  
 de las dim  
 En un

## 7 . REFLEXIONES ENTRE AMBIENTE Y CRÍTICA

Se trata de una reflexión realizada a partir de la síntesis de los aspectos compositivos y ambientales de la arquitectura moderna de viviendas pasivas construidas en las décadas de 50 y 60 del siglo XX en la ciudad de Goiânia. Permeando relaciones dialécticas presentes en el Movimiento, a fin de

dar luz a la problemática de las transformaciones y trascendencias propias a esta producción arquitectónica.

Leer la arquitectura a partir de sus relaciones favorece el entendimiento sobre sus elementos constitutivos y sus estados frente al tiempo y al espacio. De este modo, la contradicción, la inconsciencia y la limitación coexisten junto a la sensibilidad, la intencionalidad y la postura arquitectónica de la época.

**Talis est vita. Ars imitatur vitae.**

La vida es un todo de relaciones. Las complejidades de la existencia humana pasan por las relaciones que se establecen entre cada uno de sus componentes que es más importante que los propios componentes, tal y como en un romance, más importante es el amor que los amantes.

Las reflexiones construidas a través de las relaciones entre el ambiente y la crítica, no dejan de ser una relectura contemporánea de la realidad moderna, realizada a través del estudio de la compleja estructura que se establece a partir de las relaciones que se dan entre los elementos que la compone.

Se trata de la relación entre aquello que somos, pensamos, sentimos, creemos y aquello que producimos como arquitectura. Se trata de la relación entre un objeto y su entorno a través de la perspectiva del ambiente y consecuentemente energética. Dos dimensiones de la relación. La primera como mirada hacia las primicias de todo y la segunda hacia el producto que es generado.

459

Como resultante de las dos, está una tercera relación, inherente al ambiente arquitectónico dentro de un contexto de transcendencias e invariancias: los elementos arquitectónicos, las energías naturales y los principios. Este abordaje tríplice está presente en cada uno de los momentos del estudio, entendido respectivamente como:

- Elementalidades, transcendencias, inconstancias y equilibrios
- Ambiente Arquitectónico: concepto, método, resultados y discusiones
- Ambiente y crítica

Las experiencias de identificación con el lugar y las relaciones que se establecen entre distintas escalas del territorio, la confluencia de los campos de la composición arquitectónica y del ambiente construido. Bien como, las ideas de transcendencia y transformación. Establecen la relación entre invariantes

e inconstancias, a partir de la apropiación de los conceptos de elementalidad y equilibrio.

Invariancias, elementalidades, inconstancias y equilibrio son cuatro claves del entendimiento conceptual de la relación que subsiste en medio a las transcendencias y transformaciones ocurridas en la arquitectura moderna, desde la pre-modernidad hasta su difusión en sitios particulares como la ciudad de Goiânia, ubicada en el interior continental de Brasil. Caracterizada por cierta contradicción, inconsciencia y limitación, que coexisten junto a la sensibilidad, la intencionalidad y la postura arquitectónica de la época.

Los aspectos compositivos y térmicos del edificio, como el diseño de la totalidad arquitectónica y de sus componentes y elementos pueden ser medios en la búsqueda por rescatar y valorar sobretodo nuestra propia autenticidad, presente en el carácter regional de la arquitectura, en la búsqueda por la innovación a través de una continua revisión crítica de lo que es producido, en las respuestas al clima y al entorno ambiental, así como en la coherencia y la verdad de las cosas como principio sostenible.

Pensar nuestra existencia y nuestro mundo es un reflejo inmediato del estudio realizado, pues por detrás de la arquitectura (o inherente a ella misma) lo que se busca es la ordenación de la existencia humana a través del espacio, de la materia, de la energía y de la información.

## 7.1 LA CRÍTICA DEL AMBIENTE

Las transformaciones arquitectónicas realizadas a lo largo del tiempo tienen una relación directa con sus trascendencias y posturas, y pueden ser interpretadas desde el punto de vista de la fuerza del lugar.

Las continuidades y discontinuidades con ideas, conceptos, visiones, entendimientos y pensamientos siempre pueden influir en los procesos de evolución y metamorfosis de la arquitectura, siempre y cuando hay coherencia en ella, aunque inconsciente.

El Movimiento Moderno en Goiânia es capaz de trascender barreras culturales de habitantes que hasta entonces convivían con una cierta arquitectura eclética. Los ideales modernos que han inspirado la ocupación del territorio, la creación de la capital y muchos de sus edificios, han colaborado a la importación del lenguaje. Pero es cierto que tal importación no se da de Europa a Goiânia. Esta es una ciudad que no tiene relaciones directas con el mundo extranjero de modo que lo hace a través de otras ciudades/territorios que sí tienen contactos más estrechos con Europa.

461

El hecho de hacer enlaces indirectos propicia la creación de una arquitectura que no solamente no bebe de la fuente como Rio de Janeiro o São Paulo, sino que se da de modo controlado a través de la lectura limitada de arquitecturas ya revistas por los que de hecho tienen contacto con lo que viene a ser la inspiración moderna o el rumbo para las próximas generaciones de arquitectos.

De esta forma, la arquitectura de la cuarta generación de Goiânia lleva inserida los preceptos brasileños de una arquitectura revisada por la Escuela Carioca y las demás que surgen y se consolidan en el territorio nacional. También por eso, cabe el cuidado con superficialidades o la reducción del grado de crítica en el pensar arquitectónico.

Así, se supone un cierto riesgo hacia discontinuidades con el Movimiento aunque la fuente del trabajo se realice desde arquitecturas que participan del ideal de revisión crítica continua. Pues, se establece una línea tenue entre continuidades y discontinuidades a partir de la influencia indirecta de conceptos modernos que, por un lado, ofrece unas pautas concretas de cómo hacer arquitectura y por otro, no se permite la total realización de las mismas, una vez que se trata de una generación aislada y con menos contacto con las primicias del todo.

Tal división tenue caracteriza esta arquitectura que busca ser “nueva” pero se encuentra con un entorno fuertemente asegurado por fuerzas locales. La cultura del vivir del pueblo no deja abertura a que la “nueva arquitectura” intente sobresalir o al menos consolidarse, marcando de modo más perceptible los sectores funcionales de las viviendas, relacionados al servicio. Transformaciones se dan por motivos culturales como la existencia de edículos, la presencia de trabajadores en casa, la propia cocina o baño como propios del sector de servicios. Y en consecuencia de ello, las edificaciones toman forma marcando la jerarquía entre edificios y clases sociales, así como segmenta y estructura el espacio de modo a segregar funciones.

Quizás la fuerza del lugar no sea capaz de cambiar una postura arquitectónica pero sí es capaz de cambiar el producto arquitectónico haciéndolo contradictorio e incoherente con la postura. Ideas importadas o impuestas no encuentran éxito en un lugar que no las acepta. El resultante de todo el proceso pasa por la aceptación de aquel que es visto como agente pasivo y débil. El lugar no es un depósito de aquello que pensamos. Tiene voluntad propia y debe ser respetado.

La arquitectura moderna en Goiânia comprueba la importancia de la vivienda como lugar de experimento moderno. La cantidad de viviendas modernas construidas en este período denota que uno de los medios más importantes en la difusión y experimentación del lenguaje ha sido la vivienda unifamiliar. A través de los estudios realizados en las viviendas unifamiliares,

se puede decir que hay respeto por el lugar en el sentido de que se identifican vestigios arquitectónicos de la cultura del vivir local.

La transición hacia el lenguaje moderno o su inserción condicionada a los patrones locales evidencia la presencia de vestigios tradicionales que permanecen con el tiempo, al paso que transmite señales de invariantes modernos absorbidos por generaciones de arquitectos y difundidos por territorios lejanos.

No se puede asegurar la consciencia de los autores y su grado de involucramiento en estas cuestiones. Tampoco precisar si el resultado proviene de una postura crítica determinante o si se trata simplemente de la no posibilidad de incorporación de los elementos modernos frente a la resistencia de lo tradicional. Lo cierto es que se nota una cierta sensibilidad hacia los temas ambientales relacionados a la arquitectura. Una relación limitada y por veces contradictoria. Pero aún así caracterizada por un intento y una búsqueda por lo moderno de un modo razonable. No a todo coste. Sino hasta donde era viable y oportuno.

463

La sensibilidad ambiental de los arquitectos se refleja en el desempeño ambiental de sus obras, de modo que el problema del desempeño ambiental está relacionado a la postura arquitectónica de los mismos. Así, la crítica ejerce un papel importante en la formación del ambiente a través de la formación de opinión y consciencia de los agentes decisórios del proceso.

El papel de la crítica no es tanto en referirse genéricamente a la relación de la obra con la naturaleza o específicamente cuanto a reducciones o incrementos de aspectos ambientales como ventilaciones y sombreamientos. Hay que tener en cuenta la necesidad de una comprensión integrada entre la estrategia bioclimática y el concepto arquitectónico empleado, sabiendo leer la arquitectura desde lo ambiental y vice-versa.

