



ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DA MICRORREGIÃO DE MANHUAÇU-MG

Felipe Emerick Mendes Pires

Amanda Santos Vargas

Curso: Arquitetura e Urbanismo

Período: 9º Área de Pesquisa: Conforto Ambiental

Resumo: A partir da arquitetura Bioclimática é possível integrar o homem ao meio natural utilizando sistemas construtivos que aprimorem o uso dos recursos naturais locais, aumentando a eficiência energética da edificação e fazendo com que a construção civil desempenhe papel positivo na recuperação e restauração do processo ambiental (sustentabilidade). O presente estudo propõe analisar o clima da microrregião de Manhuaçu e produzir um painel bioclimático local para auxiliar na consulta dessas informações de forma organizada e esclarecedora, facilitando a análise do sítio e a tomada de decisões relativas ao projeto arquitetônico que irá responder as necessidades do usuário e ao clima local. Indaga-se, portanto, se a produção desses painéis bioclimáticos regionais tornaria mais viável a concepção de projetos de arquitetura aptos a receberem certificação ambiental. A pesquisa evidencia a atual situação da arquitetura que vem sendo realizada na cidade de Manhuaçu, e, a partir de análises do que têm sido produzidos, busca definir estratégias de condicionamento térmico passivo considerando os resultados obtidos após estudo do clima local a partir dos dados fornecidos pelo INMET com auxílio dos programas *Analysis-BIO* e *Analisis-SOL-AR*. Concluindo que a produção de painéis bioclimáticos se faz necessária para a realização de projetos de arquitetura sustentáveis e passíveis de receberem certificação ambiental, pois esses painéis orientam o projetista a utilizar estratégias mais adequadas para uma realidade regional específica, e com isso fazer edifícios ambientalmente adequados que promovam, além de qualidade de vida, a sustentabilidade e recebam selos de certificação ambiental.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática; Certificação ambiental; Estratégias bioclimáticas; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A partir de grandes conferências realizadas nos anos 1990 com finalidade de discutir os impactos do homem ao meio ambiente, originou-se o termo Arquitetura Sustentável, com o objetivo de minimizar os impactos das edificações e renovação dos recursos ambientais após reconhecer que a construção civil é uma das atividades que mais consomem recursos naturais no mundo (LAMBERTS *et al.*, 2014). Sob essa mesma ótica, ao colocar a Arquitetura Sustentável ligada a Arquitetura Bioclimática, tem-se o objetivo de criar edifícios que relacionam o ambiente construído com seu entorno, integrando-o ao clima local com o intuito de aumentar a qualidade de vida dos usuários consumindo o mínimo possível de energia, visando o conforto ambiental, satisfazendo as necessidades do presente sem comprometer as das gerações futuras (Sustentabilidade) (CORBELLA, YANNA, 2009).

Segundo Corbella e Corner (2010), no Brasil, a indústria da construção civil perdeu sua compatibilidade ao clima tropical por ser fortemente influenciado pela arquitetura internacional, fazendo com que recursos nada eficientes sejam utilizados nas edificações, prejudicando o conforto ambiental e desconectando a edificação do meio natural. Entretanto, iniciativas mais recentes vêm sendo utilizadas para promover as construções sustentáveis. Uma dessas iniciativas é o desenvolvimento de certificação ambiental para edificações, com o objetivo de reconhecer empreendimentos que empreguem soluções sustentáveis por meio de um Selo, que gera a estes benefícios econômicos, sociais e ambientais (GONÇALVES, BODE, 2015).

É nesse cenário que a microrregião de Manhuaçu (que abrange vinte municípios da zona da mata mineira) entra como objeto de estudo. A região tem como predominância o clima tropical litorâneo e apesar de ter acesso aos dados levantados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sobre o clima brasileiro, a informação não se mostra suficiente para a aplicação de estratégias bioclimáticas em projetos na área em questão, muitas vezes por ser difícil de ser interpretada.

Em alguns locais do mundo, são produzidos painéis bioclimáticos (coletânea de dados bioclimáticos específicos para uma região determinada) a partir de informações do clima local, que resumem e tornam fácil a aplicação dos dados de uma forma consolidada e acessível, para o máximo aproveitamento e integração na composição arquitetônica. Assim, é preciso saber de que forma esses painéis bioclimáticos interferem na qualidade das produções arquitetônicas. Portanto indaga-se: a criação de painéis bioclimáticos regionais torna mais viável a concepção de projetos de arquitetura aptos a receberem certificação ambiental?

Em busca a responder esse questionamento, o presente artigo tem por objetivo produzir um painel bioclimático local para auxiliar na consulta dessas informações de forma organizada e esclarecedoras, facilitando a análise do sítio e a tomada de decisões relativas ao projeto arquitetônico que irá responder as necessidades do usuário e ao clima local.

Para o alcance dos resultados esperados no presente trabalho é preciso fazer a análise de um conjunto de dados, para tal, foram traçados os seguintes objetivos específicos: Avaliação bioclimática (Carta psicrométrica) da cidade, feita por meio do ano climático de referência (dados do INMET 2018) com auxílio do programa *Analysis-BIO*; Avaliação de carta solar por meio da latitude da microrregião com o auxílio do programa *Analysis-SOL-AR* e avaliar rosas-dos-ventos com os dados de frequência de ocorrência dos ventos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Sustentabilidade e arquitetura bioclimática: evolução dos conceitos

A década de 1970 foi marcada pela reviravolta do cenário energético mundial, consequência do aumento do preço do petróleo nos países mais desenvolvidos. Dessa forma, a produção de eletricidade teve que crescer consideravelmente para superar a crise (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Segundo o autor supracitado, o aumento do consumo energético e da população nos grandes centros urbanos, exigiu grandes investimentos governamentais em produção de eletricidade o que acarretou a redução de investimentos em outras áreas como saúde, educação e habitação. Com esse novo cenário, começou a partir de então a busca pela eficiência energética, que basicamente é a redução do consumo de energia e otimização dos recursos naturais.

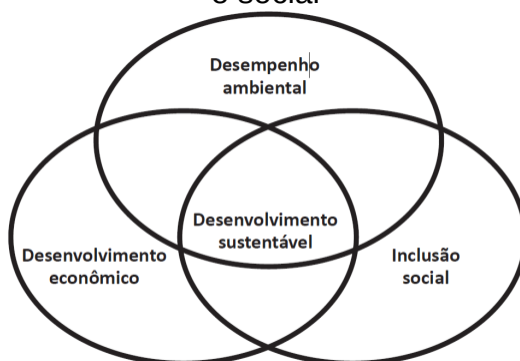
O desdobramento da crise gerou ações benéficas ao meio ambiente, pois a partir do ocorrido, importantes movimentos ambientais começaram a ser realizados com objetivo de discutir a ação do homem sobre os recursos naturais do planeta. Desse modo a Organização das Nações Unidas (ONU) abraçou a causa e iniciou uma série de conferências internacionais para discutir a questão (GONÇALVES, BODE, 2015).

