

## A INFLUÊNCIA DOS ARRANJOS CONSTRUTIVOS URBANOS NO CONFORTO TÉRMICO DE ESPAÇOS INTERNOS: UMA AVALIAÇÃO DE CONJUNTOS HABITACIONAIS VERTICAIS EM MACEIÓ-AL

**Simone Carnáuba Torres (1); Gianna Melo Barbirato (2)**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca-AL Brasil. E-mail: stc@ctec.ufal.br

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões. Maceió-AL. Brasil – e-mail: gmb@ctec.ufal.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade térmica de edificações verticais a partir da análise de diferentes configurações construtivas e princípios de desenho urbano existentes em conjuntos habitacionais verticais destinados à população de baixa-renda em Maceió – AL. A metodologia adotada na pesquisa foi baseada numa análise comparativa de três arranjos construtivos urbanos caracterizados por configurações e distribuição de edificações diferenciadas, a fim de identificar quais dos tipos de implantação define-se como mais adequado à otimização das condições internas de conforto térmico em clima quente-úmido. Foi realizado o monitoramento das variáveis climáticas de temperatura do ar e umidade relativa do ar nos espaços internos, como também, as medições microclimáticas nos espaços externos imediatos. A análise foi complementada a partir da estimativa do grau de conforto térmico dos dormitórios das unidades habitacionais avaliadas através do programa *Analysis Bio*. Identificaram-se valores de temperatura e umidade relativa do ar que correspondem a até 95,7% de horas de desconforto térmico em ambientes internos. Espera-se que as informações apresentadas na respectiva análise possam auxiliar o planejamento de futuros conjuntos verticais em cidades de clima quente e úmido, como Maceió-AL.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the thermal quality of different urban design arrangements of vertical blocks dwellings destined to the low income population in the city of Maceió - AL. The methodology of this research was carried through comparative analysis of three different blocks disposed at different urban arrangement in order to know what sort of implantation it's more adequate to the optimization of internal comfort conditions for hot-humidity climate. It was achieved the indoor climatic monitoring of air temperature and relative humidity and outdoor microclimate measurements. The analysis was completed with estimation of the thermal comfort degree of the evaluated dwellings unit's dormitories through software *Analysis Bio*. It was observed that the air temperature and relative humidity values corresponded up to 95,7% of indoor thermal discomfort hours. It is expected that these information could help future low-cost buildings projects in hot-humidity climate cities as Maceió-AL.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, observa-se a existência de órgãos nacionais que através de filiais em toda a federação procuram diminuir o déficit habitacional, seja através de sistema de crédito, ou da construção de habitações populares. A centralização das decisões, entretanto, acarretou em muitos casos na padronização das soluções em que são aplicados, indiscriminadamente, alguns sistemas construtivos em diferentes regiões do país.

Desta maneira, tem sido clara a pouca relevância às especificidades climáticas, durante a etapa de projeto e a utilização de procedimentos construtivos com base em critérios apenas econômicos, não atendendo aos padrões ambientais determinados pela diversidade climática de onde são implantados os edifícios

Os estudos recentes relacionados à investigação dos fenômenos climáticos urbanos a partir da avaliação da influência da configuração e geometria urbana na modificação do comportamento das variáveis climáticas, têm evidenciado a importância de se relacionar a forma urbana com a qualidade térmica interna das edificações (SANTAMOURIS et al 2001; SOUZA, LEME, PEDROTTI 2005). Assim, deve-se priorizar a concepção de espaços habitados com a utilização de recursos naturais de climatização. Esta postura é imposta hoje pelas necessidades econômicas que apóiam a conservação de energia nas edificações, e a relevância do tema face ao seu potencial de impacto tecnológico, social e ambiental (MASCARÓ, J; MASCARÓ, L. 2001).

O projeto de edifícios, portanto, pode ser tratado de diversas maneiras como parte da estratégia de climatização urbana: no tratamento da interface entre espaço público e privado, bem como no projeto do edifício como um todo, incluindo a volumetria, a orientação ou a criação de espaços de transição interior/exterior. Por isso é necessária a ampliação dos estudos que forneçam subsídios para um controle de ocupação do espaço urbano, fixando parâmetros físicos para um ambiente urbano mais compatível com a qualidade de vida humana.

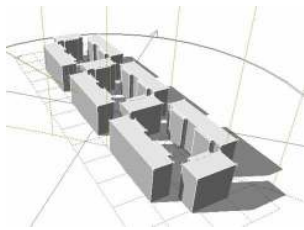
A cidade de Maceió, de clima quente e úmido, tem por princípios construtivos o resfriamento dos espaços através da ventilação natural (ventos predominantes de sudeste e nordeste), do sombreamento e a proteção solar. Em relação a sua estrutura urbana, nos últimos anos foi identificado um aumento na produção de unidades habitacionais verticais compostas por conjuntos destinados à população de baixa renda implementados pelo Programa de Arrendamento Residencial –PAR, devido ao rápido crescimento da cidade nos últimos anos, gerando a necessidade de adensamentos para a instalação de um maior número de famílias em uma menor unidade de área. Desta forma, o objetivo do presente artigo é avaliar a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade térmica interna de edificações, estudando os atributos de desenho urbano e configurações diferenciadas em conjuntos habitacionais verticais pertencentes a este programa habitacional, a fim de identificar os níveis de conforto térmico proporcionado aos seus usuários.