Más importante que saber si hay más o menos ventilación en un determinado ambiente es comprender el concepto del abierto/cerrado, integrado/aislado, los contrastes, las transi-

ciones, las relaciones, etc. Conceptos que están presentes en la arquitectura pero que van más allá de lo físico y tangible. Y a la vez representan el pensamiento en la materialización, lo idealizado en la realización. Hacen parte de un mundo inmaterial filosófico del hombre que piensa, siente, vive y cree.

## 7.2 EL AMBIENTE DE LA CRÍTICA

Aunque los métodos de análisis de desempeño térmico consideran los elementos físicos como partes analizables del edificio. Así como Le Corbusier ha descrito la arquitectura a partir de elementos constructivos en *les 5 points d'une architecture nouvelle* (1926) y Rossi, en los años 60, ha considerado la posibilidad de identificar elementos arquitectónicos a partir de su grado de irreductibilidad. Partiendo del concepto aplicado por Norbergh-Schulz, donde el objeto arquitectónico puede ser fragmentado a partir del concepto de espacio, masa y superficie. Las relaciones entre inconstancias y equilibrios, bien como, elementalidades e invariancias pueden ser elucidadas a través de grados de concentración (carácter de figura) y aislamiento existentes en los objetos arquitectónicos analizados, pudiendo influir en las inconstancias, equilibrios e invariancias del ambiente.

465

El grado de aislamiento confiere la diferenciación entre las realidades térmicas espaciales, al modo que el grado de concentración define elementos arquitectónicos intervinientes en el ambiente. Siendo que la superficie separadora de dichos elementos-espacio y elementos-masa actúa como límite entre ambos. Un bajo grado de aislamiento confiere la conexión inter-espacial pronunciada por Le Corbusier como el plano libre. Al paso que la diferenciación del grado de concentración implica en la constitución de los elementos-masa, como la fachada-libre.

Así, la relación con el exterior, las definiciones de forma y piel, bien como, la ordenación y compartimentación del interior, también pueden ser entendidas a partir de esta analogía con la composición arquitectónica.

Grados de aislamiento y concentración pueden servir de luz a las relaciones entre materia y energía, definiendo elementalidades y participando de decisiones que pueden influenciar

el modo como los edificios se comportan frente a las realidades térmicas de un entorno.

Haciendo referencia a algunos elementos que se destacan, dados dichos grados de aislamiento y concentración presentes tanto en la arquitectura tradicional brasileña como en las estrategias bioclimáticas empleadas y de referencia para el clima en cuestión, se puede destacar el pilotis, la cubiertas-jardín, la planta libre, la fachada libre y la ventana-fita.

En términos de conducción de calor, el contacto con el suelo propicia al edificio una inercia térmica similar a su masa interna, pero con un retraso térmico muy superior al realizable por los cerramientos y cobertura ordinarios, siendo del orden de magnitud de 24h para elementos constructivos en contacto con el suelo. Busch (1996) revela que las fluctuaciones diurnas de la temperatura del suelo en relación a la temperatura del aire exterior están confinadas hasta 55cm de profundidad. De modo similar, oscilaciones anuales no penetran capas más profundas que el doble de esta, algo sobre 104cm. Debajo de esta porción, las capas se mantienen constantes durante todo el año. Así como Shipp apud Busch (1982) afirma que la estabilidad térmica del suelo puede contribuir para la eficiencia energética de los edificios, Bligh & Knoth apud Busch (1983) afirman que las cargas térmicas de refrigeración y calefacción del edificio pueden ser reducidas substancialmente con el empleo de paredes parcialmente soterradas ya que se reduce el gradiente térmico entre el interior y el exterior.

La transcendencia de invariantes en la arquitectura moderna en Goiânia reintegra haciendo una re-lectura del elemento de sombreado tradicional, el porche. El pilotes pasa a ser un elemento plural que contribuye al aumento de zonas ventiladas y protegidas de la radiación solar pudiendo compensar los incrementos en los picos de temperatura debido a la falta de intercambio térmico con el suelo.

La reducción del contacto con el suelo al mismo tiempo que disminuye la inercia térmica de la edificación y por tanto,

su capacidad de equilibrar energías, aumenta la superficie de piel y así, su capacidad de intercambiar energías con el exterior. Uno de los elementos identificables en la lectura de la relación entre energía y materia dada a partir de los elementos intervinientes en los mecanismos de intercambio térmico es la definición de cuerpo, muchas veces entendido como superficie. El elemento-superficie viene a ser uno de los más importantes en la configuración del desempeño térmico de un objeto arquitectónico, presente en los dos grandes tipos de transferencia térmica en una edificación: por radiación y por conducción.

El aumento de la superficie de piel, recomendable a climas cálidos-húmedos, está asociado a la ventilación como una contribución indirecta del uso del pilotes. Pero sobretodo, se relaciona con el lenguaje moderno. Este trabaja la composición volumétrica de todo el edificio en lugar de dar importancia solamente a la fachada principal, creando múltiples fachadas, lo que favorece el estudio de las diferentes es del edificio en lugar de lo que se llama 'orientación solar predominante'.

Por aumentar la superficie de intercambio térmico con el exterior y favorecer la ventilación, el uso del pilotes es favorable en climas cálidos y, sobretodo, húmedos.

La utilización de cubiertas-jardín siempre va a influir positivamente en el clima interior de las edificaciones, sobretodo las con bajo coeficiente de compacidad y bajo coeficiente de esbeltez, características propias de viviendas unifamiliares, donde la relación entre la altura del edificio, su superficie de ocupación y el volumen que tiene contribuye al aumento de las superficies de cubiertas y potencializa su intervención en el volumen edificado.

Por otro lado, se trata de una solución contradictoria una vez que su inercia térmica es más recomendable en la estación seca, justamente cuando la cubierta influye menos en el desempeño térmico del edificio por recibir menos insolación frente a los cerramientos verticales. En tercer lugar, para el clima de Goiânia, es más recomendable cubiertas ligeras y ais-

lantes que cubiertas pesadas e inertes. Y en último lugar y no menos importante, se destaca el beneficio del uso de esta estrategia para la reducción de las temperaturas superficiales de la cubierta, reduciendo las ganancias de calor por radiación y favoreciendo la disminución de la temperatura del aire a través de la convección.

En otras palabras, las cubiertas-jardín siempre van a influir positivamente en el clima interior de las edificaciones sobretudo en la reducción de la temperatura superficial de la cubierta pero su principal potencial viene a ser el incremento de inercia térmica, más recomendada en las paredes que en las cubiertas. Es recomendable en climas cálidos y secos.

El concepto de espacio advenido del entendimiento arquitectónico del “vacío matérico” pone en evidencia la presencia de la energía y por tanto, pueden ser relacionados. La relación de ambos conceptos, espacio y energía, puede generar un fuerte elemento compositivo de extremada importancia en la composición arquitectónica de dichas edificaciones.

468

Desde este punto de vista, la planta libre representa un modo de articulación de la compartimentación interior basada en relación conceptual entre el espacio y la energía, donde la materia queda en segundo plano. Tal baja compartimentación interior representa un riesgo de reducción de inercia térmica interior apropiada en climas secos. Tiene menos intervención en el clima interior en edificios poco profundos y con alto factor de forma.

En edificaciones donde el factor de forma y la distribución interna no permiten con que hayan espacios interiores completamente aislados del exterior, los ambientes interiores son más susceptibles a las inconstancias térmicas exteriores que interiores. Por consiguiente, la planta libre produce menos efecto a la calidad ambiental de un espacio interior que la relación que tiene este mismo espacio con el exterior. Aunque la fluidez del espacio no significa distribución uniforme de energías una vez que las zonas perimetrales siempre recibirán más influencia

del exterior.

De este modo, el factor de forma puede disminuir la importancia de la compartimentación del interior en la formación de su clima. Donde, cuanto más alto el factor de forma, más importante será la intervención de las inconstancias exteriores en el clima interior y más baja será la intervención de la planta libre en el clima interior.

Dado que en edificaciones con alto factor de forma, la piel asume un papel más importante en la formación del clima interior, la fachada libre puede ser un importante elemento en el diseño de edificaciones pasivas.

La ventana-fita es más apropiada para climas cálidos pues las aberturas altas y horizontales propician la ventilación con el intuito de reducir los corto-circuitos de aire expulsando el calor que se acumula en las partes más altas del ambiente.

En las edificaciones estudiadas estos elementos aparecen como invariantes arquitectónicos que trascienden del clima y del lugar pero el análisis de su intervinencia en el clima interior pasa por el estudio de las variables arquitectónicas, básicamente geométricas, que intervienen en el desempeño térmico de edificaciones como: superficies, volúmenes, espesores y posiciones entre aberturas. Es cierto que estudios que se limitan a analizar dichas variables pueden sacar buenas conclusiones respecto su estado térmico. No obstante, necesitan ser relacionados con las características climáticas del lugar donde se ubican, una vez que deben partir de la relación entre edificio y el lugar.