Em uma dessas conferências desenvolvidas mundialmente, Eco'92, cria-se o termo “sustentabilidade”, que segundo Lamberts, et al (2014);

[...] discutiu o papel da humanidade em ser capaz de se desenvolver de forma sustentável, ou seja, de garantir que seu desenvolvimento, que, embora atenda às necessidades do presente, garanta as gerações futuras atenderem também as suas necessidades. (LAMBERTS *et al.*, 2014, p.22).

Magdaleno e Nobrega (2015 apud Keller, Burke, 2010) traduzem o desenvolvimento sustentável em uma imagem, o resultado do tríptico relacionando as sustentabilidades econômica, ambiental e social (figura 01).

Figura 01 –Resultado tríptico relaciona as sustentabilidades econômica, ambiental e social



Fonte: (Magdaleno, Nóbrega, 2015 apud Keeler; Burke, 2010).

Além disso, a Eco'92 lançou a Agenda 21 Global em 1992 na conferência do Rio de Janeiro, que tratou de assuntos relacionados com a sustentabilidade nas construções, que são, por sua vez uma das atividades que mais consomem recursos naturais no mundo, não só pelo ato de edificar como também pelo processo de manutenção ao longo da vida útil das edificações. Portanto a Agenda 21 contemplou critérios para redução de impactos por meio de medidas e alterações na forma em

que os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo (GONÇALVES, BODE, 2015).

Após a implementação da Agenda 21, começou a se pensar nos impactos que um edifício poderia trazer para o meio ambiente e questionamentos passaram a ser levantados de como projetar edifícios otimizando o uso dos recursos naturais e como manter os mesmos consumindo o mínimo de energia possível, dando origem ao termo Arquitetura sustentável (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Recentemente, em 2015 foi realizada a conferência das partes (COP21) em Paris, no qual foi adotado um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças, para isso, fez-se necessário a ratificação das emissões de gases de efeito estufa nos 195 países que assinaram o acordo.(MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, sd)

Vale ressaltar que, o período que antecede a crise do petróleo era dominado pelo estilo internacional, estilo esse que influenciou os arquitetos a apostar em uma arquitetura sem relação com o clima local, passando a depender de condicionantes ativos: o ar condicionado e iluminação artificial (CORBELL, CORNER, 2010).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2018), as edificações compostas por residência, comércio e edifícios públicos, representou cerca da metade do consumo total de eletricidade no Brasil em 2017, chegando a 51%, sendo desses 26% residencial, 17% comercial e 8% de edifícios públicos. Dessa forma pode-se observar que apostar na sustentabilidade das edificações gerenciando os recursos utilizados e administrar ao longo da sua vida útil a máxima eficiência energética, pode reduzir consideravelmente os impactos causados pela ação humana ao meio ambiente.

É nesse contexto, de discussões relacionando o edifício ao meio ambiente, que nasce Arquitetura bioclimática, que, segundo Lucas (2017), leva em consideração os aspectos ambientais, incluindo o clima, a cultura e a história do lugar. Essa proposta de arquitetura aproveita ao máximo os recursos naturais locais para garantir uma maior eficiência energética assegurando temperatura e qualidade do ar interior, adequados ao conforto ambiental no edifício.

Ainda segundo o autor supracitado, esse conceito não é novo. O Homem sempre aperfeiçoou técnicas construtivas para melhorar sua forma de morar ao longo da história. A arquitetura vernacular é um bom exemplo de concepção bioclimática, onde os povos adaptavam suas moradias levando em conta os conhecimentos da natureza local.

Com isso, afirmar-se então que cada lugar originava respostas diferentes em suas arquiteturas, sempre procurando o equilíbrio entre o homem e o meio. Essas premissas da arquitetura vernacular foram esquecidas no tempo, principalmente na era moderna, onde o estilo internacional, a tecnologia e a falta de consciência ambiental geraram edifícios insalubres e totalmente dependentes de sistemas artificiais, como mencionado nos textos acima.

Segundo Serafim *et al.* (2017, apud ANDRADE, 1996), o termo projeto bioclimático foi denominado pelos irmãos Olgyay em 1963, que é quando o projeto de arquitetura é desenvolvido seguindo os requisitos climáticos específicos. Procurando obter de forma natural o conforto térmico aos ocupantes minimizando os custos de energia, exploradas pelo projeto da edificação por meio de estratégias bioclimáticas.

A arquitetura Bioclimática preocupa-se com a adequação da construção, visando ao conforto térmico, acústico e visual do usuário. Ela trata o envelope da construção como uma membrana reguladora (permeável e controla) entre o ambiente externo e o interno. Essa

“membrana” é utilizada para seguir um ambiente interno confortável, para isso, o arquiteto deve ser hábil em utilizar recursos de projeto e escolher materiais convenientes, levando em conta as variáveis climáticas externas. (CORBELLA, CORNER, 2010, p.15)

Portanto, para se projetar baseado nos preceitos climáticos é necessário compreender antes as características e condições do clima local, pois é ele que de fato dita as premissas e elementos que serão aplicados na composição arquitetônica. Dessa forma o clima é o principal elemento para elaboração de projetos bioclimáticos, pois é resultado de diversos fatores atmosféricos como: sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, solo etc. O conjunto dessas condições pode ser medido por dados como temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações (ROMERO, 2013). Com isso, compreender esses dados torna-se indispensável para o entendimento do cenário a ser considerado ao se elaborar um projeto bioclimático.

2.2 Estratégias bioclimáticas: Conceitos

É a partir do uso consciente e racional dos elementos naturais de cada região que a arquitetura bioclimática é aplicada em todo seu potencial. Isso faz com que determinados fatores, anteriormente vistos como problemas, passem a ser utilizados em prol do bom funcionamento da arquitetura.

As pesquisas de Noya, Seroa e Abreu (2013) constataram que a arquitetura bioclimática oferece métodos construtivos simples, porém eficazes.

Estratégias como:

- Correta implantação da arquitetura no terreno, levando em conta sua orientação em relação à insolação e à posição dos ventos;
- Utilização de materiais adequados ao clima da região;
- A especificação de proteções solares a fim de reduzir a exposição direta à radiação solar;
- A construção de telhado verde ou coberturas que não recebam diretamente a radiação, ou saibam absorver ou refletir de forma a não prejudicar o exterior nem o interior;
- O uso de cortinas verdes nas faces de maior insolação, também evitando a insolação direta;
- O uso de vidros prismáticos nas partes superiores das janelas;
- Iluminação zenital visando o aproveitamento máximo de luz natural, dispensando o uso de lâmpadas durante o dia;
- Uso da ventilação cruzada, a fim de promover a troca de calor dispensando o uso de condicionadores de ar e ventiladores ao longo do dia e da noite; (NOYA, *et al.*, 2013, p.5)

Os métodos apresentados no trabalho dos autores, ajudam a entender melhor e de maneira organizada as estratégias que serão implementadas na edificação em determinada região. Esses métodos foram reunidos a partir de estudos do clima local, por meio das variáveis climatológicas: Radiação solar, vento e umidade (JUNIOR, 2015).

Esses estudos são organizados em forma de tabela para serem melhor interpretados, como é o caso da carta bioclimática elaborada por Giovani em 1969, sobre os estudos de Olgyay. Essas cartas são elaboradas sobre diagramas psicrométricos que relacionam Umidade Relativa do Ar X Temperatura, caracterizado por cada região (JUNIOR, 2015).