## 2. METODOLOGIA

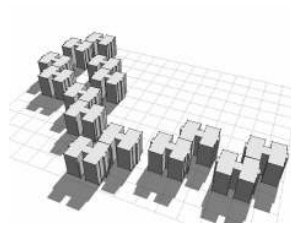
A metodologia adotada no presente trabalho foi baseada numa análise comparativa de arranjos construtivos urbanos caracterizados por configurações diferenciadas, a fim de identificar a influência da tipologia de implantação na qualidade térmica de edificações em clima quente-úmido. Dentre os procedimentos metodológicos adotados destacam-se os seguintes:

**2.1. Seleção dos conjuntos habitacionais verticais implementados pelo PAR:** foi verificada a existência de três tipos de configuração urbana, por isso foram selecionados três empreendimentos representando cada tipologia:

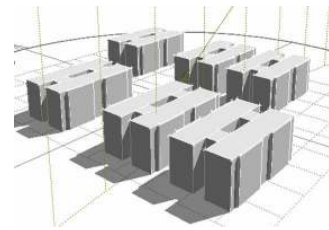
- a) Residencial Galápagos: configuração do arranjo construtivo caracterizado pela formação de pátios, onde as edificações existentes estão voltadas para um espaço aberto comum aos moradores do conjunto residencial (figura 1);
- b) Residencial Mata Atlântica: configuração caracterizada pelo arranjo em “*tabuleiro de xadrez*”, onde as edificações estão dispostas de forma escalonada (figura 2);
- c) Residencial José Bernardes: configuração normal, onde as edificações estão dispostas sequencialmente no mesmo alinhamento (figura 3).



**Figura 1:** Configuração em pátio – Residencial Galápagos



**Figura 2:** Configuração *tabuleiro de xadrez* – Residencial Mata Atlântica



**Figura 3:** Configuração ortogonal normal – Residencial José Bernardes

**2.2. Avaliação Térmica Quantitativa dos Arranjos Construtivos Urbanos:** optou-se pela realização do monitoramento das variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa do ar no interior dos apartamentos dos conjuntos selecionados. Desta forma, pode-se quantificar as diferenças no comportamento térmico resultante no interior das edificações dos conjuntos habitacionais avaliados. Em cada apartamento selecionado foi escolhido um dormitório para a instalação do equipamento para ao registro dos dados das variáveis ambientais.

Em cada arranjo construtivo foram selecionados dois apartamentos situados a barlavento (posição privilegiada em relação ao aproveitamento dos ventos), sendo um no pavimento térreo e outro no último pavimento; e dois situados a sotavento (posição não privilegiada em relação ao aproveitamento dos ventos). Os dormitórios localizados a barlavento são identificados com a numeração um (Nº1 térreo e Nº1 pavimento superior) e os dormitórios localizados a sotavento são identificados com a numeração dois (Nº2 térreo e Nº2 pavimento superior).

Os equipamentos utilizados para o monitoramento foram os sensores portáteis HOBO - Data Loggers da Onset Computer Corporation, estes foram programados para registrar os dados das variáveis ambientais a cada uma hora. O período de monitoramento interno simultâneo nos apartamentos selecionados correspondeu a uma série de 14 dias no período de 14 a 28 de janeiro de 2006. Foram verificadas também as condições microclimáticas dos espaços externos imediatos a fim de verificar a influência destas condições na qualidade térmica interna das edificações. Foi realizada a coleta de dados microclimáticos de temperatura e umidade relativa do ar, nos ambientes externos próximos aos blocos de apartamentos selecionados. Utilizou-se o método das medições móveis, caracterizado pelo monitoramento das variáveis ambientais com a utilização do termo-higro-anemômetro digital (INSTRUTHERM - THA-185). As medições móveis microclimáticas foram realizadas nos horários de 9:00h, 15:00h e 21:00h, durante três dias correspondentes ao período do monitoramento das variáveis internas. Desta forma, pôde-se comparar os dados microclimáticos coletados em campo com os valores registrados no monitoramento térmico interno das edificações. As principais informações sobre os atributos físico-ambientais de cada arranjo construtivo foram catalogadas através da construção de fichas bioclimáticas onde estão especificados os pontos de medição microclimática de cada conjunto selecionado (ver secção 3).

**2.3. Estimativa do grau de conforto térmico dos dormitórios das unidades habitacionais avaliadas:** a fim de verificar o grau de conforto nos apartamentos monitorados, foi utilizado o programa Analysis Bio, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina. Desta forma, os dados coletados durante o monitoramento térmico interno foram utilizados para gerar arquivos do tipo TRY para, em seguida, serem inseridos na Carta Bioclimática aplicada no programa. Os resultados permitem quantificar a porcentagem de horas situadas na zona de conforto ou fora dela (horas de desconforto) considerando-se as temperaturas na faixa de conforto ( $18^{\circ}\text{C} \leq T \leq 29^{\circ}\text{C}$ ), conforme os limites fixados por Givoni (1992).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentadas as fichas bioclimáticas dos conjuntos habitacionais selecionados.