### 7.2.1 Variables ambientales y estrategias bioclimáticas Comprendemos más el fuego que el agua.

Desde las civilizaciones históricas, por más importante que el agua haya sido considerado por ser esencial a la vida, nunca ha sido adorado como un dios. Por lo contrario, la divinidad del Sol siempre ha estado presente en la historia de las civilizaciones marcando su protagonismo frente a los océanos, mares y ríos.

En paralelo, diseñamos edificaciones más pensadas a acondicionar temperaturas que humedades. Tenemos una visión más clara de lo que viene a ser la temperatura que la presencia del vapor de agua en el aire. Crecemos acostumbrados a que nos mida la temperatura para saber si estamos enfermos pero casi nadie ha podido tener la experiencia de, cuando niño, haber visto o utilizado un higrómetro. Somos más sensibles al calor y percibimos menos la humedad relativa del aire. Es común escuchar expresiones relacionadas al calor pero es poco común escuchar algo relacionado a la humedad. Comentarios sobre si hace frío o calor son muy comunes. Al paso que la humedad relativa solo es notada cuando llegamos a extremos anuales.

El clima de Goiânia confiere a las inconstantes térmicas un orden de relevancia distinto según la época del año. Así como la temperatura del aire y la humedad relativa oscilan a lo largo del año, sus grados de intervención en el desempeño térmico del edificio varían conforme la estación.

En verano, clima cálido y húmedo, cuando tenemos temperaturas medianas y humedad relativa alta, la humedad será el principal factor térmico interviniente en el clima interior de los edificios.

En primavera, clima cálido y seco, cuando tenemos altas temperaturas y baja humedad relativa, la temperatura del aire pasará a ser el factor térmico de más importancia en la composición del clima interior. Siendo que la humedad solo pasará

a ser el enfoque de las atenciones cuando alcanzar sus valores mínimos, debido a las consecuencias que puede generar en la salud de las personas.

En invierno, clima frío y seco, cuando tenemos bajas temperaturas y baja humedad relativa, aunque la temperatura del aire es el factor térmico de más importancia en la creación del clima interior, el incremento de la humedad relativa bastará para corregir las oscilaciones térmicas del exterior, garantizando un clima interior confortable durante toda la estación.

**En climas mixtos, caracterizados por diferentes variaciones de temperatura del aire y humedad relativa a lo largo del año, tales inconstantes térmicos deben ser tratados de modo independiente y con prioridades distintas conforme la estación. Ni el calor ni el vapor de agua presentes en el aire serán la variable más importante durante todo el año. El resultado térmico será definido a partir de la relación entre ambas variables y la importancia de cada una dependerá de la estación en la que se trata.**

471

**La problemática termo-higrométrica se extiende a los modelos de predicción de confort. Modelos que no lleven en cuenta los efectos combinados de la humedad relativa y la temperatura del aire tienden a ser inválidos demostrando unos resultados equivocados que minimizan las necesidades energéticas de las edificaciones.**

De este modo, aunque los modelos de Humphrey y Nicol sean oportunos por considerar el efecto de las oscilaciones climáticas exteriores en la creación del confort interior, no son adecuados a climas mixtos por consideraren solamente la temperatura del aire como factor interviniente en el confort térmico.

Al contrario, los modelos de predicción de Givoni resultan ser más adecuados por considerar ambas variables, demostrando más necesidades de confort y diferenciándolas en cada estación específica.

## **Modelos de predicción de confort que no lleven en consideración el efecto combinado de la temperatura del aire y de la humedad relativa no son apropiados para climas mixtos.**

“el tópico de que rechazaban la naturaleza a favor del mundo de la máquina es falso (...) pensaron unas nuevas formas abiertas e independientes para poder integrar la naturaleza, para que el verde no quedase segregado, sino integrado”. (MONTANER, 2008)

Si, por un lado, la arquitectura moderna no rechazaba la naturaleza, por otro, tampoco estaba bien integrada a la misma como se dice.

La integración de la arquitectura a la naturaleza no se limita a la cercanía o contacto físico a partir de la abertura de los espacios conectores hacia el exterior o la presencia de elementos naturales en el entorno cercano a las edificaciones. El tópico de que la arquitectura moderna brasileña estaba integrada a la naturaleza, tal y como vemos a través de las obras de Burle Marx o arquitectos como Oscar Niemeyer en la Casa das Canoas, no puede ser analizada a partir de relaciones físicas como las nombradas. La relación entre la arquitectura y la naturaleza debe pasar a través del aprovechamiento de las energías naturales y los efectos microclimáticos generados en los edificios.

**Cuando tenemos un exceso de humedad y no tanto de temperatura del aire, los ambientes que están en contacto directo con espacios exteriores que producen humedad están en peores condiciones.**

La creación de microclimas en el entorno de edificaciones puede favorecer a la minimización de los requerimientos energéticos de las mismas, siempre y cuando sean capaces de actuar de modo opuesto al clima exterior y con similar varia-

bilidad. De este modo, entornos flexibles son más eficientes en climas mixtos que aquellos que producen un determinado clima durante todo el año.

**La integración de la naturaleza con la arquitectura en climas mixtos, pasa por la constitución de entornos flexibles, capaces de generar confort durante todo el año.**

Las estrategias de acondicionamiento pasivo empleadas en el entorno cercano en el período moderno destacado en Goiânia se centraban en la utilización del resfriamiento evaporativo para la reducción de las temperaturas, no estando relacionado directamente con la problemática de la humedad, sobretodo en verano. Portanto, no propiciaban confort en el período húmedo del año cuando se requieren entornos capaces de favorecer la ventilación y no su humidificación.

Aunque el resfriamiento evaporativo lleve en su nombre la tónica de bajar temperaturas, no debe ser pensado para actuar solamente sobre la temperatura del aire sino con especial interés en la humedad relativa del mismo. Entornos con baja humedad son más favorecidos con la aplicación de tal estrategia bioclimática, sobretodo cuando poseen bajas temperaturas. Entornos húmedos son menos favorecidos con la aplicación de tal estrategia por hacerse menos eficientes.

De este modo el resfriamiento evaporativo, desde el punto de vista de los resultados de confort a lo largo de períodos equivalentes a estaciones del año, no debe estar pensado para resfriar y tampoco para humidificar. Su eficiencia se da en la mejora de las condiciones de confort en los momentos de pico, tanto de temperatura del aire como de humedad relativa, sobretodo en el incremento de las mínimas y menos en la reducción de las máximas.

El caso de la conservación de las paredes externas con alta inercia térmica en las edificaciones modernas puede ser un vestigio de la arquitectura tradicional colonial antes presente en

muchas ciudades del interior del Estado de Goiás, así como, su antigua capital, hoy conocida por Ciudad de Goiás. Otro posible motivo puede venir simplemente de cuestiones constructivas dada la pequeña oferta de materiales en la época. Solamente en última instancia la inercia térmica habría sido pensada como estrategia de acondicionamiento pasivo, tal y como debería ser.

Dada la presencia de inercia térmica en estas edificaciones y su falta de éxito en diciembre, podemos concluir que **edificaciones con alta inercia térmica tienden a ser más eficientes en climas secos que en húmedos.**

“Colocar o suprimir pequeñas masas de agua en un lugar no tiene influencia en su inercia térmica o en la generación de brisas, ya que estos efectos sólo provienen de cantidades importantes. Donde sí pueden influir es en la humedad e indirectamente en la refrigeración por evaporación del agua. Estos efectos se pueden aprovechar en tiempo cálido y clima seco y pueden producir un efecto apreciable si el agua se sitúa en la dirección del viento dominante.” (SERRA, 2005)

474

Así como la presencia del agua, la inercia térmica es más favorable en climas cálidos y secos. Y tal y como se presenta en los métodos de cálculo, los sistemas de inercia, medidos en ( $J/^\circ C m^3$ ), se valoran considerando que se puede sumar el efecto de las diferentes masas que integran el conjunto, para dar el resultado final.

La cualidad de acumulación de calor de ambas estrategias, resfriamiento evaporativo e inercia térmica, hace con que usadas paralelamente se pierda un carácter fundamental en la adaptación climática de edificios: la complementariedad.

La complementariedad de las estrategias bioclimáticas es un principio básico que está presente en todas las acciones frente al clima y se desarrolla en el mismo sentido que la varia-

bilidad y flexibilidad de las soluciones arquitectónicas, mencionadas anteriormente.