A figura 02 representa a carta bioclimática do Brasil desenvolvida por Giovani. Nessa carta são apresentadas nove zonas de atuação. Sendo elas: zona de conforto, ventilação natural, ar condicionado, inércia térmica para resfriamento, umidificação,

resfriamento evaporativo, inércia térmica para aquecimento, aquecimento solar e aquecimento artificial (LAMBERTS *et al.*, 2014).

Figura 02 - Carta bioclimática adotada para o Brasil



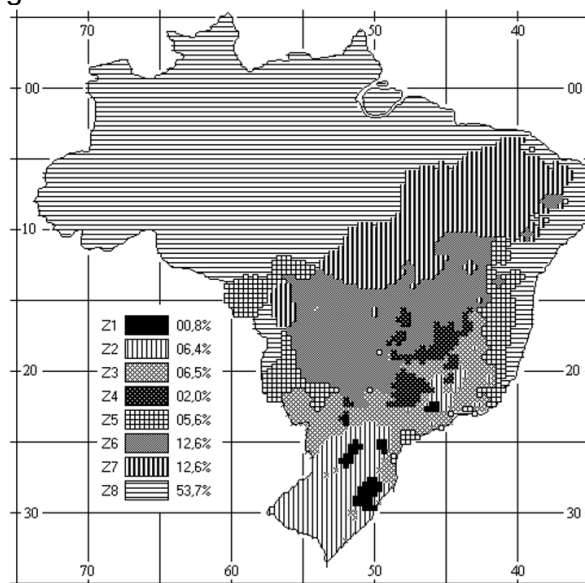
Fonte: Lambertset *al.*, 2014

Como exemplo prático, a NBR 15220 apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro no qual existem recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivas. Além disso, a NBR 15220 apresenta uma metodologia aplicável na fase de projeto, para avaliação de desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005).

O território nacional foi dividido em 8 zonas climáticas distintas (Figura 03), sendo que para cada uma dessas zonas foram elaboradas cartas bioclimáticas (Figura 04). A partir dos dados obtidos por essas cartas e posterior análise, foram estipuladas recomendações técnico-construtivas de condicionamento térmico passivo para cada uma dessas zonas (Figura 05 e Anexo A) (LUCAS,2017).

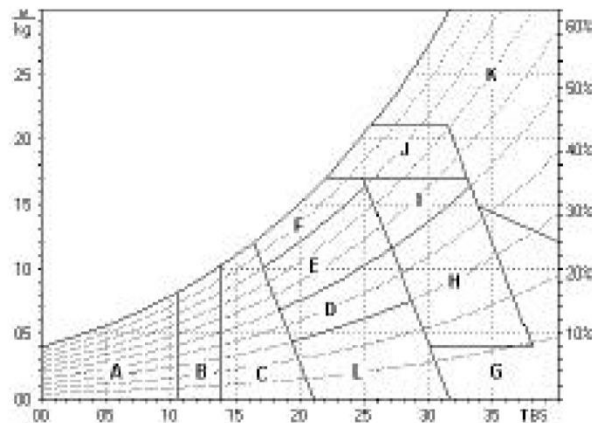
As Zonas D e E na figura 04 são consideradas zonas de conforto, portanto, eliminam a necessidade de alguma estratégia de condicionamento térmico em particular.

Figura 03 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro



Fonte: ABNT,2005

Figura 04 - Carta Bioclimática adaptada



Fonte: ABNT, 2005

Figura 05 - Recomendações técnico-construtivas para cada zona bioclimática

Zonas	Estratégias	Zonas	Estratégias
A	Aquecimento artificial (calefação)	G + H	Resfriamento evaporativo
B	Aquecimento solar da edificação	H + I	Massa térmica de refrigeração
C	Massa térmica para aquecimento	I + J	Ventilação
D	Conforto térmico (baixa umidade)	K	Refrigeração artificial
E	Conforto térmico	L	Umidificação do ar
F	Desumidificação (renovação do ar)		

Fonte: Lucas, 2017 Adaptado da ABNT, 2005

Dessa maneira as estratégias Bioclimáticas tem por objetivo facilitar a adequação de condicionamentos térmicos a edificação, a fim de satisfazer da melhor maneira possível às exigências térmicas dos usuários, além de contribuir para sustentabilidade, integrando a edificação ao meio natural diminuindo os impactos causados pela arquitetura convencional.

2.3 Certificação ambiental e os selos de certificação

Uma das formas de buscar a sustentabilidade na construção civil é a adoção de sistemas de avaliação e classificação do desempenho ambiental e da sustentabilidade. Segundo Magdaleno e Nobrega (2015 apud Keller, Burke, 2010), esses sistemas definem diretrizes e níveis de eficiência e indicam para as construções seu desempenho esperado.

Os primeiros destes sistemas de certificação ambiental para edificações foram criados no início da década de 1990, com o objetivo de reconhecer empreendimentos que empregam soluções sustentáveis através de um Selo, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais. Esses sistemas de certificação se baseiam em critérios alocados em conjuntos de categorias que determinam, em uma pontuação, a classificação alcançada na escala da edificação (GONÇALVES, BODE, 2015).

Os sistemas de certificação de maior uso no Brasil são os nacionais, PBE Edifica e Selo Casa Azul, além dos originários do exterior como LEED, Aqua e BREEAM. Este artigo analisará mais profundamente três desses selos (LEED, Aqua e Selo Casa Azul) que colaboram para o desenvolvimento sustentável das edificações no Brasil.

O sistema de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) foi desenvolvido 1991 nos EUA. Trata-se de um modelo que vem sendo utilizados em diversos países, pois é aplicável em qualquer tipologia de construção,

em qualquer fase do empreendimento. No Brasil até maio de 2012 existiam 51 edifícios certificados pelo sistema LEED (GONÇALVES, BODE, 2015).

A certificação LEED possui sete dimensões, são elas: espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos, créditos de prioridade regional. Cada uma dessas possui pré-requisitos, créditos e recomendações que quando atendidas garantem pontos as edificações, e conforme a quantidade, se define o nível da certificação. Essa contagem pode variar de 40 pontos nível certificado, a 110 pontos nível platina. (MAGDALENO, NOBREGA, 2015 apud KEELER; BURKE, 2010).

Por outro lado, é importante atentar para o fato que muitos profissionais trabalham na arrecadação de maior número de pontos em cada área, sem favorecer necessariamente a busca das soluções eco eficientes como um todo, exemplos como: uso de bicicletários, consumo de energia sem a contemplação do impacto em termos de emissões, sem consideração sobre a geração de poluição etc.(GONÇALVES, BODE, 2015).

Outra certificação nacional de origem estrangeira é o selo Aqua, adaptado em 2007 com base na certificação HQE, desenvolvido na França. Esse selo se baseia na avaliação no desempenho de um edifício, verificado desde o projeto até a conclusão da obra. Até junho de 2013, 80 edifícios possuíam essa certificação no Brasil (GONÇALVES, BODE, 2015).