FICHA BIOCLIMÁTICA: CONJUNTO RESIDENCIAL GALÁPAGOS	
ENTORNO	<p><b>Sol:</b> o arranjo construtivo é composto por 10 edifícios, sendo a configuração caracterizada pela existência de espaços externos definidos por pátios. Estes espaços permanecem sombreados na maior parte de sua extensão ao longo do dia. Já as edificações localizadas a Sudoeste permanecem expostas ao sol durante a tarde.</p> <p><b>Orientação /Condução dos ventos:</b> Os edifícios estão totalmente alinhados em relação aos ventos predominante (Nordeste e Sudeste). O aproveitamento da ventilação natural no interior das unidades residenciais se torna comprometido devido a formação de extensas barreiras em relação aos ventos. Os ventos de Sudeste (freqüentes na maior parte do ano) atingem as edificações paralelamente às aberturas dos apartamentos.</p> <p><b>Atividades desenvolvidas nas proximidades:</b> o conjunto habitacional está localizado em bairro predominantemente residencial, à margem de uma das principais avenidas da cidade, onde estão localizados alguns estabelecimentos de comércio e serviço</p>
A BASE	<p><b>Área da base:</b> 5423,4m<sup>2</sup></p> <p><b>Pavimentos:</b> os pátios possuem passeios para pedestres de concreto e o acesso aos estacionamentos é pavimentado com paralelepípedo. As demais áreas são caracterizadas pela presença de solo argilo-arenoso</p> <p><b>Vegetação:</b> não há presença de vegetação arbórea nos espaços externos. Nos pátios, na área permeável, encontra-se o plantio de gramíneas.</p> <p><b>Água:</b> não há presença de fontes</p> <p><b>Permeabilidade do solo:</b> apresenta 12% de área caracterizada por solo permeável</p> <p><b>Mobiliário Urbano:</b> presença de playground nas áreas delimitadas pelos pátios. Coretos na área central de cada pátio.</p>
A FRONTEIRA	<p><b>Tipologia do arranjo construtivo:</b> configuração urbana caracterizada pela formação de <b>pátios</b>, onde as edificações existentes estão voltadas para espaço aberto comum aos moradores do conjunto habitacional.</p> <p><b>Tipologia Arquitetônica:</b> edificações populares, edifícios desprovidos de varanda e elementos de proteção solar .</p> <p><b>Rugosidade:</b> edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)</p> <p><b>Altitude:</b> 85 metros em relação ao nível do mar.</p> <p><b>Porosidade:</b> porosidade baixa (aproximadamente 10%). As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas</p>



Residencial Galápagos – Configuração de Pátios

**Sensação de cor:** cores frias e escuras dominam o conjunto

**Radiação:** radiação difusa e direta é intensa, devido a ausência de elementos de proteção

**Continuidade de massa:** conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos.

**Materiais e revestimentos externos:** apresentam baixa reflexividade e alta emissividade.

**PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)**



**ESQUEMA DE SOMBREAMENTO**



Resultado obtido através da simulação no Programa ECOTEC v5.2 (avaliação para dia de solstício de verão: 14 de janeiro, 16:00h)

FICHA BIOCLIMÁTICA: RESIDENCIAL MATA ATLÂNTICA

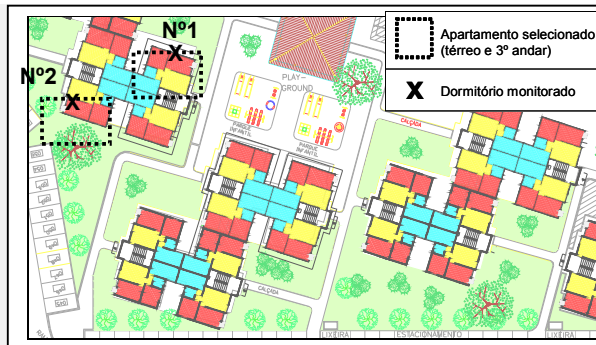
Residencial Mata Atlântica - Malha Tabuleiro de xadrez

ENTORNO

**Sol:** o entorno imediato é marcado por construções predominantemente térreas.  
A composição do arranjo construtivo é determinada pela malha urbana xadrez, não apresentando barreiras significativas contra a passagem do sol.

**Orientação /Condução dos ventos:** a configuração espacial das edificações que compõem o entorno é favorável à penetração dos ventos predominantes de Nordeste e Sudeste, pois os ventos predominantes atingem as edificações obliquamente, sendo a distribuição otimizada pela configuração do conjunto em malha xadrez.

**Atividades desenvolvidas nas proximidades:** o conjunto habitacional está localizado à margem de uma das principais avenidas cidade. Dentre as atividades desenvolvidas pode-se apontar a existência de estabelecimentos de comércio e serviços, porém a avenida ainda é fortemente marcada pela existência de terrenos vazios.