**Si cuando tenemos un exceso de humedad y no tanto de temperatura del aire, los ambientes que están en contacto directo con espacios exteriores que producen humedad están en peores condiciones. Edificaciones caracterizadas por gran inercia térmica tienden a ser menos eficientes en entornos húmedos.**

La ventilación selectiva para climas cálidos consiste en realizar intercambios térmicos con el exterior en los períodos cuando la temperatura del aire exterior es inferior a la del aire interior, de modo a favorecer la reducción de las temperaturas de los espacios interiores, y vice-versa en los períodos fríos, siendo más eficiente cuanto más alta la amplitud térmica entre el interior y el exterior.

No obstante, se observa que cuando hay ventilación durante todo el período diurno y nocturno, la acción conjunta de la inercia térmica y de la ventilación hace con que las temperaturas interiores se reduzcan en el período posterior a los picos de temperatura del aire exterior, aunque las temperaturas exteriores sigan superiores a las interiores todavía. Las edificaciones son más sensibles al paso del aire en el momento en que sufren un proceso de retraso térmico, justo cuando se produciría el incremento de las temperaturas interiores.

475

## 7.2.2 Elementos arquitectónicos

El clima de las paredes está muy relacionado a los aspectos de la inercia térmica. Y también debe ser estudiada de modo independiente según cada clima entendiendo que: **los cerramientos exteriores y los interiores tienen distintas importancias en los climas fríos y en los cálidos.**

En climas cálidos, los cerramientos exteriores son más importantes que los interiores. Sirven como protección solar y como elementos de acumulación de calor. Pero no es en estos climas cuando los cerramientos son más importantes. En climas fríos y secos, los cerramientos, sobretodo los interiores, demuestran ser más importantes que en climas cálidos. En Goiânia, es en la estación fría cuando los cerramientos reciben más radiación solar y pasan a tener más intervención en el desempeño térmico de las edificaciones.

Por esta razón la estrategia de acondicionamiento pasivo de alta inercia térmica es la más recomendada para este período, siendo responsable por un 60% de los 38% de horas de discomfort en el clima exterior de la ciudad.

Los cerramientos interiores son más importantes en climas secos que en climas húmedos, cuando conviene reducir las amplitudes térmicas diarias. Las simulaciones realizadas con EnergyPlus revelan la importancia de los cerramientos interiores en septiembre como elemento que actúa de modo complementar al clima exterior.

El estudio de la interviniencia individual de los diferentes elementos arquitectónicos en la composición del clima interior es un punto clave para diseñarlos detalladamente.

Las características de acimut y declividad solar se relacionan directamente con la importancia de los elementos verticales u horizontales en la composición del clima interior. El ángulo de incidencia solar determina la importancia de la posición y orientación de cada elemento. Las características térmicas de los materiales agregan más complejidad al análisis.

Los estudios revelan la influencia opuesta de los elementos verticales frente a los horizontales. La curva de variación de temperatura de la losa de hormigón es muy similar a la del aire exterior, al paso que los cerramientos interiores actúan minimizando los requerimientos energéticos del edificio.

Considerando que siempre hay que proteger en las orientaciones este/oeste, se verifica la importancia del tratamiento

de las fachadas norte entre los meses de abril y septiembre (estación seca). Durante este período las fachadas norte/sur reciben más radiación solar que las fachadas este/oeste. Durante la estación seca, los elementos horizontales van disminuyendo su influencia sobre el clima interior al paso que los elementos verticales van aumentando su influencia.

Actuar conscientemente a favor de una integración climática significa dar la debida importancia a cada uno de estos elementos. En lugar de cubiertas ligeras y aisladas, la arquitectura moderna en Goiânia se ha dedicado a trabajar con cubiertas pesadas y poco aislantes. Ya en el caso de las paredes, sobretudo las exteriores, se ha dedicado a trabajar con paredes con alta inercia térmica, más importantes para la estación seca que para la estación húmeda, sobretudo en los meses con menos temperatura.

Haberse dedicado a trabajar con elementos arquitectónicos más pensados para el período con menor requerimiento térmico denota que la intención de su utilización no tiene origen en la problemática climática sino trae consigo un carácter por un lado formal y estético, y por otro, cultural.

477

**Las paredes exteriores con alta inercia térmica significan un vestigio arquitectónico que hace parte de un proceso filogenético de diferenciación, una herencia de los estilos arquitectónicos anteriores, sea de la arquitectura eclética usada anteriormente en Goiânia, o bien, de la arquitectura colonial usada anteriormente en las ciudades más antiguas del Estado, como su antigua capital, Ciudad de Goiás.**

En latitudes donde el plano horizontal recibe siempre más radiación solar que el plano vertical, hay que considerar con especial atención el papel de la cubierta en la composición del clima interior. Por esto, en latitudes como 16°, si las paredes juegan un papel importante en el desempeño térmico de las edificaciones, más importante todavía son las cubiertas.

**Las cubiertas planas, pesadas y poco aislantes, al contrario, denotan el gusto por el nuevo, la importación estética de elementos invariantes que trascienden de la arquitectura moderna ajena y son empleados directamente como parte de una concepción estética que garante al edificio un carácter formal propio del lenguaje moderno.**

El brise-soleil creado en 1934 por Le Corbusier es uno de los invariantes arquitectónicos más notables en la arquitectura moderna, siendo, por ejemplo, utilizado en gran escala en el edificio del Ministerio de Educación y Salud, en Rio de Janeiro, inaugurado en 1937.

Como notable invariante arquitectónico, es uno de los elementos que trascienden al clima y al lugar. Aunque los estudios de los ábacos estereográficos y el uso de la protección solar estuvieran en pleno desarrollo en la época a través de estudios realizados por arquitectos como Luis Nunes en Recife-PE. Su uso evidencia una cierta preocupación de los arquitectos por el carácter regional de la arquitectura, al mismo tiempo que comprueban los límites que tenían al utilizarlos.

Su utilización se concentra en el análisis superficial de la orientación de las fachadas, cuando se requiere un notable estudio de proyecciones de sombras para determinar su ubicación, dimensión, orientación, inclinación, posición, color, material, sistema de control, mantenimiento e instalación.

Al mismo tiempo que se han dedicado a diseñar formas que generaban sombras propias del edificio que contribuían a la protección de aberturas y a diseñar brises-soleils con un nivel de detalle que hoy por hoy hacen envidia si comparados con los utilizados actualmente en viviendas de su porte. Instalaban dichos brises en zonas sombreadas y carecían de instalarlos donde de verdad había necesidad.

Cuando se trata de protección solar, las celosías tienen más facilidad en alcanzar buenos resultados que los brises-soleils. Su utilización no requiere el estudio detallado de la geo-

metría solar que los brises-soleils necesitan para un empleo eficiente, una vez que lleva inherente elementos horizontales y verticales conectados entre si y con suficiente profundidad.

El carácter funcional de los espacios interviene decisivamente en el clima de los mismos no solamente a través de las aportaciones de calor sino que además alterando los perfiles de uso de equipamientos de control ambiental. Por ejemplo, en climas mixtos como el de Goiânia, las dos estrategias bioclimáticas más requeridas para edificaciones pasivas son la inercia térmica y la ventilación. En estos casos, la ventilación natural pasa a ser la estrategia bioclimática más dependiente del uso y ocupación del edificio una vez que la inercia térmica puede ser definida en el diseño del edificio menos propicia a intervenciones de carácter ocupacional.

Cuanto menor la relación entre la aportación energética interior proveniente de las personas y los equipamientos que utilicen y el volumen de aire interior, más alta será la importancia del diseño de la piel en la composición del clima interior.

Si analizamos nada más la variaciones de temperatura del aire, podemos decir que en edificaciones ubicadas en latitudes cercanas a la Línea del Ecuador, como el caso de Goiânia con cerca de 16 °S, los ambientes orientados a sur suelen tener mejores condiciones ambientales que los orientados a norte. El ábaco solar demuestra eso con facilidad a través de la cantidad de horas de insolación en cada una de las orientaciones, la alta declividad solar en verano que facilita la protección solar por medios de elementos horizontales, la disminución de la radiación incidente en planos horizontales en función del aumento de las precipitaciones y de la nebulosidad, la disminución del percentual de incidencia solar en los cerramientos exteriores con relación a las cubiertas, y consecuente reducción en las cargas energéticas provenientes de la acción solar sobre el edificio.

Contudo, al considerar las variaciones higo-térmicas, entendemos que la orientación solar no es un determinante am-

biental sino que es apenas uno de sus condicionantes. En función de nebulosidad, pluviosidad, insolación, etc... los índices de (realidad temperatura) pasan a ser considerados con cierta distinción.

En verano, aunque los espacios interiores estén orientados a sur, pueden tener peores condiciones ambientales que los orientados a norte siempre y cuando las condiciones exteriores relevantes no estén relacionadas directamente con los efectos de la temperatura de aire, sino, con la humedad relativa.

De este modo, la orientación solar es un importante condicionante ambiental en climas secos. Pero en climas húmedos, no debe ser considerada con demasiada importancia.