A certificação Aqua possui uma aplicação mais exigente, pois para se obter o selo é necessário o atendimento a todas as 14 categorias, sendo elas: relação do edifício com o seu entorno, escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos, canteiro de obras com baixo impacto ambiental, gestão de energia, gestão de água, gestão dos resíduos de uso e operação do edifício, manutenção/permanência do desempenho ambiental, conforto higrotérmico, conforto acústico, conforto visual, conforto olfativo, qualidade sanitária dos ambientes, qualidade sanitária do ar e qualidade sanitária da água. Exige-se o desempenho mínimo em todos os critérios, permitindo assim uma maior flexibilidade às soluções de projetos, que podem ser realizados de acordo com os fatores como clima, vegetação, cultura e aspectos peculiares do ambiente local (GONÇALVES, BODE, 2015).

Para a redução de impactos ambientais e custos da obra, durante a fase de projeto, são consideradas soluções passivas e ativas para obtenção do conforto e saúde. Espera-se que ao longo de toda vida útil (projeto, construção e uso), da edificação, soluções consumam menos recursos naturais e gerem menos resíduos, além de proporcionar conforto e saúde aos usuários (GONÇALVES, BODE, 2015).

O selo Casa Azul é um sistema de certificação brasileiro lançado em junho de 2010 e busca reconhecer os empreendimentos habitacionais que adotam soluções mais eficientes, aplicadas a edificação, ao uso, à ocupação, e à manutenção das edificações, incentivando o uso consciente dos recursos naturais e melhor qualidade das edificações (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

Segundo Gonçalves e Bode (2015, p.563) “Os projetos são avaliados em 53 critérios, divididos em seis categorias: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais”. Para alguns desses critérios adotados, são justificados pelo contexto, incluindo localidade e região bioclimática, usuários, características de uso da edificação e necessidades financeiras, que de acordo com a quantidade de critérios alcançados se define o nível da certificação, sendo eles: Bronze, Prata e Ouro.

Portanto a certificação ambiental incentiva a aplicação do bioclimatismo na edificação, pois cada selo proporciona benefícios econômicos e sociais a quem os utiliza, além de estar em sintonia com o desenvolvimento sustentável.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem natureza analítica e descritiva, procurando evidenciar a atual situação da arquitetura local a partir de análises do que tem sido produzido na construção civil na microrregião de Manhuaçu, além de definir estratégias de condicionamento térmico passivo considerando os dados obtidos após estudo do clima local.

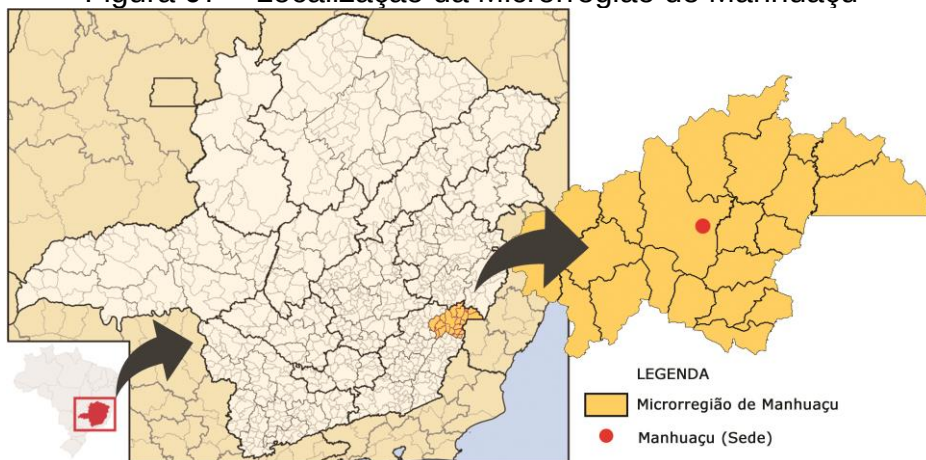
Para o alcance dos resultados esperados no presente trabalho é preciso fazer a análise de um conjunto de dados, obtidos durante anos de pesquisas de diferentes fontes, agrupando e moldando as informações do clima local, formando gráficos e tabelas para clara interpretação e aplicação de estratégias corretas. Seguem como objetivos específicos: Avaliação bioclimática (Carta psicrométrica) da cidade, feita por meio do ano climático de referência (dados do INMET 2018) com auxílio do programa *Analysis-BIO*; Avaliação de carta solar por meio da latitude da microrregião com o auxílio do programa *Analisis-SOL-AR* e avaliação da rosa-dos-ventos com os dados de frequência de ocorrência dos mesmos (dados do INMET 2018); e demais gráficos fornecidos pelo site do INMET (2018), como: Temperatura, precipitação e umidade.

4. ANÁLISE DE DADOS

4.1 Microrregião de Manhuaçu.

A Microrregião de Manhuaçu fica localizada na Mesorregião Zona da Mata no estado de Minas Gerais (figura 07). A microrregião possui uma população 273.814 habitantes distribuídos em 20 municípios, sendo eles: Abre Campo, Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Caparaó, Caputira, Chalé, Durandé, Lajinha, Luisburgo, Manhuaçu, Manhumirim, Martins Soares, Matipó, Pedra Bonita, Reduto, Santa Margarida, Santana do Manhuaçu, São João do Manhuaçu, São José do Mantimento e Simonésia. Sendo sua sede, a cidade de Manhuaçu, localizado bem ao centro da microrregião onde serão focalizadas as análises (GOVERNO DE MINAS, 2010)

Figura 07 – Localização da Microrregião de Manhuaçu



Fonte: Google Imagens adaptadas pelo autor, 2019

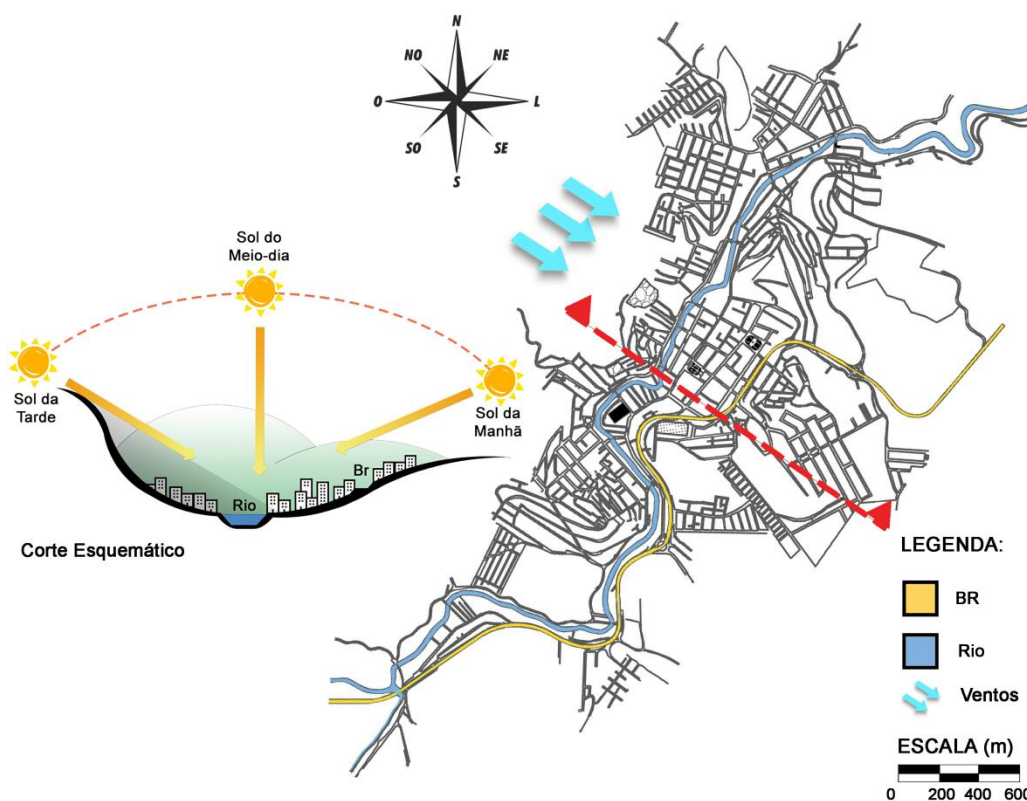
4.2 Análise das edificações existentes em Manhuaçu