**Sensação de cor:** claras dominam o conjunto **Radiação:** radiação difusa é intensa, devido a presença de vegetação **Continuidade de massa:** conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos. **Materiais e revestimentos externos:** apresentam refletividade média

A BASE

**Área da base:** 16679,53m<sup>2</sup>

**Pavimentos:** o conjunto é marcado pela presença de áreas gramadas na maior parte dos espaços que contornam as edificações. Os caminhos de acesso aos prédios são de concreto e possuem 1,2m de largura. O acesso principal ao conjunto é pavimentado com paralelepípedo, assim como os estacionamentos

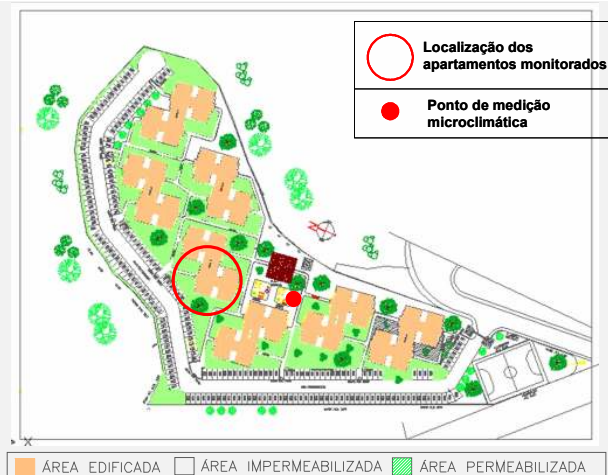
**Vegetação:** além de gramíneas, constata-se a presença elementos arbóreos de pequeno porte (plantados recentemente). Além disso, a reserva de mata atlântica localizada nos limites Nordeste e Sudeste do conjunto residencial é um fator positivo para o resfriamento dos ventos predominantes antes de alcançarem as edificações que o compõe.

**Água:** não há presença de fontes e nem de corpos d'água

**Permeabilidade:** apresenta 35% de área caracterizada por solo permeável

**Mobiliário Urbano:** presença de playground e equipamentos de lazer (salão de festas).

PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)



A FRONTEIRA

**Tipologia do arranjo construtivo:** configuração caracterizada pela malha urbana do tipo tabuleiro de xadrez, onde as edificações estão dispostas de forma escalonada

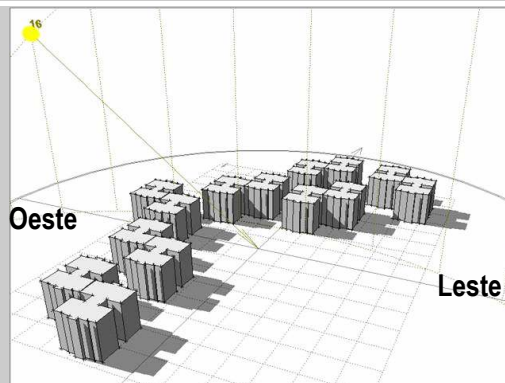
**Tipologia Arquitetônica:** edificações populares, edifícios desprovidos de varanda, apresentando cobertura em telha canal dividida em duas águas

**Rugosidade:** edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)

**Altitude:** 85 metros em relação ao nível do mar.

**Porsidade:** Aproximadamente 18%. As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas

ESQUEMA DE SOMBREAMENTO



Resultado obtido através da simulação no Programa ECOTEC v5.2 (avaliação para dia de solstício de verão: 14 de janeiro, 16:00h)

## FICHA BIOCLIMÁTICA: RESIDENCIAL JOSÉ BERNARDES

<b>ENTORNO</b>	<p><b>Sol:</b> o entorno próximo ao arranjo construtivo não apresenta barreiras em relação à incidência da radiação solar direta. Algumas edificações apresentam espaçamento reduzido dificultando a passagem do sol nas fachadas norte e sul.</p> <p><b>Orientação /Condução dos ventos:</b> a configuração espacial das edificações que compõem o entorno estão dispostas em malha ortogonal, onde os ventos predominantes atingem as edificações obliquamente. O entorno imediato é formado por edificações térreas não apresentando barreiras contra estes ventos</p> <p><b>Atividades desenvolvidas nas proximidades:</b> o conjunto habitacional está localizado em bairro à margem de uma das principais avenidas da cidade, onde estão localizados alguns estabelecimentos de comércio e serviço. As construções ao redor são bastante espaçosas e predominantemente térreas. Existem ainda alguns grandes terrenos nos limites da direção Sudeste caracterizados pela preservação de mata atlântica</p>	Residencial José Bernardes - Malha Ortogonal Normal
	<p><b>Sensação de cor:</b> cores quentes e claras dominam o conjunto, <b>Radiação:</b> radiação difusa e direta é intensa, devido a ausência de elementos para a proteção solar <b>Continuidade de massa:</b> conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos <b>Materiais e revestimentos externos:</b> apresentam reflexividade média</p>	
	<b>PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)</b>	
<b>A BASE</b>	<p><b>Área da base:</b> 9285,88 m<sup>2</sup></p> <p><b>Pavimentos:</b> apesar da presença de solo permeável nas proximidades das edificações, não há tratamento através da utilização de gramíneas.</p> <p><b>Vegetação:</b> não há presença de vegetação arbórea nos espaços externos do arranjo construtivo.</p> <p><b>Água:</b> não há presença de fontes nem corpos d'água</p> <p><b>Permeabilidade:</b> apresenta 10% de área caracterizada por solo permeável</p> <p><b>Mobiliário Urbano:</b> presença de playground e equipamento de lazer (salão de festas)</p>	
	<b>ESQUEMA DE SOMBREAMENTO</b>	
<b>A FRONTEIRA</b>	<p><b>Tipologia do arranjo construtivo:</b> configuração urbana caracterizada <u>pela malha ortogonal normal</u>, onde as edificações estão dispostas sequencialmente no mesmo alinhamento.</p> <p><b>Tipologia Arquitetônica:</b> edificações populares, edifícios desprovidos de varanda e elementos de proteção solar.</p> <p><b>Rugosidade:</b> edifícios apresentam mesma altura (aproximadamente 14 metros)</p> <p><b>Altitude:</b> 85 metros em relação ao nível do mar.</p> <p><b>Porosidade:</b> Aproximadamente 20%. As aberturas dos apartamentos possuem dimensões mínimas</p>	
	<p>Resultado obtido através da simulação no Programa ECOTEC v5.2 (avaliação para o dia de solstício de verão: 14 de janeiro, 16:00h)</p>	