La fachada sur, dicha como la deseable durante todo el año, lo es solamente en la estación seca, sobretodo en los meses cálidos, situación existente en solamente 1 de los 3 climas típicos del año en Goiânia. En verano, aunque la insolación en la fachada sur no sea alta, la fachada preferible es la norte, ausente de insolación. Pero como en esta estación la variable ambiental más importante es la humedad relativa, la orientación solar no es tan importante como se dice. Esta oscilación entre las fachadas deseables y las diferentes condiciones de humedad relativa en cada estación favorece a que la orientación no sea el punto clave en la composición del clima interior, sobretodo en climas mixtos donde las exigencias ambientales en verano no suponen demasiada atención a la orientación.

Es incuestionable que la incidencia solar es la más importante acción de la naturaleza sobre el edificio pero tratar el tema desde este único punto de vista, como la orientación solar, significa demasiada reducción de una complejidad que no admite tamaña síntesis.

**En síntesis:**

- **La orientación sur no es la mejor opción durante todo el año. Es menos recomendable que la norte en el clima húmedo del verano. Muy recomendable en el clima cálido y seco de la primavera. E indiferente en el clima frío y seco del invierno, sobretodo si se puede compaginar la correcta actuación de estrategias bioclimáticas como la ventilación selectiva.**
- **La orientación solar de los edificios solo es importante cuando las temperaturas del aire también lo son. Cuando importa más las humedades, la orientación pierde su importancia.**
- **La orientación solar solo es fundamental cuando se trata de climas secos.**

### 7.3 AMBIENTE Y CRÍTICA

**La arquitectura moderna en Goiânia es caracterizada por la integración entre los invariantes arquitectónicos que trascienden climas y los vestigios arquitectónicos locales.**

Los aspectos más importantes cuanto a la intervención de los elementos arquitectónicos en el desempeño térmico de las edificaciones están relacionados a las soluciones de la piel e interior del edificio, siendo el primero, fundamental en verano, y el segundo más importante en invierno.

Entre los elementos arquitectónicos, tres componentes juegan con especial importancia: cubierta plana oculta, aberturas, cerramientos de alta inercia térmica, sobretodo exteriores, y materiales de construcción empleados.

Entre ellos, el diseño de la cubierta evidencia una postura acrítica de continuidad formal por parte de los arquitectos, al paso que los cerramientos exteriores y los materiales de construcción empleados se revelan como vestigios arquitectónicos propios del proceso filogenético de diferenciación que converge a la postura crítica de discontinuidad del Movimiento y rescate del carácter regional en la arquitectura. El tercer componente presenta la incertidumbre de las soluciones arquitectónicas, el límite de los conocimientos técnicos y una cierta inconsciencia en la actuación de los arquitectos frente a la realidad climática del lugar.

En suma, 4 elementos:

- cubiertas – postura acrítica
- cerramientos – postura crítica
- materiales constructivos – postura crítica
- aberturas – límites de los espacios interior y exterior

Cuanto a los invariantes modernos, se destacan cuatro: el brise-soleil, el pilotes, el plano libre y la fachada libre.

La relación de estos elementos con el desempeño térmico de las edificaciones no es directa como el diseño de elementos arquitectónicos, pero se expresan a través de ellos. De modo que, la ausencia o existencia de elementos modernos puede condicionar el clima interior pero no determinarlo.

Por un lado, el pilotes puede significar más superficie de piel y por tanto más intercambio con el exterior, así como el plano libre puede significar más intercambio entre los ambientes interiores y la fachada libre puede traer más facilidad de definición de una relación específica con el exterior.

Por otro, el pilotes puede desfavorecer el clima interior en invierno y favorecerlo en verano. El plano libre puede no intervenir tanto en el clima interior si se ha diseñado un edificio con alto factor de forma. Y la fachada libre puede no ser benéfica si las consideraciones cuanto a la insolación resultan ser equivocadas.

En suma, la relación indirecta de los invariantes arquitectónicos modernos que trascienden del clima y del lugar revelan un cierto 'grado de libertad' en la composición arquitectónica a partir de este lenguaje, confiriendo a cada obra la posibilidad de estar más o menos relacionada con el lugar, dando al arquitecto la responsabilidad por la decisión. De este modo, el lenguaje moderno expresado por la primera generación no debería resultar en las obras realizadas por la postura de continuidad formal donde el Estilo Internacional no ha dado la debida importancia al carácter regional. Esto quita la responsabilidad de la primera generación sobre los hechos de las demás, sea en una parte del mundo o en otra. Así, se puede afirmar que la relación entre el ambiente y la crítica (postura) es indirecta, una vez que pasa por el arquitecto.

**La clave hacia la valoración del carácter regional en la arquitectura pasa por la identificación con el lugar y es tema de resolución propia de cada arquitecto frente a cada problema, cada objeto y contexto, parte del conjunto de principios inviolables que identifica cada arquitecto individualmente y le agrupa en cierta postura.**



# CONSIDERACIONES FINALES

485

La Tesis parte de la premisa de desconstrucción del todo e individualización del elemento. Luego, trata de estudiar las posibles relaciones entre los distintos elementos y su contexto. Con base en el entendimiento de ambiente y arquitectura, propone un concepto y un procedimiento de análisis, demostrándolos a partir de sus aplicaciones en un

caso concreto. Por fin, realiza una reflexión sobre el concepto de Ambiente Arquitectónico y un objeto.

El análisis del objeto es realizado a partir de 7 estudios, ordenados dentro de una relación de escalas territoriales, en referencia a las trascendencias espaciales, partiendo de lo macro al micro, bien como, las 8 herramientas informáticas utilizadas de modo complementar. Contextualizado con la construcción del concepto de ambiente arquitectónico, ubicando el objeto en la confluencia con el campo de la composición arquitectónica. Nos permite comprender diversas realidades que van más allá del campo de la tecnología del ambiente construido.

Tal y como tenemos un modo particular de percibir diferentemente cada una de las variables climáticas, diferenciando nuestra percepción de la temperatura de la humedad del aire. También debemos tratar de modo independiente, complementar y con prioridades distintas, cada una de las estaciones y las propias variables climáticas. Una vez que están inseridas en un todo de relaciones inconstantes y en movimiento de equilibrio. La consideración particular de cada variable también va a influir en el proceso de análisis desde la elección del modelo de predicción de confort, que puede causar equivocaciones en los resultados.

El proceso de composición arquitectónica, a partir del entendimiento del concepto de ambiente arquitectónico, así como, las características climáticas del lugar, puede favorecer la composición de ambientes a partir de ideas generales como abierto/cerrado.

El entendimiento de las partes de la arquitectura a través de la óptica del ambiente, o bien, conocer como cada uno de los elementos compositivos actúa en la formación del clima interior o del microclima exterior, facilita el análisis cuanto al sentido de complementariedad que debe haber entre los dos. Tan importante como el empleo de los componentes, es la definición de los elementos que lo componen y la resolución del sistema. Dado que así como la realización de los 7 estudios, es

importante que para controlar el sistema, se controle sus elementos.

Los vestigios arquitectónicos están presentes en todo el tiempo y espacio ya que todo proceso tiene sus rupturas y fragmentaciones que permiten que señales sean conservadas en el proceso filogenético de diferenciación. Son las marcas de las transformaciones que ocurren en el proceso de transcendencia. Así como elementos ajenos pasan a hacer parte de la arquitectura a través de contextos ajenos a la propia arquitectura. Y en ese proceso, la postura del arquitecto puede ser causa y efecto a la vez del producto que el mismo concibe.

Futuras investigaciones pueden centrarse en la aplicación del concepto frente a contextos que varían conforme el tiempo y el espacio. El producto de la Tesis, por tanto, es aplicable como método a diferentes realidades, llevando consigo una verdad oculta:

**Promover reflexiones es promover cambios.  
Y a empezar por aquel que reflexiona.**

487

La Tesis trata de relaciones. Entre lo que se cambia y lo que no. Entre la arquitectura y el ambiente. Tras transcendencias de órdenes temporal y espacial.

De fondo, es una reflexión. Que pasa por las relaciones entre distintos órdenes de materia, energía, información y espacio, condicionados por la lectura del tiempo. Reflexionar sobre los cambios y las invariancias en el mundo de la arquitectura y del medioambiente. A lo largo del tiempo. Y en distintos lugares. A través de la transcendencia en el tiempo y en el espacio. Las inflexiones de la arquitectura frente a la variabilidad climática, ocurridas en la transcendencia tiempo-espacio. La cuestión del “nuevo” y su aplicación transcendente. La transcendencia como interviniente en la inconstancia. La inconstancia como condicionante a la arquitectura.

Por un lado está lo elemental, el elemento, lo invariable,

lo constante, la materia. Lo cierto y tangible. Por otro lado está la inconstancia, el dinamismo, la búsqueda por el equilibrio, la energía. Lo incierto e intangible. Lados que escriben una historia de transformaciones de la arquitectura. Mutaciones ocurridas tras transcendencias espacio-temporales.

