

A RELEVÂNCIA DA ESTRATÉGIA VENTILAÇÃO NATURAL PARA PAULO AFONSO/BA/BR

THE RELEVANCE OF NATURAL VENTILATION STRATEGY FOR PAULO AFONSO/BA/BR

LA RELEVANCIA DE LA ESTRATEGIA DE VENTILACIÓN NATURAL PARA PAULO AFONSO/BA/BR

ALEXANDRE MÁRCIO TOLEDO, Dr. | UFAL - Universidade Federal de Alagoas
ERIKLIS YURE SILVA LEONEL | UCSAL - Universidade Católica do Salvador

RESUMO

A ventilação natural é recomendada como uma das principais estratégias bioclimáticas para se obter conforto térmico no nordeste do Brasil. O objetivo foi verificar a relevância dessa estratégia para Paulo Afonso/BA/BR. Compararam-se cartas bioclimáticas geradas por dois softwares, com base em dados do INMET, para o ano climático de 2016, com o modelo de conforto térmico adaptativo. A ventilação natural mostrou-se fundamental para um considerável intervalo de horas do dia ao longo do ano, mas em conjunto com outras estratégias. O Analysis Bio apresentou maior proximidade com o preconizado pelas normas ABNT que o Climate Consultant. As estratégias passivas apresentam papel promissor para as condições climáticas da Z7. O ar condicionado não é recomendado como estratégia ativa principal, contrariando as práticas e preferências locais.

PALAVRAS CHAVE

Ventilação natural; carta bioclimática; Paulo Afonso, conforto térmico.

ABSTRACT

Natural ventilation is recommended as one of the main bioclimatic strategies to obtain thermal comfort in northeastern Brazil. The objective was to verify the relevance of this strategy for Paulo Afonso/BA/BR. Bioclimatic maps generated by two software were compared, based on INMET data, for the 2016 climate year, with the adaptive thermal comfort model. Natural ventilation proved to be fundamental for a considerable range of hours of the day throughout the year, but in conjunction with other strategies. Analysis Bio was closer to what is recommended by ABNT standards than the Climate Consultant. Passive strategies have a promising role for the Z7 weather conditions. Air conditioning is not recommended as a main active strategy, contrary to local practices and preferences.

KEY WORDS

Natural ventilation; bioclimatic charts; Paulo Afonso; thermal comfort.

RESUMEN

La ventilación natural se recomienda como una de las principales estrategias bioclimáticas para obtener confort térmico en el noreste de Brasil. El objetivo fue verificar la relevancia de esta estrategia para Paulo Afonso/BA/BR. Se compararon mapas bioclimáticos generados por dos softwares, con base en datos del INMET, para el año



climático 2016, con el modelo de confort térmico adaptativo. La ventilación natural demostró ser esencial para un rango considerable de horas de luz durante todo el año, pero en conjunto con otras estrategias. Analysis Bio estuvo más cerca de lo recomendado por los estándares ABNT que Climate Consultant. Las estrategias pasivas tienen un papel prometedor para las condiciones climáticas de Z7. No se recomienda el aire acondicionado como estrategia activa principal, contrario a las prácticas y preferencias locales

PALABRAS CLAVE

Ventilación natural; mapa bioclimático; Paulo Afonso, confort térmico.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação natural é uma das principais estratégias bioclimáticas recomendadas para edificações de climas quentes e úmidos, de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005). É fundamental ao projetista entender como utilizá-la adequadamente, uma vez que há variáveis a serem consideradas para seu melhor desempenho. Tal conhecimento possibilitará ao profissional entender a forma, direção e momento em que a ventilação natural e as demais estratégias bioclimáticas devem ser usadas como solução para proporcionar conforto térmico aos usuários dos edifícios passivos.

Nos últimos anos, diante da crise energética e da necessidade de se adotar práticas sustentáveis na construção civil, olhando para o cenário ambiental atual, a energia renovável tem se tornado uma importante fonte energética, a exemplo da energia solar e eólica. A opção pela utilização desse tipo de energia minimiza o elevado custo do uso de equipamentos condicionadores de ar, e de fato, esta tem sido uma prática frequente, até mesmo porque em determinadas situações, são a alternativa ativa mais apropriada para altas temperaturas, quando a ventilação natural não é mais recomendada (LAMBERTS et al., 2014).

Essa realidade, por outro lado, não muda a demanda por projetos que disponham de estratégias bioclimáticas, tanto pelo custo da captação das energias renováveis, que ainda é elevado para usuários de renda média e baixa, como pela necessidade que toda edificação possui de ser confortável termicamente e não ser inteiramente dependente de sistemas ativos para a obtenção de conforto térmico.

Embora haja na atualidade uma tendência de adotar soluções da arquitetura internacional, como o uso de peles de vidro em fachadas, mesmo em climas mais quentes, por exemplo, é do conhecimento do profissional de arquitetura a necessidade de adequar o seu projeto às condições exigidas de conforto (GOULART et al., 1998). Para Frota e Schiffer (2001, p.15), "A Arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas." Tal afirmação enfatiza a importância de se adequar, durante o processo criativo de projeto, propostas que estejam em conformidade com as condições climáticas de cada localidade.

É durante o processo criativo que esses aspectos devem ser observados, e quando o projetista deve compreender

quais são as barreiras climáticas a serem vencidas na localidade para se obter um projeto termicamente confortável; e posteriormente associar as demandas encontradas às estratégias bioclimáticas mais recomendadas, entendendo detalhadamente até que ponto cada estratégia é viável no cenário em questão.

Durante o estudo mais detalhado das questões climáticas locais é que o projetista perceberá até que momento aquela solução bioclimática escolhida é eficiente, e como ela se adequará ao projeto. Boa parte das respostas podem ser encontradas nas cartas bioclimáticas, que se desenvolveram ao longo do tempo por pesquisadores como Victor Olgyay e Baruch Givoni, sendo essa última aperfeiçoada por Lamberts e Roriz, adaptando-a para diversidade climáticas do Brasil; e também por intermédio das cartas solares e diagramas de rosa dos ventos (TOLEDO, 2001).

No momento em que o profissional se limita a dados climáticos gerais, adotando recomendações sem o devido embasamento, pode estar utilizando em sua proposta uma estratégia pouco eficaz, ou que para o contexto solucione parcialmente o problema de desconforto térmico. Afinal, a ventilação natural é de fato uma alternativa que garante boa eficácia para as condições térmicas nas edificações em muitos casos, mas, principalmente para as Zonas Bioclimáticas 7 (Z7) e 8 (Z8) definidas pela NBR 15220-3 (2005), a qual deve ser utilizada de forma específica, para seu melhor desempenho (PACHECO, 2016).

A motivação principal deste artigo é apresentar uma base concreta de estudos climáticos da cidade de Paulo Afonso/BA que ainda não foi elaborada como em outras cidades, destacando como a estratégia ventilação natural se coloca como uma das opções para possibilitar o conforto térmico aplicada a esse clima. Consequentemente, os resultados devem incentivar o profissional de arquitetura a buscar adequar cada vez mais os seus projetos às condições climáticas locais, compreendendo informações pontuais na utilização da ventilação natural de forma eficaz, e dispondo de dados e informações que conjugada às outras etapas do processo de projeto, certamente irão produzir soluções mais eficientes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Clima e arquitetura

O Brasil, por possuir uma vasta área territorial, apresenta grande diversidade climática. Todavia, por conta da sua localização geográfica, cortado pela Linha do Equador,

apresenta na maioria do seu território variações de climas quentes (LAMBERTS et al., 2014).

Mendonça (2007, p.16) classifica o clima brasileiro como tropical, e alega que:

“A configuração climática - sua tropicalidade - expressa-se principalmente na considerável luminosidade do céu (insolação) e nas elevadas temperaturas aliadas à pluviosidade (clima quente e úmido), pois o país situa-se em uma das áreas de maior recebimento de energia solar do planeta - a faixa intertropical.”

Esta afirmação reforça a ideia que muitos pesquisadores da área de arquitetura e conforto térmico possuem de instigar o arquiteto e urbanista a procurar idealizar soluções que possam se adequar a essas condições climáticas.