Segundo IBGE (2010), 99,7 % das edificações existentes em Manhuaçu são construídas em alvenaria, evidenciando que grande parte utiliza o mesmo método construtivo. Esse padrão se reproduz por toda a microrregião.

Ao analisar o mapa da figura 08, pode-se notar que a cidade de Manhuaçu se dispõe ao longo do rio Manhuaçu (que corre sentido sudoeste - nordeste) e da BR 262 (que corre paralela ao rio acompanhando as declividades adequadas ao trânsito de veículos). As quadras resultantes nessa malha orgânica produziram lotes com orientação solar comprometida se avaliada junto à dimensão dos mesmos. Dessa forma, devido à dimensão e posição geográfica dos lotes não é simples implantar edificações com uma orientação solar adequada à uma arquitetura bioclimática que atenda as regras de ocupação municipais e a especulação imobiliária numa equação equilibrada. Avaliando o mapa da figura 08 pode-se perceber que a maior parte dos lotes possui frente para o logradouro público orientadas à noroeste / sudeste, fazendo com que as fachadas orientadas à noroeste recebem alta incidência solar nessa face durante todo o ano.

Ainda na figura 08, observar-se por meio de um corte esquemático que, nas edificações situadas à esquerda do rio, devido a topografia existente no local, recebem pouca luz solar no período da tarde, principalmente no inverno, gerando residências insalubres, principalmente nas áreas onde os bairros se encontram mais adensados, sem afastamentos com relação aos vizinhos, impedindo que a luz solar e o vento permeiem a edificação por outras faces.

Figura 08 – Mapa de configuração das quadras de Manhuaçu



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Como já brevemente mencionado, outra questão que contribui para a incorreta implantação das edificações para obtenção de uma arquitetura bioclimática, é a dimensão dos lotes existentes, que foram gerados atendendo a lei municipal Nº 2.168/99 que “Dispõe sobre o Loteamento na área urbana do Município de Manhuaçu”, onde se define para os lotes área mínima de 220 m² e testada mínima de 10 metros para os lotes, e, recuos ou afastamentos com relação às divisas e alinhamentos não obrigatório por inexistência da Lei de uso e ocupação do solo. Juntos, os lotes com área mínima oferecidos, incentivados pela falta de recuos e afastamentos obrigatórios, além de posição geográfica desfavorável (já mencionada), resultam num espaço produzido que não promove condições favoráveis à aplicação da arquitetura bioclimática, com a correta orientação solar e que regule a incidência de luz e calor no interior dos edifícios, principalmente onde as fachadas são direcionadas para noroeste.

Após analisar as edificações na cidade de Manhuaçu, pode-se comprovar que grande parte das construções é executada de forma intuitiva, sem levar em conta qualquer estudo sobre o clima local. Na figura 09 e 10, percebe-se fachadas com grandes aberturas voltadas para noroeste sem nenhuma proteção das mesmas, além de não utilizar revestimentos que minimizem os impactos da radiação solar.

Isso se dá pela falta de planejamento das edificações que não levam em conta a orientação solar para a melhor implantação das mesmas, além dos problemas anteriormente citados como o tamanho reduzido dos lotes e legislação permissiva. Assim, para reverter o quadro de aquecimento indesejado no interior das edificações, muitos se utilizam de ar condicionado dentre outras estratégias pouco sustentáveis, aumentando o consumo energético das edificações. Esse tipo de situação é característico em toda a cidade.

Figura 09- Visada da rua Praça 5 de Novembro, fachada noroeste



Fonte: Acervo Pessoal, 2019

Figura 10 - Visada da Avenida Saline Nacif, fachada noroeste



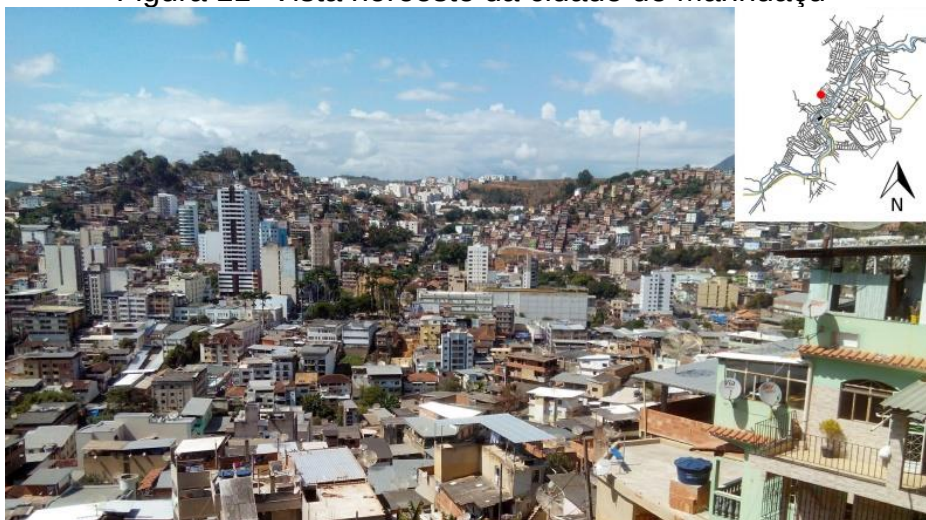
Fonte: Acervo Pessoal, 2019

Pode-se observar na figura 11, que em muitos momentos as edificações se encontram adensadas, até mesmo pela falta de gestão da lei de uso e ocupação do solo em vigor, dificultando que o ar circule entre e através das mesmas, impossibilitando o uso da simples estratégia de ventilação cruzada.

Ainda na figura 11, apresenta-se os bairros situados nas encostas do lado direito do rio, que devido à topografia original já observada na figura 8, possui a maior parte das fachadas voltadas para o norte e oeste fazendo com que estas edificações recebam toda a insolação do período da tarde. No entanto, apesar de receberem altos

índices de radiação durante o dia, nota-se que essas fachadas são executadas com janelas de vidro sem proteção solar e com paredes que utilizam revestimentos pouco eficientes.