La arquitectura como el arte científico y la ciencia artística de la ordenación de la existencia humana a través del espacio, que determina materias en función de energías y condiciona energías en función de materias. El ambiente como lugar donde energía y materia se interactúan. La crítica, el pensamiento, el entendimiento de las cosas y la manera de verlas como condicionante de este lugar y de dicha interacción.

El ambiente arquitectónico como concepto que no se desarrolla en base a la totalidad arquitectónica en el sentido de abarcar el máximo posible de temas a los que la arquitectura está relacionada. El concepto basado en las relaciones presentes entre el clima y el lenguaje arquitectónico, las características ambientales inherentes al modo de proyectar y hacer arquitectura. El modo como la arquitectura se adapta, se mezcla, se transforma, se cambia o se mantiene, se integra o contrasta a un determinado lugar y a lo largo del tiempo.

Un concepto que no trae, como fuerza interior el modo como transformaciones ocurren a lo largo del tiempo porque eso sería tema de la teoría e historia. Tampoco como la adaptación climática es solucionada en casos concretos porque este es tema poco novedoso. La lectura de la adaptación climática bajo el contexto de la transcendencia es lo que confiere al concepto de ambiente arquitectónico originalidad, sobretodo cuando es aplicado a un contexto poco estudiado como el de la producción arquitectónica ocurrida en lugares remotos, menos explotados por la academia científica. Lugares como los que solamente los originarios de los mismos demuestran tener más interés en conocer.

**En los rincones desconocidos se esconden preciosidades  
que nos ayudan a comprender el mundo que ya conocemos.**

**Ambiente y Crítica**

**El desconocido da luz al conocido.**

**Lo oscuro ilumina lo iluminado.**

**Sombras que iluminan.**

**Luces de las sombras.**

**Fuego que seca el agua.**

**Agua que ora sobra ora falta.**

**Arquitectura, elementalidad, invariancia.**

489

**Ambiente, inconstancia, equilibrio.**

**Crítica, postura, reflexión.**

**Invariantes que trascienden.**

**Transcendencias que transforman.**

**Ambiente arquitectónico que sintetiza...**

**... un todo de relaciones**

**Ambiente y Crítica.**

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t}{24}$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \sum_{h=1}^{24} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i > T_e$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t$$

$$Q_{\text{día}} = UA \times \int_{\text{día}} (T_i - T_e) \times \Delta_t \quad \text{si } T_i < T_e$$

$$GD_c = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{i_h} - T_e) \times \Delta_t}{24}$$



referencias a las distintas escalas a lo  
de las dimensiones urbanas / arquite  
como en la capital del Estado de Goiás  
En un proceso de independencia es  
mentos arquitectónicos son transfor  
través de concentrándose e  
Este modo de entender no  
referencias a las distin  
de las dimensiones ur  
En un proceso de t  
mentos arquitectónic  
Atend  
con  
CO  
este mo  
este m  
de las c  
referen  
GD  
de las u  
mentos  
En  
mento

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tese parte da premissa de desconstrução do todo e individualização do elemento. Logo, trata de estudar as possíveis relações entre os diferentes elementos e seu contexto. Com base no entendimento de ambiente e arquitetura, propõe um conceito e um procedimento de análise, demonstrando-o a partir de suas aplicações em um caso concreto.

Por fim, realiza uma reflexão sobre o conceito de Ambiente Arquitetônico e um objeto.

A análise do objeto es realizada a partir de 7 estudos, ordenados dentro de uma relação de escalas territoriais, em referência às transcendências espaciais, partindo do macro para o micro, bem como, as 8 ferramentas informáticas utilizadas de modo complementar. Contextualizada com a construção do conceito de ambiente arquitetônico, localizando o objeto na confluência com o campo da composição arquitetônica. Desta maneira, a análise nos permite compreender diversas realidades que vão além do campo da tecnologia do ambiente construído.

Da mesma forma como temos um modo particular de perceber diferentemente cada uma das variáveis climáticas, diferenciando nossa percepção da temperatura da umidade do ar, também devemos tratar de modo independente, complementar e com prioridades diferentes, cada uma das estações e as próprias variáveis climáticas, uma vez que as mesmas estão inseridas em um todo de relações inconstantes e em movimento de equilíbrio. A consideração particular de cada variável também influencia no processo de análise desde a escolha do modelo de predição de conforto, que pode causar equívocos nos resultados.

O processo de composição arquitetônica, a partir do entendimento do conceito de ambiente arquitetônico, assim como, as características climáticas do lugar, pode favorecer a composição de ambientes a partir de ideias gerais como aberto/ fechado.

O entendimento das partes da arquitetura através da ótica do ambiente, ou melhor, conhecer como cada um dos elementos compositivos atuam na formação do clima interior ou do microclima exterior, facilita a análise quanto ao sentido de complementariedade que deve existir entre os eles. Tão importante como o emprego dos componentes, é a definição dos elementos que o compõe e a resolução do sistema. Dado que assim como a realização dos 7 estudos, é importante que, para

controlar o sistema, se controle seus elementos.

Os vestígios arquitetônicos estão presentes em todo o tempo e espaço, já que há rupturas e fragmentações em todo processo, que permitem que sinais sejam conservados no processo filogenético de diferenciação. São as marcas das transformações que ocorrem no processo de transcendência. Bem como elementos alheios passam a fazer parte da arquitetura através de contextos alheios à própria arquitetura. E neste processo, a postura do arquiteto pode ser, ao mesmo tempo, causa e efeito do produto que o mesmo concebeu.

Futuras pesquisas podem concentrar-se na aplicação do conceito frente a contextos que variam conforme o tempo e o espaço. O produto da Tese, portanto, é aplicável como método em diferentes realidades, levando consigo uma verdade oculta:

**Promover reflexões é promover mudanças.**

**A começar por quem reflete sobre.**

A Tese trata de relações entre o que se modifica e o que não, entre a arquitetura e o ambiente, após transcendências de ordem temporal e espacial.

Como pano de fundo, não deixa de ser é uma reflexão. Que passa pelas relações entre diferentes ordens de matéria, energia, informação e espaço, condicionados pela leitura do tempo. Refletir sobre as mudanças e as invariâncias no mundo da arquitetura e do meio ambiente. Ao longo do tempo. E em diferentes lugares. Através da transcendência no tempo e no espaço. As inflexões da arquitetura frente à variabilidade climática, ocorridas na transcendência tempo-espaço. A questão do “novo” e sua aplicação transcendente. A transcendência como interveniente na inconstância. A inconstância como condicionante à arquitetura.

Por um lado está o elementar, o elemento, o invariável, o constante, a matéria. O certo e tangível. Por outro lado está a inconstância, o dinamismo, a busca pelo equilíbrio, a ener-

gia. O incerto e intangível. Lados que escrevem uma história de transformações da arquitetura. Mutações ocorridas após transcendências espaço-temporais.

A arquitetura como arte científica e a ciência artística da ordenação da existência humana através do espaço, que determina matérias em função de energias e condiciona energias em função de matérias. O ambiente como lugar onde energia e matéria se interagem. A crítica, o pensamento, o entendimento das coisas e a maneira de vê-las como condicionante deste lugar e desta interação.

O ambiente arquitetônico como conceito que não se desenvolve com base na totalidade arquitetônica, no sentido de abarcar o máximo possível de temas aos que a arquitetura está relacionada. O conceito baseado nas relações presentes entre o clima e a linguagem arquitetônica, as características ambientais inerentes ao modo de projetar e fazer arquitetura. O modo como a arquitetura se adapta, se mescla, se transforma, se modifica ou se mantém, se integra ou contrasta a um determinado lugar e ao longo do tempo.

Um conceito que não traz, como força interior, o modo como transformações ocorrem ao longo do tempo porque isso seria tema mais próprio da teoria e história da arquitetura. Tampouco como a adaptação climática é solucionada em casos concretos, porque este seria um tema pouco novo. A leitura da adaptação climática segundo o contexto da transcendência é o que confere ao conceito de ambiente arquitetônico, originalidade, sobretudo quando é aplicado a um contexto pouco estudado como o da produção arquitetônica ocorrida em lugares remotos, menos explorados pela academia científica. Lugares como os que somente os originários dos mesmos demonstram ter mais interesse em conhecer.