### 3.1 Resultado do Monitoramento Térmico Interno

Dentre os doze apartamentos selecionados (quatro em cada arranjo construtivo), apenas dez foram monitorados, devido às dificuldades encontradas em relação à disponibilidade e permissão dos moradores dos conjuntos habitacionais estudados. É importante destacar que os arranjos construtivos

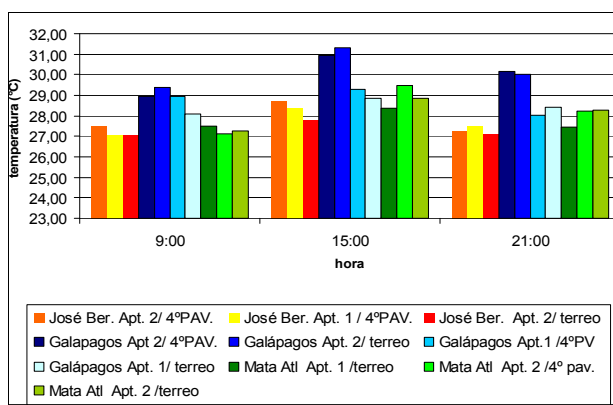
avaliados estão localizados em bairros vizinhos e de mesma altitude, em área da periferia da cidade de Maceió. Apesar disso, os resultados da coleta dos dados climáticos apontam diferenças significativas na qualidade térmica interna e externa. A seleção de dormitórios localizados a barlavento (identificados através da numeração 1) e a sotavento (identificados através da numeração 2), nos diferentes conjuntos habitacionais verticais também permitiu a verificação de diferenças na qualidade térmica em apartamentos pertencentes ao mesmo arranjo construtivo.

Analisando os dados médios horários registrados, pode-se identificar que os dormitórios monitorados no Residencial Galápagos apresentaram os maiores valores médios de temperatura do ar em todos os horários. Através do gráfico 1, é possível observar, a partir dos valores referentes aos horários de 9:00h, 15:00h e 21:00h, as diferenças no comportamento térmico dos diferentes dormitórios correspondentes aos três arranjos construtivos avaliados.

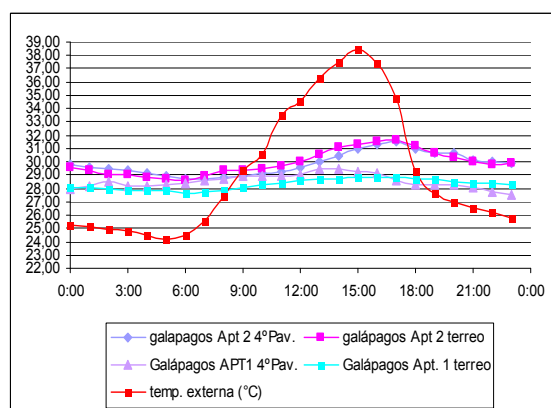
Os dormitórios situados a sotavento (numeração 2) do Residencial Galápagos apresentaram temperaturas significativamente maiores em relação aos demais ambientes monitorados. Percebe-se que as diferenças no comportamento térmico são acentuadas principalmente do período vespertino. Às 15:00h, por exemplo, identifica-se uma diferença média de 3,5°C, entre o dormitório 2 - térreo do Residencial Galápagos e o dormitório 2- térreo do Residencial José Bernardes. Todos os apartamentos localizados a barlavento registraram valores médios de temperatura do ar inferiores aos apartamentos situados a sotavento. Estes resultados já apontam para a breve reflexão de dois aspectos: o primeiro refere-se à identificação de indícios da influência da tipologia do arranjo construtivo na determinação da qualidade térmica resultante no interior das edificações que o compõe; e o segundo refere-se à perceptível importância da orientação das edificações em relação à incidência dos ventos predominantes na diferenciação desta qualidade térmica.