Figura 11- Vista noroeste da cidade de Manhuaçu



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor, 19

Apesar da região não possuir um painel bioclimático, pode-se destacar que raras edificações em Manhuaçu vislumbraram estratégias bioclimáticas, pois buscam o conforto térmico para seus usuários, como é o caso do prédio institucional da Unifacig Campus Alfa Sul (figura 12), localizado na Rua José Antônio Prata, recentemente construído, que utiliza brises para proteção da incidência de raios solares na fachada noroeste. Há outras edificações que avaliaram a posição geográfica para implantação, demonstrando um pensamento bioclimático, como é o caso da Escola Estadual Maria de Lucca Pinto Coelho e a Escola Estadual de Manhuaçu, localizadas respectivamente nas ruas Melin Abi-ackel e rua Luis Lino Valentim. Esse cuidado com a implantação das escolas foi observado a partir de análise em mapa, onde se percebe que as duas edificações estão perpendiculares ao norte, podendo evidenciar as premissas projetuais bioclimáticas (figura 13 e 14).

Figura 12- Instituição Unifacig do Campus Alfa Sul



Fonte: Acervo Pessoal, 2019

Figura 13- Mapa da Escola Estadual Maria De Lucca Pinto Coelho



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor, 2019

Figura 14- Mapa da Escola Estadual de Manhuaçu



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor, 2019

A partir dessa análise, pode-se destacar que as edificações analisadas, existentes em Manhuaçu, não consideraram o clima local em seu planejamento, o que gerou espaços desconfortáveis para seus usuários demandando estratégias pouco eficientes e insustentáveis para reverter o quadro de desconforto térmico resultante.

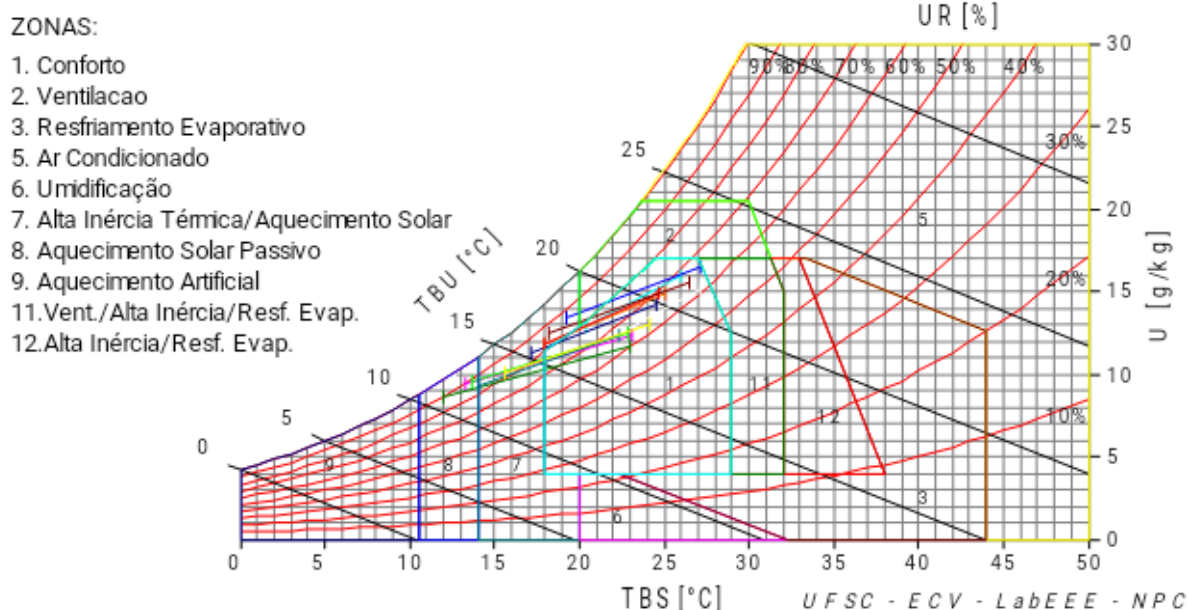
4.3 Análise Bioclimática da Microrregião de Manhuaçu

A cidade de Manhuaçu se encontra na latitude $-20^{\circ}.15'$ e longitude $-42^{\circ}.02'$ segundo ZBBR (Zona Bioclimática dos Municípios Brasileiros) (2004) e está localizada na Zona Bioclimática 2. Vale ressaltar que, apesar da NBR 15220 explanar estratégias Bioclimáticas sobre essa mesma zona, pode-se dizer que os dados publicados pela mesma são superficiais por tratar de valores para uma macro-região. Portanto se faz necessário a avaliação bioclimática local para uma resposta mais precisa considerando as particularidades da malha urbana existente.

Ao avaliar essa situação e como foco dessa pesquisa foi produzida a carta psicrométrica a partir da avaliação das variáveis climatológicas fornecidas pelo INMET para Manhuaçu em 2018.

Percebe-se por meio da carta bioclimática produzida (figura 15 e tabela 01), que a maior parte das retas obtidas pelos dados de temperatura e umidade está localizada na zona de conforto térmico, que se traduz em um percentual da ordem de 70,6% dos períodos do ano, ou seja, na maior parte do ano o ambiente térmico local satisfaz as necessidades de conforto humano. No período de frio é o mais problemático, chegando a 26,97% o desconforto térmico.

Figura 15- Carta Psicrométrica de Manhauçu



Fonte: Dados do INMET adaptados pelo autor com o programa AnalysisBio, 2019

Tabela 01- Resumo do ano climático de Manhauçu

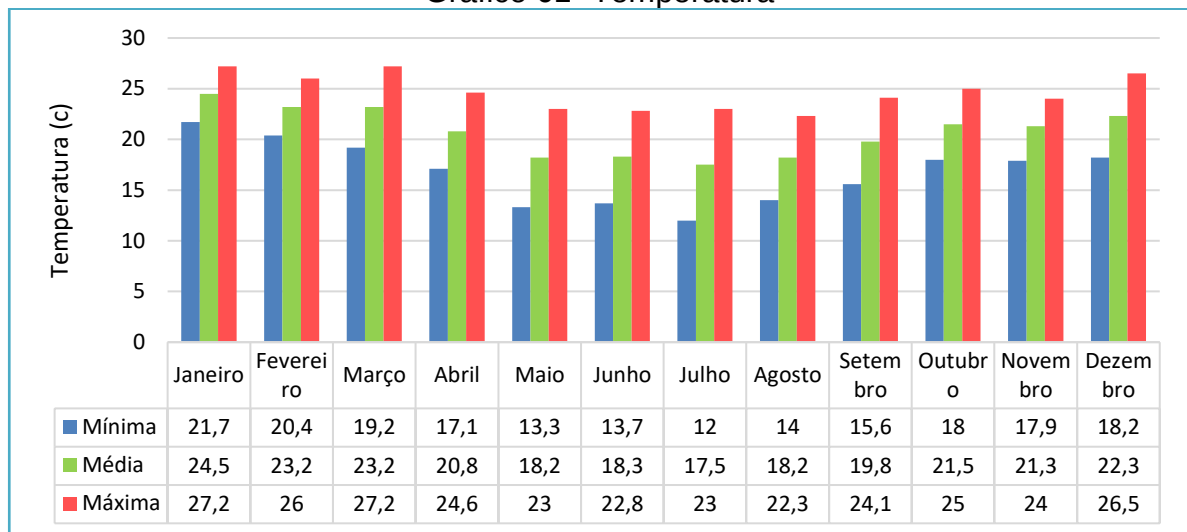
Conforto					70,6
Desconforto	Calor	Ventilação	2,43	2,43	29.4
		Resfriamento Evaporativo	0,0		
		Inercia térmica p/ Resfriamento	0,0		
		Ar Condicionado	0,0		
		Umidificação	0,0		
		Ventilação + inercia p/ Resfriamento	0,0		
		Ventilação + inercia p/ Resfriamento + Resfriamento Evaporativo	0,0		
		Inercia p/ Resfriamento + Resfriamento Evaporativo	0,0		
	Frio	Aquecimento Solar Com Inercia Térmica	24,6	26.97	
		Aquecimento Solar Com Isolamento Térmico	2,37		
		Aquecimento artificial	0,0		