Um bom projeto precisa possibilitar boas condições de conforto térmico. A arquitetura é feita para o homem e deve servir a ele e ao seu conforto (FROTA; SCHIFFER, 2001), ou seja, é fundamental que o usuário possa se sentir confortável termicamente ao utilizar um espaço edificado, cabendo ao profissional idealizar uma arquitetura que venha a reduzir a carga térmica acumulada ao longo dia, pela envolvória, proporcionando condições de conforto térmico, no trópico. Entretanto, por mais que um bom projeto possa oferecer essas condições, a realidade é que os sistemas de ar condicionado são cada vez mais utilizados, e ocupam a posição de uma das maiores fontes de energias utilizadas em regiões tropicais, quando poderiam ser substituídas por outras opções passivas (BITTENCOURT, CÂNDIDO, 2010; COSTA, 2022). Essa parcela de uso do ar condicionado corresponde por volta de 20% na média nacional de consumo de energia em residências, e a tendência nos próximos anos é que esses números aumentem significativamente, o que reforça a ideia de incentivar projetos adequados ao clima, com estratégias conscientes para reduzir a grande demanda energética esperada (LAMBERTS et al., 2014).

Mesmo com dados que provêm o alto consumo, percebe-se que há uma certa despreocupação no uso de energia em uma parcela da população, principalmente às que dispõem de melhores condições econômicas, posto que podem adotar fontes de energia renovável, como a solar. Porém, este comportamento, somado à falta de uma posição por parte do projetista a um conceito bioclimático nos projetos, têm gerado construções que são dependentes de opções ativas para conforto térmico, configurando-se em um erro, ou pelo menos uma desconsideração do bem-estar dos usuários.

Pode-se explicar a existência de projetos desconfortáveis, além do uso de componentes estéticos recomendados para outro tipo de clima, segundo Goulart et al. (1998), também pela falta de direcionamento dos dados meteorológicos para estratégias voltadas para a arquitetura, uma vez que são desenvolvidos para a aviação e agricultura, o que justifica a localização atual das estações meteorológicas e os parâmetros de medição das variáveis climáticas.

2.2 Arquitetura bioclimática

Todavia, por mais que haja, de fato, a falta desse direcionamento nos dados meteorológicos, os estudos referentes à integração da arquitetura e clima são vastos, e atualmente o profissional da área dispõe de normativas vigentes, bancos de dados disponíveis, e uma gama considerável de programas computacionais que podem auxiliar neste processo.

A relação de arquitetura e clima começou, primeiramente com os estudos de Olgyay (1968), que com o conceito de bioclimatologia, aproximou as relações de arquitetura e conforto térmico humano e criou a expressão “Projeto Bioclimático” (OLGYAY, 1973). Prosseguiu em seus estudos e chegou à Carta Bioclimática, que é um diagrama no qual são mapeadas estratégias passivas e ativas e um modelo de condições desejáveis, que é a zona de conforto, porém com os dados ainda voltados para as condições externas. Os estudos avançaram com Givoni, em 1969, que aperfeiçoou algumas limitações encontradas na carta desenvolvida por Olgyay, adaptando-a à carta psicrométrica, desta vez, propondo estratégias construtivas. Em 1992, com um estudo mais avançado, Givoni aperfeiçoou seus resultados e desenvolveu um modelo de carta bioclimática para os países em desenvolvimento, na qual os limites máximos de conforto anteriores foram reconsiderados e expandidos. Posteriormente, este estudo viria a ser considerado (entre o de outros pesquisadores) o mais adequado para as condições brasileiras (LAMBERTS et al., 2014).

Em suma, uma carta bioclimática (Figura 01), marca os dados de umidade e temperatura nas horas ao longo do ano. Por meio desses são apresentadas as estratégias construtivas que são necessárias para alcançar a zona de conforto higrotérmico. Para sua leitura, consideram-se os seguintes parâmetros: temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido, medidas em Celsius (°C); umidade relativa (UR), medida em porcentagem (%); e razão da umidade (U), medida em grama por quilograma (g/kg).



Figura 01: Carta Bioclimática adaptada ao Brasil
 Fonte: Lamberts et al. (2016)

A zona de conforto (Figura 2), configura-se na região na qual o ser humano estaria numa condição confortável, isto é, sem necessidade de adoção de estratégias passivas ou ativas.

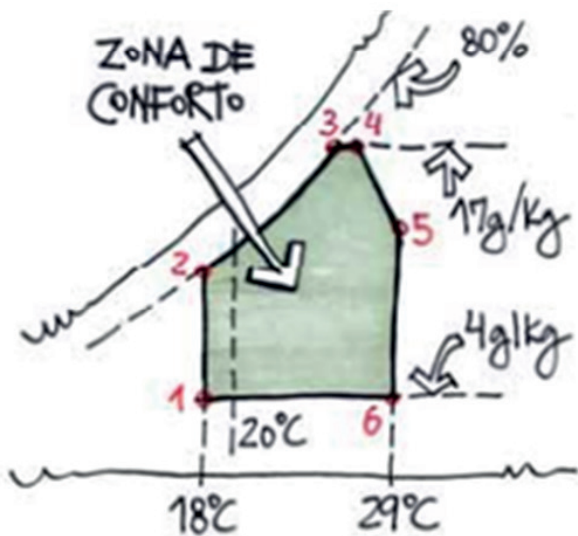


Figura 02: Zona de conforto adaptada ao Brasil.
 Fonte: Lamberts et al. (2016)

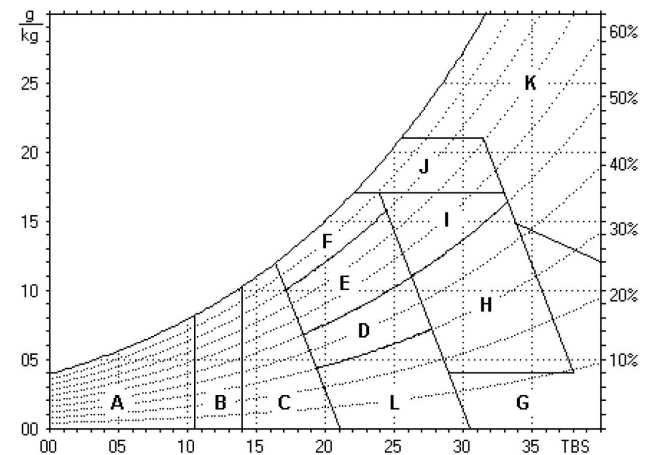
Segundo os parâmetros apresentados, essa zona revela que é possível estar em situação de conforto térmico com uma considerável amplitude na umidade relativa, com valores de 20 a 80%, enquanto no parâmetro de temperatura, o intervalo é entre 18 e 29 °C, considerando que acima de 20 °C, o conforto só é possível quando combinado ao sombreamento (LAMBERTS et al., 2014).

A carta de Givoni (1992), adaptada e utilizada na NBR 15220-3, fundamenta a zona de conforto em 12 subdivisões (Figura 3):

A zona de conforto abrange as zonas D e E (conforto com baixa umidade), com umidade de 30 a 80% e parte da zona L, com umidade de 20% (umidificação).

É importante salientar que os valores e parâmetros encontrados na zona de conforto podem não se adequar para todos os usuários na localidade em estudo, pois os

mesmos possuem suas particularidades e preferências térmicas.



A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de conforto térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de conforto térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

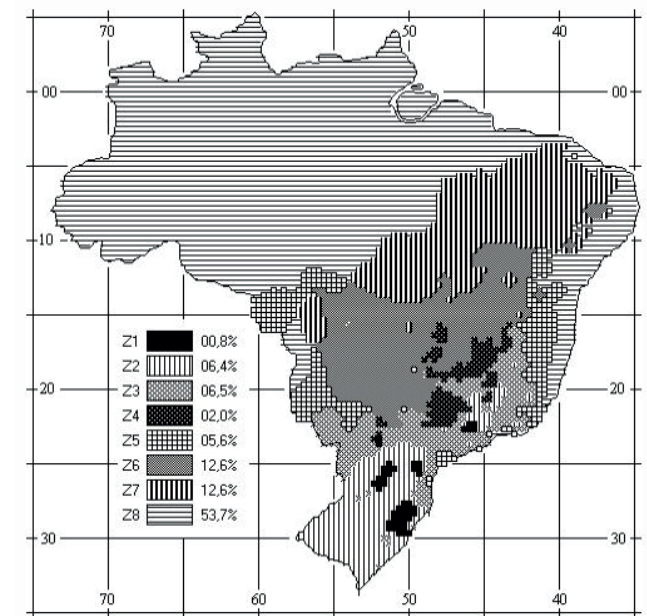


Figura 03: Subdivisões da carta bioclimática e Zoneamento bioclimático brasileiro.
 Fonte: adaptado de NBR 15220-3 (ABNT, 2005)

2.3. Zona de ventilação natural

Acima e ao lado direito da zona de conforto, nas zonas F, J, I e H (Figura 3a), situa-se a zona de ventilação natural. A literatura referente ao conforto ambiental mostra que a ventilação natural, agindo sob uma temperatura excedente aos 32 °C, torna-se indesejada, sendo necessário partir para uma combinação com outra estratégia passiva, ou adotar um recurso ativo, de resfriamento por meio de equipamentos de ar condicionado, por exemplo.