No caso do Residencial Galápagos (gráfico 2), as diferenças nos valores de temperatura são significativas tanto em relação aos apartamentos dos demais arranjos construtivos avaliados, como em relação os próprios apartamentos do conjunto. Neste residencial, foi registrada, às 15:00h uma diferença média de 2,5°C, entre o dormitório 2- térreo (sotavento) e o dormitório 1- térreo (barlavento), enquanto que nos demais arranjos construtivos as maiores diferenças entre os apartamentos de orientações distintas corresponderam a 0,9°C entre os dormitórios do Residencial José Bernardes, e de 1,0°C entre os dormitórios do Residencial Mata Atlântica.

Nota-se que no Residencial Galápagos, a disposição das edificações contribui para o favorecimento de algumas unidades habitacionais e para o forte desfavorecimento de outras, como por exemplo, os blocos que estão localizados no limite Nordeste do terreno, onde estão localizados os apartamentos monitorados de numeração 2. Estes apartamentos possuem orientação desfavorável devido a dois motivos: estão voltados para o sudoeste, recebendo insolação durante todo o período da tarde, e não apresentam aberturas voltadas para o recebimento dos ventos predominantes locais, nem da direção Sudeste, nem da direção Nordeste.



**Gráfico 1: Perfil do comportamento térmico dos dormitórios avaliados – valores médios de temperatura dos horários de 9:00h, 15:00h e 21:00.**



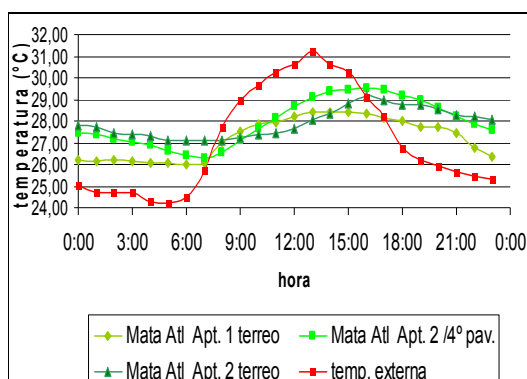
**Gráfico 2: Perfil térmico dos dormitórios avaliados no Residencial Galápagos**

Os apartamentos de numeração 1, deste mesmo arranjo construtivo, possuem aberturas voltadas apenas para o recebimento dos ventos provenientes da direção nordeste, mas apresentam orientação privilegiada pois estão na faixa de sombreamento vespertino.

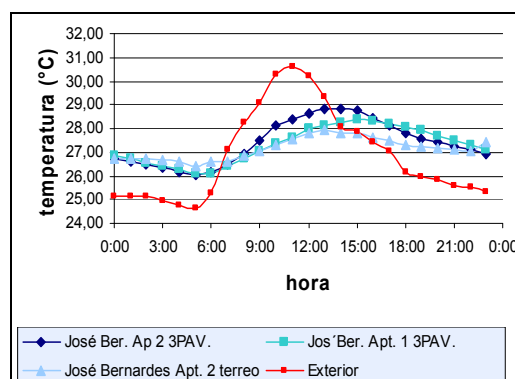
Os dormitórios do Residencial José Bernardes registram os menores valores de temperatura do ar em todos os horários de monitoramento. Apenas um dormitório a barlavento foi monitorado, trata-se do dormitório 1 do quarto pavimento. O dormitório 2 também do pavimento térreo registrou valores médios de temperatura inferiores a todos os demais dormitórios avaliados. Ou seja, mesmo apresentando uma orientação pouco favorável à penetração dos ventos predominantes, este dormitório, cuja abertura principal está voltada para uma área isolada e fechada, possui característica diferenciada por apresentar condições propícias ao resfriamento interno através da existência do sombreamento de suas paredes externas, tanto no período da tarde, como no período da manhã. Foi registrada, às 15:00h uma diferença média de 0,65°C entre este dormitório e o dormitório 1 do quarto pavimento, situado a barlavento (gráfico 4).

Desta forma, verifica-se que o sombreamento das estruturas edificadas pode contribuir para a amenização dos rigores térmicos locais, principalmente em cidades de clima quente e úmido. Esta estratégia pode facilitar o resfriamento dos espaços internos através surgimento de diferenças de pressão, proporcionando o deslocamento de fluxos de ar. Porém, é importante destacar que para a otimização do conforto térmico, o aproveitamento da ventilação natural não deve ser descartado, mesmo quando adotada a estratégia de sombreamento.

No Residencial Galápagos as diferenças são acentuadas principalmente do período vespertino (gráfico 2). Neste horário a temperatura média externa alcança seu pico, diferentemente do que acontece nos demais arranjos construtivos, Residencial Mata Atlântica e José Bernardes, onde a temperatura média externa atinge valores superiores entre 12:00h e 14:00h, decrescendo ao longo da tarde (gráfico 3 e 4).