Fonte: Informações da carta psicrométrica adaptadas pelo autor, 2019

Para a cidade de Manhauçu, por meio da análise dos esquemas, sugere-se a aplicação e solução de projeto, como: priorizar o aquecimento solar com inércia térmica e aquecimento solar com isolamento térmico para aquecimento nos períodos frios. Nos períodos quentes a única estratégia indicada é a de ventilação natural.

O gráfico abaixo (gráfico 01) disponibilizado pelo INMET (2018), apresenta a distribuição das temperaturas durante o ano de 2018, e pode-se observar que a mínima média do ano está na casa dos 12 graus sendo junho e julho os meses com menores temperaturas do ano e dezembro e janeiro a média da máxima chegando a máxima de 27,2 graus.

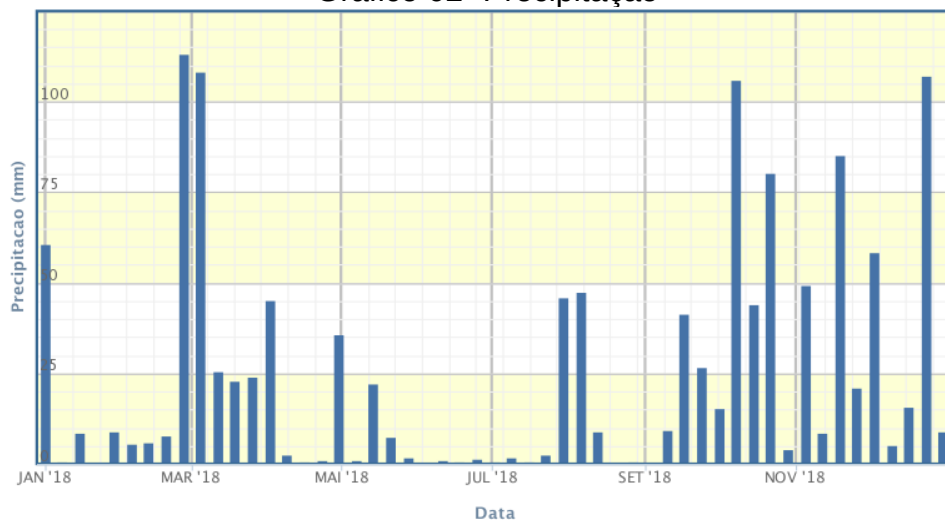
Gráfico 01- Temperatura



Fonte: INMET 2018, adaptado pelo autor

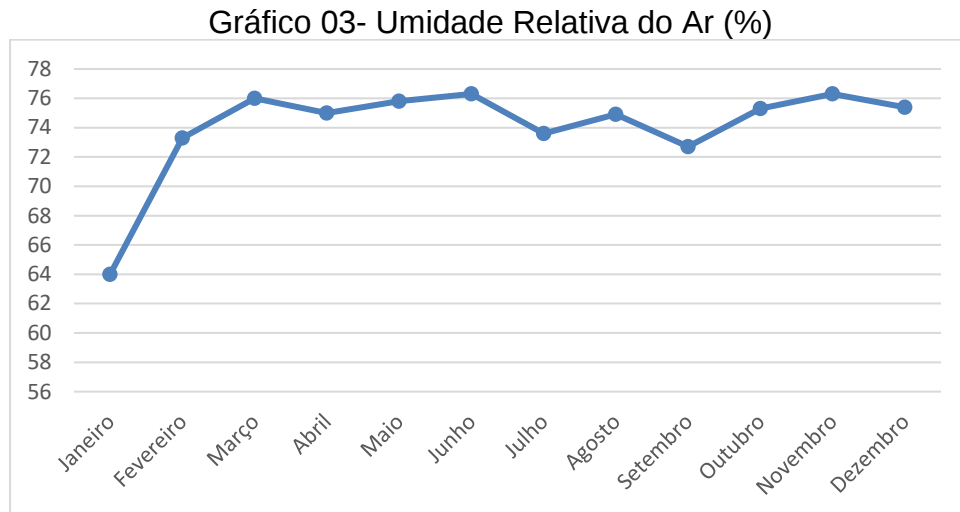
Em Manhauçu a precipitação é alta no verão, mas muito baixa no inverno, obtendo não mais que 1mm ao avaliar o gráfico de precipitação do ano de 2018 (gráfico 2) (INMET,2018).

Gráfico 02- Precipitação



Fonte: INMET, 2018

Ao analisar o gráfico de Umidade Relativa do Ar de Manhauçu disponibilizado pelo INMET no ano de 2018 (gráfico 03), constata-se que permanece estável durante todo o ano, com médias de 65% a 75 %. Em alguns dias as máximas chegando a 95% de umidade.



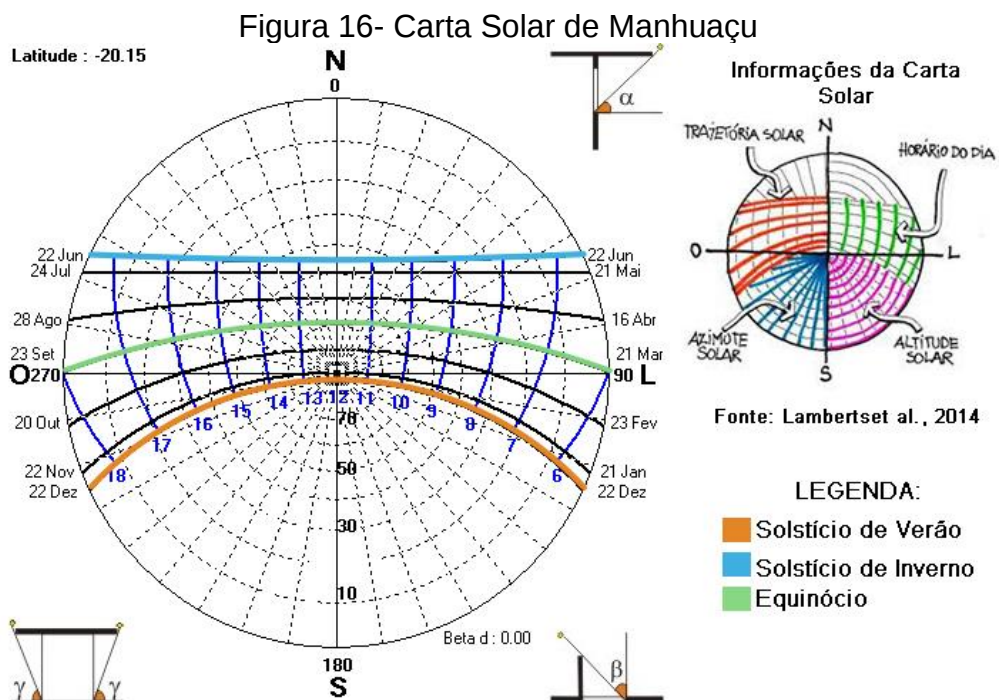
Fonte: INMET 2018, adaptado pelo autor

A figura 16 apresenta a Carta Solar de Manhuaçu obtida pelo programa Analysis Sol Ar. Por meio dela pode-se implantar a edificação corretamente no terreno mediante a orientação solar fornecida. Além disso, é possível avaliar as dimensões e quais os melhores locais serão dispostos as aberturas na edificação, além de fornecer ângulos para confecção de proteção da insolação das fachadas.