A justificativa para esta afirmativa seria que a utilização desta estratégia em temperaturas altas elevaria o ganho térmico. A região referente à ventilação natural na parte da zona H, atua em conjunto com a estratégia de massa térmica, sendo nesta região limitada pelos valores que excedem 32 °C. (TOLEDO, 2001; LAMBERTS et al., 2014).

É importante salientar que além da finalidade de remoção de carga térmica, a ventilação é também responsável por manter a qualidade do ar nos ambientes e ainda suscitar o resfriamento fisiológico por efeito de convecção (TOLEDO, 2001; PROCEL, 2010).

2.4. Zona sete – quente e úmido

A NBR 15220-3 apresenta um mapa no qual estão marcadas as oito zonas bioclimáticas do Brasil, denominado de Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Figura 3b).

O zoneamento agrupa as cidades pelas condições climáticas e soluções arquitetônicas adequadas, apresentando diretrizes construtivas para cada estratégia.

Segundo o Anexo A da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), a cidade de Paulo Afonso/BA encontra-se na zona 7, cujas recomendações são: (i) aberturas de ventilação pequenas (desumidificação e ventilação cruzada); (ii) sombreamento das mesmas durante todo o ano; (iii) vedações de parede e cobertura pesadas (também para divisórias internas), para que o calor armazenado durante o dia possa ser liberado ao exterior durante a noite; (iv) resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento (atuando em conjunto); (v) ventilação seletiva nos períodos quentes (quando a temperatura interna for superior à externa). Essas estratégias encontram-se com mais detalhes na carta bioclimática, pela qual podem ser analisadas junto aos dados de umidade e temperatura ao longo do ano, facilitando sua aplicação pontual e servindo de ponto de partida no processo de projeto.

Segundo PROCEL (2014), pertencem à zona bioclimática 7 as cidades de Paratinga (BA), Sobral (CE), Goiás (GO), Caxias (MA), Bom Jesus do Piauí (PI). Zona caracterizada por clima quente, com pouca variação ao longo do ano, cujas estações são definidas como de seca e de chuva.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Realizou-se modelagem de dados climáticos da cidade de Paulo Afonso/BA com dois softwares: Climate Consultant 6.0, desenvolvido pela Society of Building Science Educators (EUA) que auxilia projetistas a entenderem o clima local (SBSE, 2023) e Analysis Bio 2.2, desenvolvido

pelo LABEE/UFSC/BR, que auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local (LABEE, 2023), a fim de comparar os resultados gerados e compatibilidade com as normas brasileiras.

O levantamento de dados climáticos foi obtido por meio de um arquivo no formato EPW (Energy Plus Weather Data), retirado do banco de dados do INMET para o ano de 2016 (disponibilizado pelo LABEE-UFSC). Por meio desses softwares, geraram-se as cartas bioclimáticas para as 8.760 horas do ano; identificando-se as divergências na leitura dos valores de cada carta; relacionando as estratégias encontradas e suas recomendações, com base nas condições climáticas, junto às porcentagens de eficiência; possíveis combinações de solução para diferentes resultados; além de outras informações climáticas.

Para obtenção dos diagramas bioclimáticos, foram necessárias algumas ações em cada um dos softwares: no Climate Consultant, alterou-se a unidade de medida de “imperial” para “metric”, facilitando também outras leituras na diagramação, como a troca das escalas termométricas de Fahrenheit para Celsius, nas linhas de temperatura de bulbo seco e úmido; no Analysis Bio, a carta foi gerada com base em um arquivo no formato CSV (Comma Separated Values), que foi obtido por meio de uma importação dos dados lidos no Climate Consultant. Este arquivo foi importado para o Analysis Bio e ajustado o valor da altitude para a correta leitura do arquivo CSV pelo programa.

As informações levantadas foram somadas às do banco de dados do satélite MERRA-2, da NASA, em normas climatológicas coletadas em um intervalo histórico de 30 anos, conforme recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Os dados coletados na abordagem climática da pesquisa são apresentados em tabelas com médias dos horários em que a ventilação natural pode ser utilizada nos meses do ano, e as restrições e recomendações de uso, bem como quais as outras estratégias devem ser utilizadas em conjunto para que haja uma melhor eficiência.

3.1 Breve histórico da área de estudo

O município de Paulo Afonso localiza-se na região nordeste do estado da Bahia, e faz fronteira com os estados de Alagoas e Sergipe (Figura 4). Possui 1.544,388 m² de extensão territorial e 119.213 habitantes, conforme último censo demográfico (IBGE, 2021). É banhado pelo rio São Francisco, e conseqüentemente, conhecido por “Ilha de Paulo Afonso”.

Recebeu este nome por ser anteriormente posse (cedida pelos portugueses) de Paulo de Viveiros Afonso, que havia enxergado grande potencial hídrico nas cachoeiras que o território possui. A força da água, atraiu em 1948, a Companhia Hidrelétrica do Rio São Francisco (CHESF), proporcionando o crescimento da cidade circundando as instalações da usina (LIMA, 2017; SILVA, 2014; PMPA, 2014).

Durante seu desenvolvimento, chegou a ser dividida em muros que separavam a cidade entre a CHESF e a Vila Poty, onde habitavam os operários, o que causou grande segregação social. Após uma valorosa luta de manifestantes locais, a cidade tornou-se unificada e se desenvolveu até os dias atuais por um único caminho (SILVA, 2019).



Figura 04: Localização de Paulo Afonso.
Fonte: adaptado de IBGE (2021).

3.2 Dados climáticos locais

O município de Paulo Afonso está localizado geograficamente a uma latitude de - 9,41, longitude de -38,23 e altitude de 243 metros, segundo dados do INMET (2016).

Utilizaram-se os dados climáticos da Normal Climatológica do INMET, referente ao intervalo de 1981 a 2010 período em que os últimos levantamentos da estação convencional meteorológica de Paulo Afonso foram coletados (Tabela 1). Característico do tipo climático BWh, ou seja, clima árido (COSTA; FUCALE, 2022).

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TEMP. MÁX (°C)	34,4	34,3	33,7	32,5	30,7	38,5	27,1	29,1	31,7	33,8	34,8	34,6
TEMP. MÉDIA (°C)	28	28	27,8	26,9	25,5	23,7	22,9	23,3	25,1	26,8	27,8	28
TEMP. MÍNIMA (°C)	23,1	23,2	23,2	22,8	21,9	20,5	19,5	19,4	20,3	21,6	22,5	22,8
INSOLA. (HORAS)	256	232	236	223	195	151	168	194	237	292	238	267
UMID. RELAT. (%)	58,7	59,6	63,2	67,7	73,4	78,7	77,7	72,7	63,6	58,9	56,1	57,1
P. ATM. (HPA)	982	982	982	983	984	986	987	987	986	984	982	982
PRECIPIT. (mm)	49,2	38,3	76,8	75,3	54,2	62,6	49,3	29	11,7	17,1	19,5	30
DIR. VENTOS	SE	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
VEL. V. (m/s)	3,5	3,4	3,1	3,2	3,1	3,2	3,4	3,7	4,2	4,1	3,9	3,5

Tabela 01: Variáveis Climáticas de Paulo Afonso.
Fonte: adaptado do INMET (1981 - 2010).