**Gráfico 3:** Perfil térmico dos dormitórios avaliados no Residencial Mata



**Gráfico 4:** Perfil térmico dos dormitórios avaliados no Residencial José Bernardes

O entorno imediato do Residencial Galápagos diferencia-se dos demais arranjos pela presença de uma avenida de intenso fluxo de veículos de médio e grande porte. No fim da tarde o movimento e o calor antropogênico gerado é maior devido aumento do trânsito de veículos e devido à presença do alto índice de superfícies impermeabilizadas como asfalto, concreto e paralelepípedo, materiais de alta capacidade térmica. Este fato é um indicativo de que além da configuração do arranjo construtivo, o entorno imediato também possui influência na qualidade térmica interna das construções urbanas.

Os conjuntos residenciais Mata Atlântica e José Bernardes, apesar de estarem localizados também às margens de uma das principais avenidas da cidade, diferenciam-se do Residencial Galápagos pela presença de terrenos marcadas por áreas verdes e reservas de mata atlântica. Nestes dois arranjos construtivos a massa de arborização das áreas verdes próximas estão situadas no limite da direção Leste, ou seja, proporcionam o resfriamento dos ventos predominantes locais (Sudeste e Nordeste) antes mesmo que esses alcancem os edifícios. Neste aspecto, pôde-se observar que a qualidade climática do meio externo destes conjuntos é caracterizada por uma menor amplitude térmica diária, em relação ao Residencial Galápagos.



O valor médio de amplitude térmica no meio externo identificado no Residencial José Bernardes correspondeu a 5,4°C, no Residencial Mata Atlântica (gráfico 3) o valor registrado foi de 7,0°C, já no Residencial Galápagos o valor corresponde a 14,4°C (diferença entre 38,5°C valor médio da temperatura máxima, registrada às 15:00h e 24,1°C valor média de temperatura mínima registrada às 04:00h).

### 3.2 Resultado do Levantamento Microclimático

Foi constatado um comportamento térmico diferenciado dos espaços externos dos arranjos construtivos nos diferentes horários investigados. Observa-se que pela manhã (9:00h), no pátio central do Residencial Galápagos, foi registrada a menor média de temperatura do ar. Neste pátio central, o solo é permeável e coberto por gramíneas e pequenos arbustos, assim, o ambiente interno do arranjo construtivo é favorável ao resfriamento microclimático pelo processo de evapotranspiração da vegetação existente, incrementando a umidade e reduzindo a temperatura do ar.

O Residencial Mata Atlântica apresentou os menores valores de temperatura do ar. A diferença média identificada às 9:00h entre os valores registrados no pátio interno do Residencial Galápagos é insignificante, ou seja, correspondeu a apenas 0,1°C. O Residencial Mata Atlântica, como foi discutido anteriormente, possui um tratamento dos espaços externos marcado pela presença de espécies arbóreas e gramíneas que incrementam os valores de umidade relativa do ar proporcionando uma amenização térmica principalmente no período diurno. Estas características favorecem a criação de espaços de permanência e recreação no interior dos arranjos construtivos urbanos capazes de proporcionar um melhor convívio social a partir da concepção de espaços que atendem às necessidades de conforto térmico de seus usuários.

Além disso, os resultados das medições móveis microclimáticas confirmam que a amenização térmica microclimática pode se estender aos espaços internos. No caso do Residencial Mata Atlântica, este fato pôde ser constatado, pois nos resultados do monitoramento térmico interno, o dormitório 2 do pavimento térreo registrou valores médios de temperatura inferiores aos registrados pelo apartamento 2 do último pavimento (ambos situados a sotavento). As diferenças nos valores registrados de temperatura do ar alcançaram até 1,0°C.

O Residencial José Bernardes apresentou os maiores valores de temperatura em nível microclimático, devido à ausência de elementos de amenização térmica como arborização urbana, como também devido ao alto índice de impermeabilização do solo e que contribui para o armazenamento de calor. Às 15:00h, detectou-se uma diferença média de 0,8°C, entre os valores microclimáticos deste arranjo construtivo e os valores registrados no Residencial Mata Atlântica.

Comparando-se os valores obtidos através das medições microclimáticas com os dados de temperatura do ar externa coletados durante o monitoramento dos dormitórios (altura 10m), verifica-se que, nos arranjos construtivos caracterizados pela presença de vegetação e sombreamento, os valores de temperatura do ar registrados ao nível dos usuários apresentaram-se inferiores aos coletados durante o monitoramento interno (tabela 1).