**Nos cantos desconhecidos se escondem preciosidades  
que nos ajudam a compreender o mundo que já conhecemos.**

**Ambiente e Crítica**

**O desconhecido da luz ao conhecido.**

**O obscuro ilumina o iluminado.**

**Sombras que iluminam.**

**Luzes das sombras.**

**Fogo que seca a água.**

**água que ora sobra ora falta.**

**Arquitetura, elementalidade, invariância.**

495

**Ambiente, inconstância, equilíbrio.**

**Crítica, postura, reflexão.**

**Invariantes que transcendem.**

**Transcendências que transformam.**

**Ambiente arquitetônico que sintetiza...**

**... um todo de relações**

**Ambiente e Crítica.**

## BIBLIOGRAFÍA

- ABNT NBR 15220. Desempenho térmico de edificações. ABNT/CB-02 Construção Civil. 2005.
- ALBANO, L.; ROMERO, M. A. B.; HERNANDEZ NETO, A.. The energy efficiency as an architecture principle product.. In: CLIMA 2013 - 11th REHVA World Congress and the 8th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings. Praga, República Checa: Society of Environment Engineering (STP), 2013. v. 1st Ed..
- ALBANO, L.; ROMERO, M. A. B.; HERNANDEZ NETO, A.. Thermal Performance of Modern Houses in Goiânia – Brazil. 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture - PLEA2012: Lima, 2012.
- ALLARD, F. Natural Ventilation of Buildings. London: James & James, 1998.
- AMORIM, Cláudia Naves David; BRAGA, Darja Kos Braga; ROMERO, Marta Adriana Bustos. Reabilitación ambiental sostenible arquitectónica y urbanística – Reabilita. Métodos e técnicas para conforto ambiental e reabilitação do espaço construído. Brasília: FAU-UnB, 2009.
- ASHRAE Research. ASHRAE Handbook. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.: SI Edition, 2005. ISBN 1-931862-71-0
- Ayuntamiento de Belo Horizonte. BH 100 anos. Uma lição de História. Disponible en: <http://portalpbh.pbh.gov.br> (Acceso en: feb.2013)
- Ayuntamiento de Palmas. Conheça Palmas. Disponible en: <http://portal.palmas.to.gov.br> (Acceso en: feb.2013)
- BANHAM, Reyner. Teoría y diseño en la primera era de la máquina. Barcelona, Buenos Aires, México: Ediciones Paidós Ibérica, 1985.
- BASTOS, R. A. Catedral gótica, estrutura e luz para a contemplação. Revista da Universidade Católica de Goiás. Série Estudos. V. 28 N. 1 p. 179-209. UCG: Goiânia, 2001.
- BATALLA, Enric & MITJA, Albert. Manual de Radiación Solar. Prensa XXI. Barcelona, 1982.
- BENOIT, Gerard. Le Corbusier, 1910-1934. Architecture Mouvement Continuité – AMC. Paris: Société Publi Régie, 1952.
- BRASIL, Luciana Tombi. David Libeskind – ensaio sobre as residências unifamiliares. São Paulo: Edusp, 2007.
- BRUAND, Yves. Arquitetura Contemporânea no Brasil. 3ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.
- BUTERA, Federico M. Da caverna à casa ecológica. História do conforto e da energia. Nova Técnica Editorial: São Paulo, 2009.
- CLEZAR, C. A.; NOGUEIRA, A. C. R.. Ventilação Industrial. Florianópolis

- lis: UFSC, 1999.
- COLIN, Silvio. Uma introdução à arquitetura. Rio de Janeiro, Uapê, 2000.
- COLQUHOUN, Allan. O conceito de regionalismo. In: Revista Projeto, n. 159, dez. 1992, 75-78. In KEIKO, Mirian & OLIVEIRA, Beatriz Santos. Por um regionalismo eco-eficiente: a obra de Severiano Mário Porto no Amazonas. Vitruvius. Arquitectos 047.04. Año 04, abr 2004.
- COSTA, Lucio. Muita Construção, Alguma Arquitetura e um milagre (1951). In COSTA, Lúcio. Sobre Arquitetura. Porto Alegre: Centro dos Estudantes Universitários de Arquitetura, 1962, p. 33. In ARRUDA, A. M. A popularização dos elementos da casa moderna em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Revista Vitruvius. Arquitectos 047.06. Año 04, abr 2004.
- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Batiment). Guide sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide – Methodologie de prise en compte des parametres climatiques dans l'habitat et conseils pratiques, vol.1. Paris: CSTB, 1992.
- DEMO, Pedro. Metodologia do conhecimento científico. 1ed. São Paulo: Altas, 2000.
- FLORENTZOU, F.; VAN DER MAAS, J.; ROULET, C. A.. Natural Ventilation for passive cooling: Measurements of discharge coefficients. Energy and Buildings, vol.27.
- FOURIER, J. B.. Analytiical Theory of Heat. Traducido por Alexander Freeman, M. A.. London: Cambridge University Press, 1878.
- FOURIER, J. B.. Théorie analytique de la chaleur. Paris: Chez Firmin Didot, 1822.
- FRAMPTON, Kenneth. História crítica da arquitetura moderna. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- FRAMPTON, Kenneth. Towards a Critical Regionalism: Six Points for an Architecture of Resistance. Perspecta: The Yale Architectural Journal, 1982. In DUARTE, Rovenir Bertola. Caminhos, reflexões e o tempo da arquitetura contemporânea. Vitruvius. Arquitectos 124.08. Año 11, sep 2010.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: Nobel, 2001.
- GIEDION, S. Constancy, Change and Architecture. 1 ed. Cambridge, MA: Harvard University, 1961.
- GIEDION, S. La leçon de l'Exposition du Werkbund. Stuttgart, 1927. L'Architecture Vivant. Printemps, Editions Albert Morancé, 1928. p.43 apud LUCAN, Jacques; NOVIANT, Patrice. Le Corbusier, 1910-1934. Architecture Mouvement Continuité – AMC. Paris: Société Publi-rgie, 1952.
- GIEDION, S. The Eternal Present: A Contribution on Constancy and Change. (The A.W. Mellon Lectures in the Fine Arts. Bollingen Series

- XXXV. 6.). 1 ed. Pantheon, 1964.
- GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Building, vol.18, july/92.
- GLICKSMAN, Leon R. Heat Transfer. Material didáctico del curso Fundamentals of Energy in Buildings. Massachusetts: MIT, 2010.
- GÓMEZ-AZPEITIA, G.; MORALES, G.B.; TORRES, R. P. R.. El confort térmico: dos enfoques teóricos enfrentados. Revista de investigación científica en arquitectura Palapa. vol. 2, número 001. Universidad de Colima, Mexico. Enero-Junio 2007. ISSN 1780-7483.
- Guia Internet Brazil. Disponible en: <http://www.guianet.com.br/brasil/mapolitico.htm> (Acceso en: dic.2014)
- HEGGER, M. FUCHS, M. STARK, T. ZEUMER, M. Energy Manual. Munich: Detail, 2008.
- HUNN, B. D. Fundamentals of building energy dynamics. Solar heat technologies: Fundamentals and applications. Cambridge: MIT, 1996.
- IBGE Cidades. Disponible en: <http://www.cidades.ibge.gov.br> (Acceso en: dic.2014)
- IBGE Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponible en: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> (Acceso en: feb.2013)
- Indicators on Population. In United Nations Statistics Division. Demographic and Social Statistics. Statistical Products and Databases. Social Indicators, 2012. Disponible en: <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/socind/population.htm> (Acceso en: feb.2013).
- INMET. 2009. Normas climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia.
- INMETRO. Portaria nº 372. Brasil: Ministerio de Desarrollo, Indústria y Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrología, Estandarización y Calidad Industrial – INMETRO, 2010.
- INMETRO. Portaria nº 449. Brasil: Ministerio de Desarrollo, Indústria y Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrología, Estandarización y Calidad Industrial – INMETRO, 2010.
- IPT. Relatório Técnico Final nº 72 919-205. Validação de softwares aplicativos para simulação do comportamento térmico de habitações. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2004.
- IQBAL, A.; AFSHARI, A.; NEILSEN, P. V.; HEISELBERG, P.. The discharge coefficient of a centre-pivot roof window. Copenhagen: 33rd AIVC Conference and 2nd TightVent Conference, 2012.
- Itaú Cultural. Escola Carioca. Artículo disponible en: [http://www.itaucultural.org.br/AplicExternas/enciclopedia\\_IC/index.cfm?fuseaction=termos\\_texto&cd\\_verbete=8816](http://www.itaucultural.org.br/AplicExternas/enciclopedia_IC/index.cfm?fuseaction=termos_texto&cd_verbete=8816) (Acceso en: 30/12/2010).
- JOSÉ, Paulo. História. A criação da UCG e de sua mantenedora. Flash.