Com base nesses dados, nota-se que, embora esteja localizada na região do semiárido brasileiro, a cidade de Paulo Afonso possui valores de umidade relativa média em faixas próximas de 60 a 80%, que podem ser justificadas pelas massas de água represadas do rio São Francisco, que abrangem a área perimetral da cidade, e da considerável quantidade de arborização, original e replantada, proporcionando um microclima diferenciado, mesmo em uma região onde os municípios sofrem com a seca e as altas temperaturas.

Quanto à precipitação, tem-se os meses de setembro, outubro e novembro como os mais secos; e março, abril e junho como os mais chuvosos – valores que não caracterizam um clima chuvoso, mas quente com poucas chuvas. A direção predominante dos ventos é a Sudeste, com exceção do mês de março, com ventos direcionados para o Leste, não havendo variação de sentido durante a noite.

Os valores referentes à temperatura, mostram que ao longo do ano a predominância é de temperaturas mais altas. Entretanto, por serem valores médios, para um entendimento mais aprofundado, foram utilizados também dados em outros bancos disponíveis, como o Gráfico 1, que apresenta uma média horária coletada em um modelo no período de 1º de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2016, com dados retirados do satélite MERRA-2, da NASA.

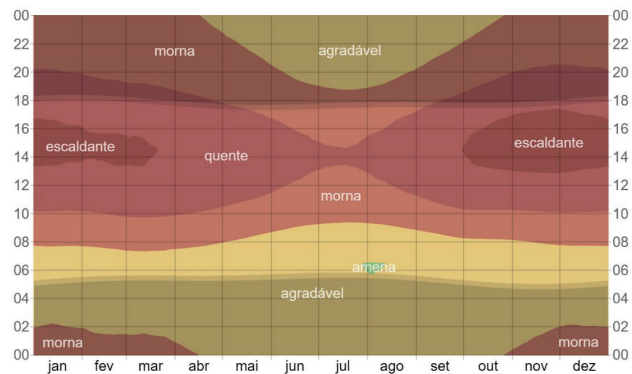


Gráfico 01: Temperatura média horária em Paulo Afonso.
Fonte: Wheaders-park, Merra-2 (2016).

Este gráfico aponta de forma mais clara alguns aspectos: os horários mais quentes ao longo do ano são das 12 às 18 horas; o semestre que abrange os meses de outubro a março são os mais quentes, sendo novembro, o principal, apresentando temperaturas acima de 35 °C (consideradas como escaldantes), em maior parte dos horários do dia, conforme também confirmado pelos dados da Tabela 1. Por outro lado, no período do inverno, no qual as temperaturas são menos elevadas, o mês mais ameno é julho, cujas temperaturas variam numa média de 18 a 30 °C, ao longo do dia.

Essas informações, baseadas em bancos de dados meteorológicos, são fundamentais para o entendimento das cartas bioclimáticas.

4. RESULTADOS DA MODELAGEM

A modelagem bioclimática busca diagnosticar os efeitos que cada estratégia possui no clima estudado. Desta forma, por meio dos dados climáticos coletados, puderam ser destacados os momentos mais adequados do dia para a utilização da estratégia ventilação natural, bem como recomendações de utilização, apresentando-a como ferramenta de estudo para o profissional desenvolver projetos confortáveis aos usuários.

Além da ventilação natural, outras estratégias passivas também são recomendadas para serem utilizadas em conjunto, com destaque para o sombreamento, o qual deve ser utilizado para temperaturas acima de 20 °C.

4.1 Carta bioclimática – Climate Consultant

A modelagem dos dados climáticos pelo software Climate Consultant 6.0 (Figura 4) gerou a carta psicrométrica para Paulo Afonso, a qual apresenta uma lista com todas as estratégias e sua importância expressa em porcentagens. São 16 estratégias de projeto (design strategies) no total, contando com a zona de conforto, sendo que algumas delas são subdivisões de outras.

Para melhor entendimento, é fundamental a compreensão de que em alguns casos, uma zona coincidirá com outra, indicando que naquela delimitação as duas estratégias devem ser utilizadas em conjunto.

Como primeiro ponto de análise voltado às estratégias, destaca-se a número 2 (sun shading of windows - proteção solar das janelas). Este recurso não se posiciona como uma região demarcada nos pontos da carta bioclimática, porém mostra-se um indicativo recomendando sua utilização desde o início da zona de conforto (20 °C). Pelas altas temperaturas encontradas no Brasil, é um recurso altamente recomendado. O sombreamento das aberturas, corresponde a 31,3% de importância para obtenção do conforto térmico para a cidade de Paulo Afonso e deve ser utilizado em combinação com praticamente todos os outros recursos passivos.

Percebe-se que há uma diferença no formato das zonas de conforto, ventilação natural e nos valores que as compõem nesse software em comparação aos apresentados na NBR 15220-3 (Figura 2a). Na zona de conforto, há uma diferença que restringiu os valores de temperatura e os classificou como aceitáveis apenas entre 20 a 24 °C. Por este motivo, a quantidade de horas localizadas nesta zona corresponde a apenas aproximadamente três por cento (253 horas), ou seja, no Climate, em 97% das horas do ano, em Paulo Afonso, é necessário a existência de estratégias bioclimáticas passivas ou ativas que possam fornecer condições necessárias para se obter conforto térmico.

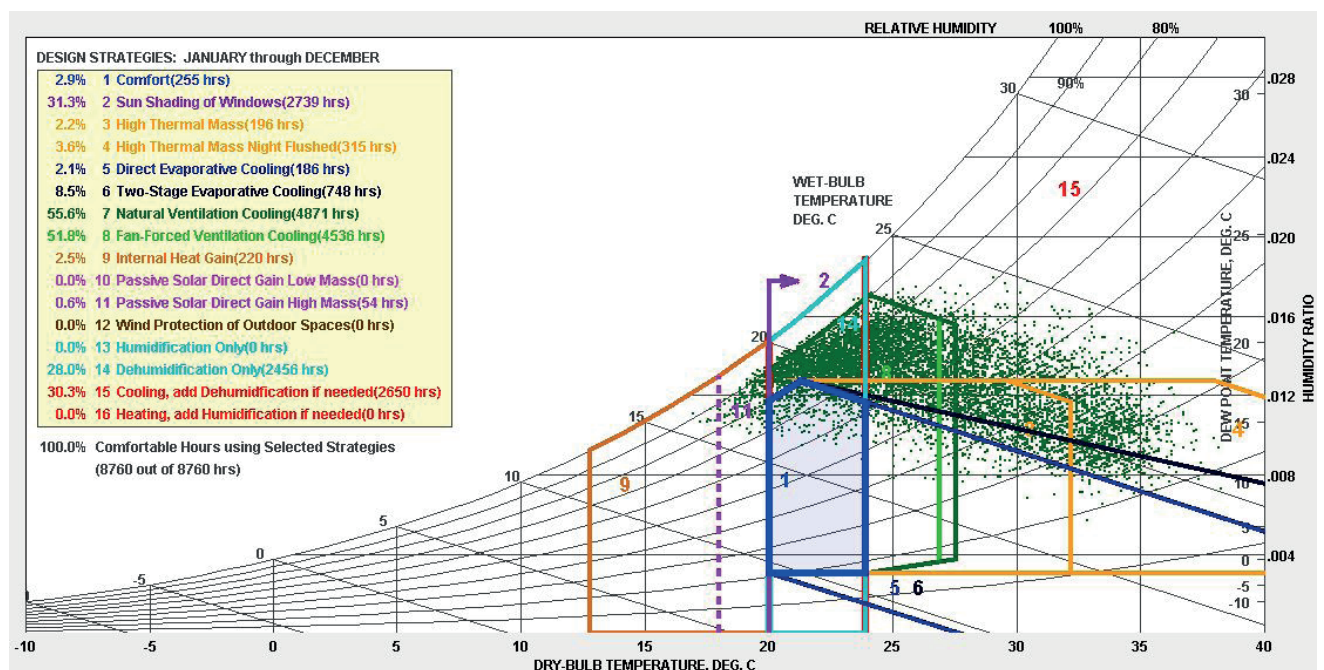


Figura 04: Carta bioclimática de Paulo Afonso – Climate Consultant 6.0.
Fonte: software Climate Consultant 6.0 (2016).