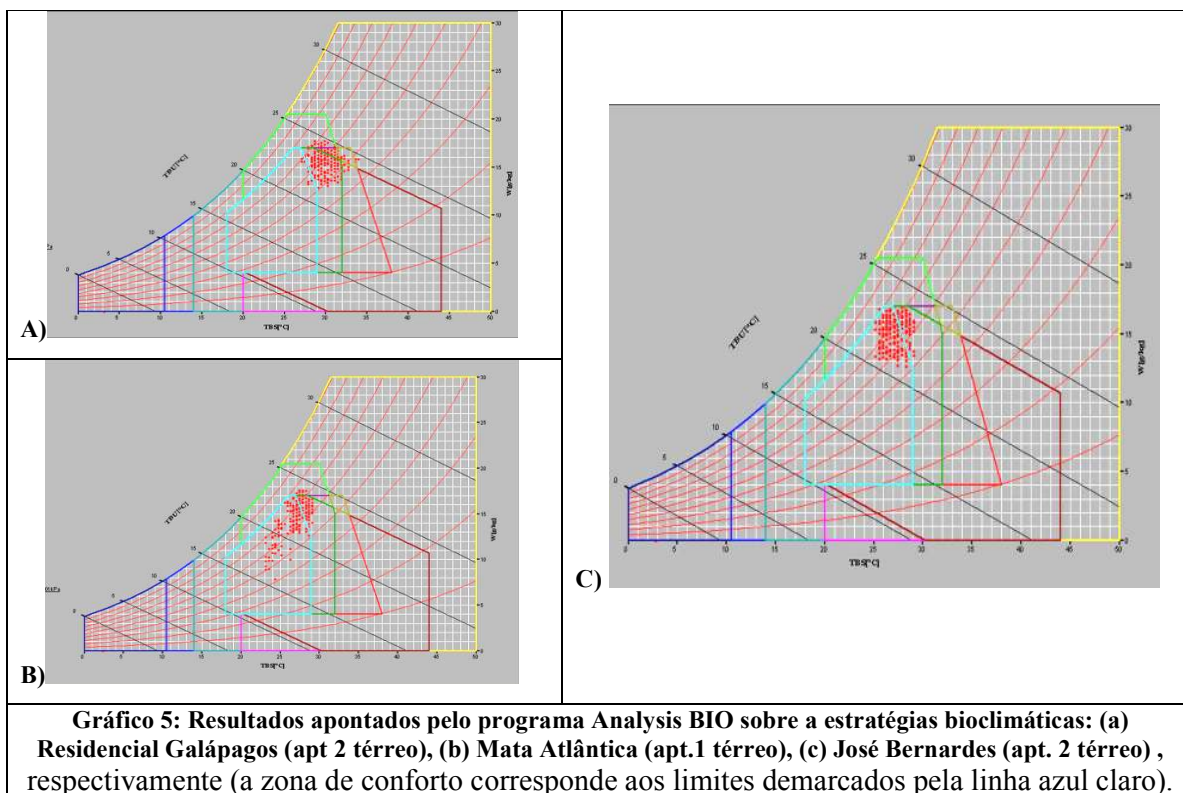
**Tabela 1: Comparação entre os valores médios de temperatura do ar registrados através das medições microclimáticas e através do monitoramento térmico interno**

temperatura do ar - nível microclimático(°C)				temperatura do ar externa -altura 10m (°C)			
Conj. Residencial	09:00	15:00	21:00	Conj. Residencial	09:00	15:00	21:00
<b>GALÁPAGOS</b>	29,6	29,0	26,4	<b>GALÁPAGOS</b>	29,3	38,5	27,4
<b>MATA ATLÂNTICA.</b>	29,7	28,5	25,5	<b>MATA ATLÂNTICA.</b>	29,0	30,2	25,6
<b>JOSE BERNARDES</b>	30,1	29,3	26,0	<b>JOSE BERNARDES</b>	30,1	27,8	25,5

### 3.3 Resultados da estimativa do grau de conforto térmico interno

Conforme os resultados da análise do monitoramento térmico interno, a avaliação dos níveis de conforto através da ferramenta computacional Analysis Bio, aponta que o índice de horas de desconforto térmico nos dormitórios do Residencial Galápagos atingiram até 97,5%, sendo apenas

2,5% as horas de conforto. Nos dormitórios do residencial José Bernardes o índice de horas de conforto alcançaram até 75,8% e no Residencial Mata Atlântica até 54,2% (gráficos 5 a, b e c).



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Correlacionando os aspectos considerados na presente avaliação, pode-se afirmar a necessidade de adequação climática dos arranjos construtivos urbanos, principalmente, em relação ao aproveitamento da ventilação natural e do sombreamento das fachadas. Estas estratégias em cidades de clima quente e úmido devem ser determinadas a partir de um projeto adequado da configuração e do tipo de implantação do arranjo construtivo urbano em interface com o projeto dos edifícios.

Neste sentido, o projeto de arranjos construtivos destinados à habitação de interesse social, determinados significativamente pela redução de custos, pode, sob o prisma de sua adequação climática, contribuir para o atendimento das diversidades regionais e culturais, minimizando os impactos ambientais, sociais e econômicos. O resultado, portanto, corresponderá ao estabelecimento de um desenho urbano e arquitetônico integrado, favorecendo a valorização dos aspectos identitários e sustentáveis, a partir do reconhecimento das potencialidades climáticas de cada local.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MASCARÓ, J.L; MASCARÓ, L.. Cidade: energia, arborização urbana e impacto ambiental. *Ciência e ambiente*, 22, Santa Maria, p.59-72, 2001.

SANTAMOURIS; PAPANIKOLAOU; LIVADA; KORONAKIS; GEORGAKIS; ARGIRIOU; ASSIMAKOPOULOS. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, Volume 70, Issue p. 201-216, 2001.

SOUZA, L.C.L.; LEME, F. T.; PEDROTTI, F. S. Relações entre o fator de visão do céu, a temperatura urbana e o consumo de energia elétrica. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, COTEDI, 4, 2005, Ciudad de México. Anais... Universidad Autonoma Metropolitana, 2005.