- Periódico de la Universidad Católica de Goiás. Disponible en: <http://www2.ucg.br/flash/Historia.html> (Acceso en: feb.2013)
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997.
- LE CORBUSIER. L'Architecture d'Aujourd'hui. Edición especial, 1948. Apud BENOIT, Gerard. Le Corbusier, 1910-1934. Architecture Mouvement Continuité – AMC. Paris: Société Publi-régie, 1952.
- LE CORBUSIER. Vers une architecture. Paris: Crès, 1923; versión castellana: Hacia una arquitectura. Buenos Aires: Poseidón, 1964. P. XXXII
- LISSOVSKY, Mauricio; DE SÁ, Paulo Sérgio Moraes. Colunas da Educação. A construção do Ministério da Educação e Saúde (1935-1945). Rio de Janeiro: MINC/IPHAN; Fundação Getúlio Vargas/CPDOC, 1996.
- MACINTYRE, J. A. Ventilação Industrial e Controle da Poluição. Rio de Janeiro, LTC, 1990.
- MAHFUZ, Edson da Cunha. Ensaio sobre a razão compositiva; uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica. Viçosa: UFV, Impr. Univ.; Belo Horizonte: AP Cultural, 1995.
- MARTÍN, J. R.; ANMELLA, J. M. N. Guía rápida de necesidades térmicas para calefacción y aire acondicionado. Barcelona: Ediciones Experiencia, 2009.
- MASP – Museo de Arte de São Paulo. Disponible en: [http://masp.art.br/masp2010/sobre\\_masp\\_historico.php](http://masp.art.br/masp2010/sobre_masp_historico.php) Acceso en: 11/01/2015.
- MONTANER, Josep Maria. A modernidade superada. Barcelona: GG, 2001.
- MONTANER, Josep Maria. Depois do Movimento Moderno. Arquitetura da segunda metade do século XX. 1ed. Barcelona: GG, 2001.
- MONTANER, Josep Maria. Sistemas arquitectónicos contemporâneos. Barcelona: GG, 2008.
- MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Marcia Peinado. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de métodos. Revista Ambiente Construído, v.7, n.3. Porto Alegre: ANTAC, 2009.
- MOURA, A. A. P., (2009). Arquitetura residencial moderna em Goiânia: delineando um cenário. Programa de Especialização do Patrimônio – PEP. Goiânia, BR: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Estado de Goiás – IPHAN-GO.
- MUÑOZ, Luis Castañer. Energía Solar Fotovoltaica. Edicions UPC. Barcelona, 1992.
- Museo de Arte de Goiânia. Disponible en: <http://www.goiania.ws> (Acceso en: feb.2013)
- NAYAK, J. K. & PRAJAPATI, J. A. Handbook on Energy Conscious Buildings. Indian Institute of Technology: Bombay, 2006.

- NBR 15220:2005. Desempenho térmico de edificações. ABNT, 2005.
- NBR 15575:2013. Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho. ABNT, 2013.
- NONATO, José Antonio; SANTOS, Nubia Melhem. Era uma vez o Morro do Castelo. Rio de Janeiro: IPHAN, 2000.
- NORBERG-SCHULZ, C. Los principios de la arquitectura moderna. Sobre la nueva tradición del siglo XX. Barcelona: Reverté, 2005.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. Existence, Space and Architecture. Versión Castellana de Adrian Margarit. Londres: Studio Vista, 1975.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. Genius Loci. Towards a phenomenology of architecture. New York: Rizzoli International Publications, 1980.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. Intenciones en Arquitectura. Barcelona: GG, 2008.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. Los principios de la arquitectura moderna. Sobre la nueva tradición del siglo XX. Barcelona: Reverté, 2005.
- Observatorio Nacional. Declinação Magnética. Disponible en: <http://www.on.br/conteudo/modelo.php?endereço=servicos/servicos.html> (Acceso en: sep.2014)
- OLGYAY, Victor. Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: GG, 2002.
- OLIVEIRA, Fabiano Lemes. Siegfried Giedion e o caso brasileiro: uma aproximação historiográfica. Docomomo, 2005.
- PACHECO, Felipe de Souza. Concinnitas, ordinatio, lineamenti, virtù e outras do vocabulario de Leon Battista Alberti. Arqtexto, 2005.
- PALME, M.; ALBANO, L.; COCH, H.; ISALGUÉ, A.; GUERRA, J.. Latin-American buildings energy efficiency policy: the case of Chile. Paper published in the 4th International Congress on Sustainability in Energy and Buildings 2012 - SEB12. A. Håkansson et al. (Eds.): Sustainability in Energy and Buildings, SIST 22, pp. 337–346. DOI: 10.1007/978-3-642-36645-1\_31. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. Stockholm, Sweden, 2013.
- PEDONE, Jaqueline Viel Caberlon. O Espírito eclético na arquitetura. Arqtexto. 2005.
- PELLETRET, R.; ALLARD, F.; HAGHIGHAT, F.; VAN DER MAAS, J.. Modeling of large openings. Presentado en la 21° AIVC Conference, Canadá.
- PEZZI, Carlos Hernández. Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: GG, 2007.
- PIERRE, Janneret. Le Corbusier. Les 5 points d'une architecture nouvelle. Paris: L'Esprit Nouveau, 1926; Les cinq points dans l'Architecture d'Aujourd'hui. n.10, Spécial Le Corbusier et Pierre Jeanneret, 1933.
- RAMOS, Manuel Lopes de Carvalho. Goyania. Goiânia: Instituto Goiano do Livro, 1983 apud QUINTELA, A. C. y DE CASTRO, A. C. Revista

- UFG. Publicação Semestral da Universidade Federal de Goiás. Ano IX, nº 1 – Agosto de 2007. Goiânia: UFG, 2007.
- RICOEUR, Paul. *Universal Civilization and National Cultures*. 1961. In FRAMPTON, Kenneth. *História crítica da arquitetura moderna*. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- RIVERO, Roberto. *Acondicionamento térmico natural. Arquitetura e Clima*. 2ed. Porto Alegre: Luzzatto Editores, 1986.
- ROBERTS, E. A. y PASTOR, B. *Diccionario Etimológico Indoeuropeo de la Lengua Española*. Serie Alianza Diccionarios. Grupo Anaya Comercial, 1996. Disponible en: <http://etimologias.dechile.net> (Acceso en: ene.2013).
- ROCHA, Hélio. *Goiânia 75*. Editora UCG: Goiânia, 2009.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Arquitetura do Lugar. Uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília*. 1 ed. São Paulo: Nova Técnica, 2011.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. 2ed. São Paulo: ProEditores, 2001. p.18.
- RORIZ. *Roriz Bioclimática*. Disponible en: [http://www.roriz.eng.br/epw\\_9.html](http://www.roriz.eng.br/epw_9.html) Consultado en ene/2012.
- ROSET, Jaume M.; VILALTA I JUVANTENY, Lluís; ESCOBAR I MARINÉ, Miquel A.; MITJÀ I SARVISÉ, Albert. *Els graus-dia de calefacció i refrigeració de Catalunya. Resultats a nivell municipal – (Estudis Monogràfics; 14)*. Barcelona: Institut Català d’Energia - Icaen, 2003.
- SANTAMOURIS, M.; WOUTERS, P. *Building Ventilation. The state of the art*. London, Sterling: Earthscan, 2006.
- SEGAWA, H. *Clave de Sol: notas sobre a história do conforto ambiental*. Revista Ambiente Construido. V. 3, nº 2. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construido, abr/jun 2003.
- SEGPLAN. *Regiões de Planejamento do Estado de Goiás*. IMB. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Sócioeconômicos. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento – Segplan. Governo de Goiás. Disponible en: <http://www.imb.go.gov.br> (Acceso en: feb.2013)
- SEÑAS : *Diccionario para la enseñanza de la lengua española para brasileños*. Universidad de Alcalá de Henares. Departamento de Filosofía; [traducción de Eduardo Brandão y Claudia Berliner]. Martins Fontes: São Paulo, 2000.
- SERRA & COCH, Rafael & Helena. *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: UPC, 1995.
- SERRA, Rafael. *Arquitectura y climas*. Barcelona: GG, 2002.
- SZOKOLAY, S.V. *Solar Energy and Building*. The Architectural Press. Great Britain, 1975.

- UNWIN, Simon. Análisis de la arquitectura. Barcelona: GG, 1997.
- VAZ, Maria Diva Araújo Coelho & ZÁRATE, Maria Heloisa Veloso e. A experiência moderna no cerrado goiano. Vitruvius. Arquitectos 067. Año 06, dic 2005.
- VAZ, Maria Diva Araújo Coelho & ZÁRATE, Maria Heloisa Veloso e. Sobre a arquitetura moderna em Goiânia. Seminário DOCOMOMO Brasil. Niterói: ARQ/UFF, 2005.
- VITRUVIO, M.L. Los Diez Libros de Arquitectura. Traducción, Prólogo y Apuntes por Agustín Blánquez, Barcelona: Editorial Ibérica, 1997. P. 14-15. In KEIKO, Mirian & OLIVEIRA, Beatriz Santos. Por um regionalismo eco-eficiente: a obra de Severiano Mário Porto no Amazonas. Vitruvius. Arquitectos 047.04. Año 04, abr 2004.
- WESTPHAL, F. S. and LAMBERTS, R.. 2005. Building Simulation Calibration Using Sensitivity Analysis. Ninth International IBPSA Conference. Montreal.