Já na zona de ventilação natural, os valores de tolerância para sua utilização foram reduzidos (nas temperaturas superiores ao limiar da zona de conforto) ao intervalo de 25 a 27 °C, aproximadamente. Esses dados indicam que apenas no período de inverno as condições climáticas são favoráveis. Esse período é o de maior umidade e o mais chuvoso, podendo ser localizado facilmente na carta. Observa-se que esses valores, considerando a zona de conforto, mostram que (em média) apenas no intervalo horário das 22 às 9 horas, nos meses mais quentes do ano, é recomendado a sua utilização, ou seja, em dez horas do dia (na maior parte do ano), há a recomendação do uso ventilação natural, enquanto no restante das 14 horas, sua utilização não é eficiente.

Vale salientar que apesar de apresentar temperaturas altas ao longo do ano, Paulo Afonso tem horas de desconforto térmico também pelo frio, cuja recomendação para esta situação encontra-se na zona 9, referente ao ganho de calor interno, provavelmente nos meses de junho e agosto, nos quais as temperaturas chegam a ficar abaixo dos 20 °C.

Os pontos que marcam o diagrama percorrem com maior frequência na região de umidade com valores na faixa de 60% a 90%, que são números em conformidade com os dados apresentados na Tabela 1. A zona de ventilação natural, é presente em boa parte desta região, e conforme visto na NBR 15220-3 (ABNT, 2005), classifica-se, de início, como uma solução indicada para desumidificar, entendendo que um valor alto de umidade também pode trazer desconforto, e que os ventos podem atuar na troca desse ar úmido acumulado.

O Climate traz uma interessante separação incluindo a estratégia de número 14 (Dehumidification only - somente desumidificação). Essa, seria uma das zonas que fazem parte da subdivisão dos limites que envolvem a ventilação natural. A redução na delimitação da zona de ventilação, ocasionou que alguns pontos marcados na carta ultrapassassem esses limites, e fossem alcançados singularmente pela zona de desumidificação, com pontos marcados acima de (aproximadamente) 88% de umidade.

Cabem duas considerações: primeiro que há um valor de 2,1% nesta zona que não é considerado como combinação à estratégia ventilação natural; e segundo que o valor referente para a utilização da ventilação natural, agindo sem a função de desumidificar será a diferença do seu valor total na carta, 55,6% das horas do ano (o que corresponde a 4.870 horas) subtraído do valor da zona de desumidificação (13), incluindo sua combinação junto à alta inércia térmica e o resfriamento evaporativo (zonas

3, 4 e 6, respectivamente) o que daria um resultado de 2.596,46 horas de conforto térmico por meio dessa solução, um total de 29,64%. Pode-se, então, entender a ação da ventilação natural como recurso bioclimático para Paulo Afonso, segundo a carta psicrométrica gerada no Climate da seguinte forma (Tabela 2):

ESTRATÉGIA	EFICÁCIA
DESUMIDIFICAÇÃO	26% (28,1% - 2,1%)
+ ALTA INÉRCIA + RESF. EVAPORATIVO	29,64%
TOTAL	55,6%

Tabela 02: Recomendação da ventilação natural para Paulo Afonso – Climate Consultant 6.0.

Fonte: adaptado do software Climate Consultant 6.0 (2016).

Observa-se que a estratégia passiva com valores considerados eficientes para as condições climáticas de Paulo Afonso é de fato a ventilação natural, ressaltando que para essa estratégia possuir maior eficácia, torna-se fundamental que venha a atuar com as outras citadas acima (inclusive com o sombreamento), para sua melhor eficiência. Apesar de possuir uma boa quantidade de horas de recomendação, nos parâmetros da carta em estudo, essa estratégia não é tão útil para as altas temperaturas que são frequentes ao longo do ano. A ventilação natural, portanto, nesse caso é insuficiente, havendo a necessidade de desconsiderar o seu uso, principalmente nos meses de setembro a março, e apostar em uma estratégia ativa de resfriamento.

Esses dados apontam que nas horas em que as temperaturas estão acima do campo de ventilação natural, 27 °C, e, em conjunto, a umidade relativa estiver abaixo de 60%, nos meses de outubro a fevereiro, as estratégias mais recomendadas são a alta inércia térmica dos materiais e o resfriamento evaporativo, condizente às zonas 3 e 4 (duas zonas referentes à alta inércia), e 6, respectivamente.

As duas primeiras, segundo os valores da tabela, responderam a 2.3% e 3.6% das horas de conforto, curiosamente um valor desproporcional em relação à sua área ocupada na carta. Para entender esses resultados baixos de porcentagem mesmo com tantos pontos marcados em suas delimitações, é preciso compreender que a zona de ar condicionado (15), engloba todos os pontos (horas ao longo do ano) a partir de 24 °C. Entende-se, então, que para essa análise, utilizar materiais com alta massa térmica seria insuficiente para conduzir uma edificação às condições de conforto.

Já o resfriamento evaporativo corresponde fielmente às condições apresentadas, e se apresenta como uma

ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilação
3. Resfriamento Evaporativo
4. Alta Inércia Térmica p/ Resfr.
5. Ar Condicionado
6. Umidificação
7. Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
10. Ventilação/Alta Inércia
11. Vent./Alta Inércia/Resf. Evap.
12. Alta Inércia/Resf. Evap.

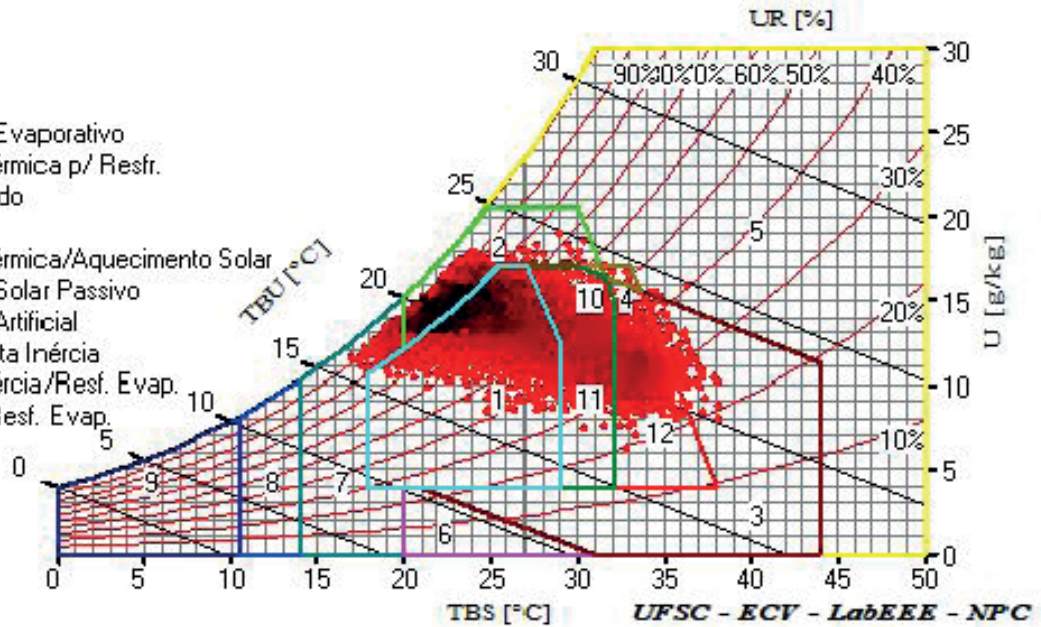


Figura 05: Carta Bioclimática de Paulo Afonso - Analysis Bio 2.2.
Fonte: Software Analysis Bio 2.2 (2016).

opção para umidades relativas baixas com altas temperaturas, embora essas condições sejam consideravelmente menos frequentes.

Por conta da zona de ar condicionado dessa carta ser recomendada mesmo em temperaturas consideradas baixas para uma análise no Brasil, sua utilização torna-se indicada para 30,4% das horas do ano (2.661 horas), o que enfraquece, para esta leitura, a eficácia dos outros recursos passivos recomendados para essa região. Observa-se, então, que a zona de ar condicionado, ao lado da zona de ventilação natural, são as zonas que de fato são relevantes para os critérios adotados, contribuindo em soma para 92,5% das horas do ano como uma solução para obtenção de conforto térmico, ocasionado pelo calor.

Verifica-se certa rigidez no critério adotado, comprovando que os parâmetros utilizados para esta carta não foram compostos para países tropicais como o Brasil, mas para climas temperados, com estações bem definidas e temperaturas mais amenas.

Assim sendo, a análise do Climate Consultant 6.0 considera que as estratégias bioclimáticas só serão suficientes até 24 °C, tendo o resfriamento evaporativo com uma pequena parcela em temperaturas maiores. Considerando que as temperaturas são altas em Paulo Afonso, destaca-se que a eficiência é baixa para a maioria das soluções passivas, sendo a ventilação natural a que possui maior recomendação junto ao sombreamento (que não possui zona demarcada na carta). Este período em que a

ZONAS	EFICÁCIA
1 - CONFORTO	45,7%
2 - VENTILAÇÃO NATURAL	22,3%
3 - RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	1,04%
4 - ALTA INÉRCIA TÉRMICA	0,11%
5 - AR CONDICIONADO	0,068%
7 - ALTA INÉRCIA/ AQUECIMENTO SOLAR	2,23%
10 - VENTILAÇÃO/ALTA INÉRCIA	0,01%
11 - VENTILAÇÃO/ ALTA INÉRCIA/ RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	16,6%
12 - ALTA INÉRCIA/ RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	11,9%
TOTAL	100%
SOMBREAMENTO	97,5%

Tabela 03: Zonas/Porcentagens - Analysis Bio 2.2
Fonte: adaptado do software Analysis Bio 2.2 (2016).

ventilação natural é apropriada, em condições climáticas amenas, realidade pouco frequente culturalmente e regionalmente falando, não é um dado expressivamente relevante, uma vez que se trata de um período classificado como confortável para os habitantes de Paulo Afonso, até mesmo sem sua utilização, permanecendo, assim, os dias quentes sem recomendações passivas que apresentem eficiência considerável.

4.2. Carta bioclimática – Analysis Bio 2.2

A modelagem realizada no software Analysis Bio 2.2 apresenta a carta bioclimática com 12 estratégias a serem usadas (três a menos que o Climate), e disponibiliza outras opções para diferentes simulações por períodos de meses, dias, horas, estações do ano, além do fornecimento de médias em períodos selecionados, gerando diferentes

possibilidades de análises.

A carta bioclimática gerada pelo Analysis Bio 2.2 (Figura 5) possui uma forma mais alargada, justificada pelos gráficos de temperatura e umidade portarem tolerância maior, que é o mais apropriado para análises nas cidades brasileiras.

Além do alargamento da carta, tem-se a adequação na zona de conforto e ventilação natural. As delimitações destas zonas seguem o modelo da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

As porcentagens das principais estratégias bioclimáticas obtidas pelo Analysis Bio demonstram que a estratégia sombreamento é bastante recomendada e outras estratégias se associam à ventilação natural, como alta inércia e resfriamento evaporativo (Tabela 3).

Fora das delimitações das zonas, tem-se a estratégia de sombreamento, que não aparece na carta bioclimática gerada pelo Analysis Bio, mas que por estar incluída como combinação para todas as outras que estão a uma temperatura acima de 20 °C, alcança uma porcentagem de recomendação de 97,5%, comprovando que há uma valorização maior das estratégias passivas (para entendimento deste dado, é fundamental lembrar que o Climate tolerava menos as altas temperaturas, e emprega a necessidade de equipamentos condicionadores para todas as situações em que os valores de temperatura ultrapassaram 24 °C), e que para todas as estratégias voltadas para o conforto térmico causado pelo calor, existe a necessidade de sombrear as aberturas. A porcentagem restante, de 2,5%, é referente ao desconforto causado pelo frio, nos meses de julho e agosto, quando as temperaturas são menores, e não há a necessidade de sombrear.

A zona de conforto, nitidamente, possui uma tolerância maior, agrupando as temperaturas de 18 a 29 °C. Essa

ESTRATÉGIA	EFICIÊNCIA
DESUMIDIFICAÇÃO E CONVECÇÃO	22,3%
+ ALTA INÉRCIA	0,01%
+ RESFRIAMENTO EVAPORATIVO/ALTA INÉRCIA	16,6%
TOTAL	38,9%

Tabela 4: Recomendação da ventilação natural para Paulo Afonso – Analysis Bio 2.2
Fonte: adaptado do software Analysis Bio 2.2 (2016).

mudança causou diferença significativa na quantidade de dias com boas condições de conforto. A zona de conforto abrange 45,7% das horas do ano. Os 54,3% que restaram, são referentes ao tempo de desconforto pelo calor (52%), e pelo frio (2,3%).

As horas presentes na zona de conforto também

fazem parte, em sua maioria, do período mais amenos do ano, correspondendo aos horários das 20 horas às 10 horas (análise em paralelo ao Gráfico 1), em média, para o período mais quente, ao longo do ano. Pontua-se, então, com esses dados que em todo o período da noite e da manhã, ao longo do período quente do ano, em 14 horas do dia, em média, há a necessidade da utilização apenas do sombreamento (pela manhã), sendo desnecessária a utilização das demais estratégias para obtenção de conforto térmico, segundo os parâmetros de conforto da modelagem, tendo o período de maio a setembro com tolerâncias ainda maiores. Por outro lado, tem-se 10 horas de desconforto, alertando a necessidade da utilização de estratégias bioclimáticas para adequar às condições de conforto recomendadas.

A estratégia de ventilação natural apresenta-se, dentre as outras marcadas na carta, como a de maior eficácia (o sombreamento é impreterivelmente recomendado, como fora visto, mas não é indicado como uma zona na carta). Para os parâmetros climáticos de Paulo Afonso, ela atinge uma boa média, uma vez que está diante de uma tolerância mais apropriada para a realidade climática local (Tabela 4).

O Analysis Bio 2.2 não separa as funções de ventilação natural da desumidificação, o que impossibilita uma análise comparativa idêntica à do Climate e justifica a ausência na tabela acima. Por conta dessa situação, houve um valor maior a ser considerado para a ventilação sem função de desumidificação, que seria o parâmetro ideal, mas que não pôde ser constatado para a tabela, uma vez que nessa modelagem toda a zona 2 foi considerada unicamente para ventilação, sem subdivisões. Por outro lado, comparando essa modelagem com o modelo da carta bioclimática adotada para o Brasil (Figura 2a), percebe-se que a zona referente à combinação das estratégias de ventilação natural, alta inércia térmica e resfriamento evaporativo (zonas 10 e 11), faz parte da delimitação em que a estratégia ventilação natural é utilizada sem função de desumidificação, mas com a combinação de outras estratégias, significativamente um dado considerado desaproprado no Climate, em função da alta valorização das estratégias ativas de resfriamento e desvalorização das passivas em valores de temperatura superiores a 24 °C.

O formato apresentado da zona de ventilação natural torna-se significativamente mais favorável para o clima em questão, mesmo tendo uma porcentagem menor, já que está presente em condições consideradas mais desconfortáveis. Portanto, para as temperaturas que ultrapassam a zona de conforto, a ventilação natural (indicada para

o intervalo de 29 a 32 °C) deve ser utilizada em conjunto com o resfriamento evaporativo e alta inércia térmica. As delimitações que compõem essas zonas, se somadas com a zona de conforto proporcionam um valor total de 84,6%, o que dá um indicativo de que a edificação que dispor de boas soluções arquitetônicas, pensadas a proporcionar um bom escoamento de ventilação natural, por seus ambientes internos, em conjunto com as outras estratégias, estará em condições de conforto na maior parte das horas do ano. Esse dado permite classificar essa estratégia como fundamental para uma edificação termicamente confortável, segundo os parâmetros da modelagem, que está em conformidade com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Após a temperatura exceder os 32 °C, num período que equivale a 13,05% das horas do ano (valor encontrado no somatório das estratégias 3, 4, e 12), isto é 1.143,18 horas, o correspondente ao restante do período em desconforto térmico pelo calor, a ventilação natural deve ser evitada, conforme pontuado no diagrama gerado pelo Analysis Bio (que também neste aspecto está em divergência com o Climate). A partir destes valores, deve-se optar pelas estratégias bioclimáticas 3, 4 e 12, sendo essa última, a alta inércia térmica em conjunto com o resfriamento evaporativo, a mais eficaz.

Vale salientar que com a leitura e análise dos dados da norma e do modelo de carta bioclimática apresentado por Lamberts et. al (2014) (Figura 1), entende-se que apesar dessas zonas se apresentarem em conjunto, há o claro entendimento que o peso maior seria destinado à ventilação natural, tendo as demais soluções funcionando como reforço para um resultado melhor da sua atuação, uma vez que já estaria próximo das zonas em que essas outras estratégias atuam isoladamente.

Os resultados referentes à ventilação natural mostram que seu uso é contraindicado apenas no período das 12 às 18 horas, em média, no qual as temperaturas são consideravelmente altas. Portanto, as manhãs e noites, com a utilização correta da ventilação natural (em conjunto com outras estratégias), apresentam, de acordo com essa modelagem, uma temperatura interna confortável, sem necessidade da utilização de ar condicionado.

O restante das horas de desconforto térmico ocasionado pelo calor é cumprido pela estratégia ativa de resfriamento artificial (número 5), que corresponde a apenas aproximadamente 0,07%, o equivalente a seis horas ao longo de todo o ano, um valor que pode ser desconsiderado, sem maiores preocupações.

Por outro lado, os pontos que marcam o desconforto térmico ocasionado pelo frio estão presentes na zona 7, denominada de alta inércia térmica/aquecimento solar, que equivalem a apenas 2,23% do ano, ou seja, aproximadamente 195 horas do ano. Situação claramente indicada para o inverno, quando também não haveria a necessidade de sombreamento.

Por conta dos valores apresentados, e da necessidade de se adotar um estilo de arquitetura adequado à bioclimatologia, os valores referentes ao desconforto pelo frio, tanto nesta modelagem quanto na anterior não possuem peso suficiente para serem considerados durante o processo de concepção do projeto, a menos que seja de interesse do usuário, mas para as condições climáticas que foram levantadas, não há valores relevantes que mostrem que seja imprescindível ter tal preocupação a interferir em uma decisão projetual, podendo ser tranquilamente desconsiderada.

4.3. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

A carta bioclimática gerada pelo Climate Consultant 6.0 apresentou subdivisão em algumas estratégias que facilitaram a compreensão das zonas, dado que a leitura apressada pode trazer alguns entendimentos equivocados, levando à generalização da utilização da estratégia ventilação natural e ocasionando o uso incorreto ou insuficiente da mesma.

A interface, expondo a porcentagem de eficiência para cada estratégia, proporciona conclusões rápidas e permite que haja a seleção de estratégias isoladamente, fornecendo o valor das mesmas em conjunto, possibilitando a avaliação de sua importância. Apesar disso, a leitura e os limites das zonas não estão de acordo com os parâmetros da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), com mudanças

VENTILAÇÃO NATURAL (20 - 27 °C)	MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	INTERVALO	22 9	22 9	21h30 9	21h30 9	19 9h30	18 11	17h30 11h30	18 11	20 9	22 9	22 9	22 9
HORAS	11	11	11h30	11h30	14h30	17	18	17	13	11	11	11	10h30

Tabela 05: Horário para a utilização da estratégia ventilação natural (Climate Consultant 6.0).
Fonte: adaptado do software Climate Consultant 6.0 e satélite MERRA-2 (2016).

significativas na zona de conforto e na zona de ventilação natural - estratégias bioclimáticas em evidência para a Z7 - resultando em divergências na sua análise. Sendo assim, não obstante, as interessantes análises geradas por essa modelagem, claramente não interpretam corretamente as condições climáticas brasileiras, sendo extremista em pontos de alta relevância, como por exemplo, a utilização do ar condicionado para temperaturas acima de 24 °C, que invalidaria as demais estratégias bioclimáticas passivas, classificando-as como insuficientes, mesmo que em algumas situações pudessem de fato ser eficientes.

Com base nos parâmetros apresentados, fundamentados em conjunto aos valores fornecidos pelo Gráfico 1, os horários viáveis para utilização da ventilação natural puderam ser demarcados (Tabela 5). Por se tratar de uma leitura em gráfico, o intervalo horário é dado por números aproximados, coletados por meio de uma leitura de aproximação, sem alta precisão, mas o suficiente para possibilitar a análise e exibir uma base para compreender os horários viáveis para a utilização da ventilação natural em cada mês do ano. A contagem dos intervalos começa pela noite até o horário limiar pela manhã ou tarde, para facilitar a análise e evitar interrupções.

Cabe ressaltar que para o mês de julho, segundo o Gráfico 1, no horário referente às seis horas, há uma queda na temperatura, no qual os valores seriam classificados como fora da zona de conforto. Porém, como corresponde a um pequeno período (minutos aproximadamente), foi desconsiderado para essa análise.

Os dados mostram que as condições de utilização da ventilação natural estão restritas ao período da noite até a manhã, na maior parte do ano, destacando que o inverno apresenta intervalos maiores. Por esses dados, gerados pela carta bioclimática, não haveria soluções passivas com grande eficiência para os períodos quentes, o que seria uma situação de complexidade para habitações de classes econômicas média e baixa.

Esses valores são justificados por conta do software Climate Consultant ser adequado para as condições climáticas de países temperados, mas apesar de divergir com o cenário do Brasil, é interessante o entendimento de que as condições de bem-estar do ser humano podem variar

por meio de vários parâmetros, sendo improvável que haja uma unanimidade para os valores da zona de conforto em todo o mundo, e que de fato há a necessidade de adequações para as condições locais.

Já a modelagem gerada pelo Analysis Bio 2.2 apresenta adequações necessárias ao clima do Brasil, proporcionando uma leitura mais realista. Os relatórios por ele fornecidos permitem realizar comparações diretas com o Climate Consultant, todavia, a ausência da subdivisão de desumidificação na zona de ventilação restringiu algumas conclusões.

A carta bioclimática do Analysis segue os parâmetros da norma brasileira e em consequência disso, apresenta uma zona de conforto mais adequada ao trópico, agrupando uma maior quantidade de dias, com temperaturas até 29 °C.

A ventilação natural possui função bioclimática fundamental até 32 °C, ampliando consideravelmente o limite máximo de temperatura. Nessa situação, os horários em que a ventilação natural é recomendada são consideravelmente reformulados e ampliados, com destaque para os meses de maio a agosto, quando essa estratégia é indicada para todas as horas do dia (Tabela 6), com percepção de morna e quente, durante o dia, e agradável ou amena, durante a noite e madrugada

Os valores da tabela mostram que apesar da ventilação natural não ser suficiente para todo os horários do ano, como fora visto na carta, pode-se classificá-la como de suma importância, recomendada para a maior parte do dia, sendo inadequada nos períodos após o meio-dia até o fim da tarde (aproximadamente 18 horas). Nos meses de maio a agosto, a ventilação é capaz de solucionar integralmente o desconforto térmico causado pelo calor, já que as temperaturas são mais amenas.

O dado de maior relevância e divergência entre as duas simulações está na zona de ar condicionado para a obtenção de conforto térmico: O Climate supervaloriza essa estratégia, enquanto o Analysis Bio a classifica com um valor significativamente baixo, que poderia até mesmo ser desconsiderado para os parâmetros de conforto em estudo.

É importante reforçar que para cada pessoa, os requisitos de bem-estar térmico podem ser diferentes, porém é

VENTILAÇÃO NATURAL (20 - 32 °C)	MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	INTERVALO	18	17h30	17	16	0	0	0	0	17	18	19	19
	HORAS	12	12	12	12	24	24	24	24	12	12	12	12

Tabela 06: Horários para a utilização da estratégia ventilação natural (Analysis Bio 2.2).
Fonte: adaptado do software Analysis Bio 2.2 e satélite MERRA-2 (2022).

inegável que números como esses são animadores, dado que na primeira modelagem, com o Climate Consultant, havia certa desconsideração pelos recursos passivos.

Esses valores ressaltam outra vez a importância do arquiteto e urbanista ter conhecimento dos dados climáticos locais, podendo propor projetos que proporcionará a possibilidade do morador usufruir de uma residência com bons parâmetros de conforto térmico, independentemente da classe social, desmistificando a crença de que o ar condicionado é a única solução para conforto térmico em climas mais quentes.

5. CONCLUSÃO

O estudo realizado por meio da comparação das modelagens climáticas com os programas Climate Consultant e Analysis Bio permitiu a desmistificação e entendimento melhor da importância da ventilação natural para a cidade de Paulo Afonso/BA. As divergências entre elas apresentaram informações importantes que alcançaram o objetivo de verificar sua importância para o clima local, e apresentar a diversidade de dados que comprovam esses fatos e os direcionam.

O programa Climate Consultant, apesar de apresentar uma carta bioclimática com um zoneamento mais subdividido, gerando análises diversas, não demonstrou consonância com as normas brasileiras, para as condições climáticas de Paulo Afonso; contudo, mostrou-se interessante para entender o comportamento da ventilação natural.

Já a modelagem com o programa Analysis Bio, apresentou resultados mais adequados para serem utilizados como base de projetos em Paulo Afonso, por considerarem as condições de conforto preconizadas pelas normas brasileiras, mais propícias às regiões tropicais.

A ventilação natural, em conjunto com a alta inércia e o resfriamento evaporativo, são indicadas para restabelecer o conforto térmico em quase 85% das horas do ano, tornando-se a estratégia mais recomendada ao lado do sombreamento.

Para os demais períodos do ano, o mais adequado é optar pelo fechamento das aberturas para o exterior, evitando a entrada de ventos quentes, e apostar em uma arquitetura pensada para dispor de soluções que impeçam a forte radiação solar, de adentrar para o interior do edifício. Desta forma, é importante que o arquiteto em Paulo Afonso ao projetar procure adequar suas concepções a essas quatro estratégias bioclimáticas em conjunto, compreendendo que elas podem atuar em momentos diferentes tanto em conjunto (se potencializando) como

isoladamente, atendendo outras demandas.

Nas horas de ausência de ventos, é interessante investir em uma solução híbrida, por meio da utilização de ventiladores de mesa ou de teto, por exemplo.

Há uma vasta literatura referente a como utilizar a ventilação natural para condições climáticas semelhantes às de Paulo Afonso. Os demais conhecimentos sobre sua utilização já são detalhadamente abordados por diversos pesquisadores, como Toledo (2001), CAIXA (2010), ELETROBRAS/ INMETRO (2012), ELETROBRAS/ PROCEL (2014), Lamberts et al. (2016), Tibúrcio (2017), Silva e Toledo (2021), dentre outros; além dos materiais da PROCEL e sites voltados para a área de conforto térmico, como o PROJETEEE, por exemplo.

Nota-se a necessidade de novas investigações, como um estudo específico para adequar a ventilação natural nas edificações geminadas do bairro da antiga Vila Poty, que possuem plantas similares, com compartimentos sem janelas (alcovas); além de um material mais aprofundado da utilização do resfriamento evaporativo e alta inércia térmica, para as temperaturas altas do período da tarde.

Além disso, pesquisas que levantem a percepção e preferência térmica dos moradores locais são necessárias, visando confrontar com os dados gerados pelos dois softwares utilizados.

REFERÊNCIAS

ARQUIVOS CLIMÁTICOS INMET 2016. LABEEE. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações residenciais. Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

BAHIA | PAULO AFONSO | PANORAMA. IBGE. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama>>. Acesso em: 18 de setembro de 2022.

BITTENCOURT, Leonardo; C NDIDO, Christhina. Ventilação natural em edificações. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - CAIXA. Boas práticas para habitação mais sustentável. Coordenadores Vanderley

Moacyr John; Racineu Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

CLIMA, CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS EM PAULO AFONSO NO ANO TODO. Wheater Spark. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31084/Climacaracter%C3%ADstico-em-Paulo-Afonso-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

COSTA, Gleidson Martins da; FUCALE, Stela. Avaliação do desempenho de edificação com vedações verticais de concreto armado moldado in loco. *Research, Society and Development*. V.11, n.10, 2022.

COSTA, Maria Livia da Silva. Análise do conforto térmico utilizando a ventilação natural e do consumo de energia com o uso do ar condicionado: O Caso da Faculdade de Arquitetura e da Escola Politécnica. 2022, 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DADOS CLIMÁTICOS. Projeteee. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projeteee/dados=-climaticos/?cidade=BA+-+Paulo+Afonso&id_cidade=bra_ba_paulo.afonso.829860_inmet>. Acesso em: 11 de setembro de 2022.

ELETOBRAS/INMETRO. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R, 2012.

ELETOBRAS/PROCEL. Manual para aplicação do RTQ-R, 2014.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R; FIRMINO S. Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1998.

HISTÓRIA DA CIDADE. Prefeitura de Paulo Afonso. 2014. Disponível em: < <http://www.pauloafonso.ba.gov.br/Novo/?p=noticias&i=4004>>. Acesso em: 27 de setembro de 2022.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEE. Analysis BIO. Acessado em 13 de fevereiro de 2023. labeef.ufsc.br/pt-br/downloads/softwares/analysis-bio.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. Eficiência Energética na Arquitetura. 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2014.

LIMA, João de Sousa. Paulo Afonso e a Vila Poty: A história não contada. Paulo Afonso, BA: Editora Fonte Viva, 2017.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTENEGRO, Gildo A. Ventilação e Cobertas: estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

NEW TWO-TIER APPROACH ON “CLIMATE NORMALS”. WMO. 2015. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/news/new-two-tier-approach-%E2%80%9Cclimatennormals%E2%80%9D#:~:text=Climate%20normals%20are%20presently%20updated,climate%20much%20faster%20than%20before>>. Acesso em: 27 de setembro de 2022.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL. INMET. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 27 de setembro de 2022.

OLGYAY, Victor. Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. 4ª ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1973.

PACHECO, Giovani Hudson Silva. Determinação de recomendações bioclimáticas para habitação de interesse social de quatro climas do Rio Grande do Norte. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.

PROCEL. Diretrizes para Obtenção de Classificação Nível A para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. 2014.

SILVA, Antônio Galdino da. Abel Barbosa: O inventor de Paulo Afonso. Paulo Afonso, BA: Editora Oxente, 2019.

SILVA, Antônio Galdino da. De Forquilha a Paulo Afonso: Histórias e Memórias Pioneiras. Paulo Afonso, BA: Editora Fonte Viva, 2014.

SILVA, K. R. G.; TOLEDO, A. M. Determinação do padrão dos ventos das nove capitais do nordeste do Brasil para aplicação em edifícios multifamiliares da tipologia H. In:

XVI ENCAC/ XII ELACAC, 2021, Palmas/TO. Anais ENCAC/ ELACAC 2021. São Paulo/ SP: ANTAC, 2021. p.850 – 859.

SOCIETY OF BUILDING SCIENCE EDUCATORS – SBSE. CLIMATE CONSULTANT. Acessado em 13 de fevereiro de 2023. <https://www.sbse.org/resources/climate-consultant>.

TIBURCIO, Isabela Cristina da Silva Passos. Ventilação natural em edificações residenciais: parâmetros normativos para configuração das aberturas. 2017, 155 f. Tese (Doutorado em Dinâmica do Espaço Habitado). Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

TOLEDO, Alexandre Márcio. Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do código de obras e edificações de Maceió. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

AMT: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

EYSL: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

AUTORES

ORCID: 0000-0002-6890-1505

ALEXANDRE MÁRCIO TOLEDO, Dr. | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS | ARQUITETURA E URBANISMO | MACEIÓ, AL - BR | CORRESPONDÊNCIA PARA: R. IBIRIBA, 261 – GRUTA DE LOURDES, MACEIÓ - AL, 82 99983-6248 | E-mail: alexandre.toledo@fau.ufal.br

ORCID: 0009-0005-9757-7758

ERIKLIS YURE SILVA LEONEL, Especialista. | UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR | CONFORTO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE | SALVADOR, (BA) - BR | CORRESPONDÊNCIA PARA: R. PADRE CÍCERO, 41 – NOSSA SENHORA DE FÁTIMA, PAULO AFONSO - BA, 75 99125-8440 | E-mail: yureleonel@hotmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

TOLEDO, Alexandre Márcio; LEONEL, Eriklis Yure Silva. MIX Sustentável, v. 9, n. 3, p. 131-146, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: __/__/___. doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n3.131-146>>.

SUBMETIDO EM: 18/01/2023

ACEITO EM: 02/04/2023

PUBLICADO EM: 30/07/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo e Lisiane Ilha Librelotto.