Segundo Lamberts et al. (2014), a Carta Solar;

Diz a posição exata do sol em um determinado momento, informação essencial para se saber, por exemplo, se o sol vai penetrar por uma abertura, se vai ser sombreado por uma edificação vizinha e se deve ou não ser sombreado por proteções solares para determinada orientação (LAMBERTS *et al.*, 2014, p.119).

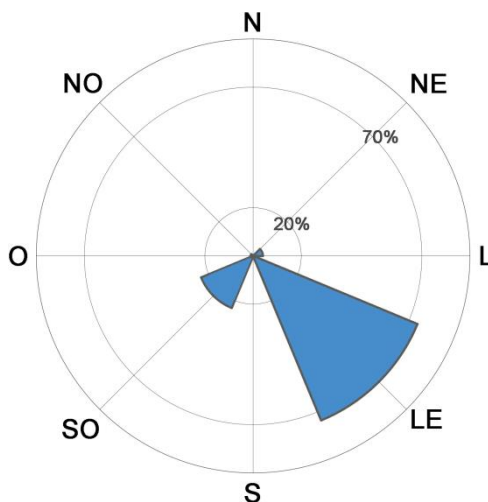
A Carta superior direita da figura 16 mostra as informações que podem ser lidas na carta solar: Trajetória solar, hora do dia, altura solar, azimuth solar e número de horas de sol.



Fonte: Analisis Sol Ar adaptado pelo autor, 2019

A rosa-dos-ventos abaixo mostra os ventos de Manhauçu segundo sua predominância. Os ventos predominantes se direcionam a sudeste, chegando a 70%, e também a sudoeste, com 20% nesta direção. A predominância da direção dos ventos pode ser afetada pela topografia acidentada que circunda a localidade, fazendo com que os ventos sejam redirecionados para outras direções.

Figura 17 - Rosa-dos-ventos de Manhauçu



Fonte: Dados do INMET adaptados pelo autor, 2019

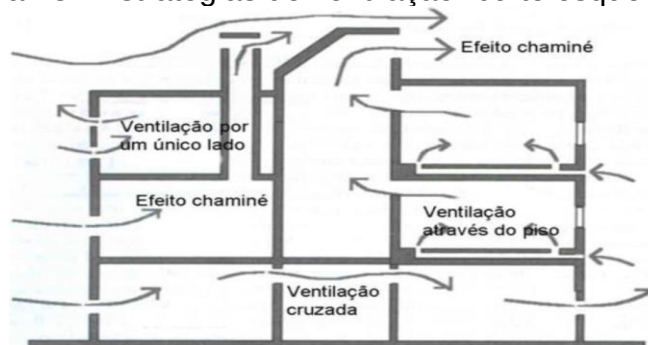
4.4 Estratégias Bioclimáticas

4.4.1 Ventilação

A ventilação corresponde a uma estratégia de resfriamento natural, no qual o ar externo penetra no ambiente interno aproximando a condição de temperatura dos dois ambientes, atuando diretamente no conforto térmico do usuário. As soluções arquitetônicas utilizadas são ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação de piso sob a edificação (SERAFIM *et al.* 2017, apud LAMBERTS *et al.*, 2005)

Seguem, na figura 18, os exemplos de como pode ser aplicado as soluções citadas no parágrafo acima, sendo dessas mais utilizadas a Ventilação cruzada que é aquela cujas aberturas em um determinado ambiente ou construção são dispostas em paredes opostas ou adjacentes, permitindo a entrada e saída do ar e o efeito chaminé que podem ser adaptados para promover o fluxo ascendente irrestrito através da localização de aberturas superiores em área central que sirva como condutor de ventilação vertical, como shafts internos com abertura zenital combinada a ventilação (PROJETEEE, 2019).

Figura 18 - Estratégias de ventilação- corte esquemático



Fonte: Serafim *et al.* 2017, apud Lamberts *et al.*, 2005

4.4.2 Massa Térmica com Aquecimento Solar

Na Zona de Massa térmica com aquecimento solar (figura 19), pode-se adotar componentes com maior inércia térmica¹, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico para evitar perdas de calor, pois esta zona situa-se entre temperaturas de 14° a 20° C (SERAFIM *et al.* 2017, apud LAMBERTS *et al.*, 2005).

Segundo as informações expostas no site Projeteeee (2019), Componentes de alta inércia térmica no verão absorvem o calor, mantendo a edificação confortável e no inverno, se bem orientado, pode armazenar calor para, posteriormente, liberá-lo à noite. A inércia térmica depende das características do envelope (do tipo de piso, parede e cobertura) compostos por materiais geralmente densos, de elevada capacidade térmica.

Segundo o autor supracitado, os materiais que apresentam capacidade térmica elevada são o concreto e alvenaria cerâmica, como é o caso das construções existentes em Manhuaçu, deve-se ter cuidado em usar essa estratégia para paredes e coberturas a oeste e noroeste, pois a elevada exposição à radiação solar durante maior parte do ano eleva a sensação de desconforto térmico.

Figura 19- Estratégias de Massa térmica com Aquecimento Solar- cortes esquemáticos



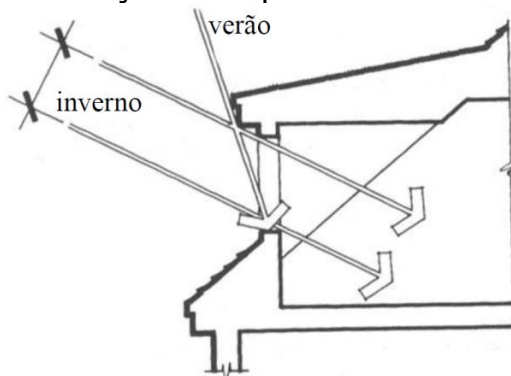
Fonte: Serafim *et al.* 2017, apud Lamberts *et al.*, 2005

4.4.3 Aquecimento Solar Passivo

O aquecimento solar passivo consiste na utilização da radiação solar direta para aquecimento ambiental da edificação, adotado para os casos com baixa temperatura do ar (PROJETEEEE, 2019). Aconselha-se para o caso de Manhuaçu, a orientação solar adequada das aberturas e da edificação, para que o sol entre na edificação no inverno e no verão sombreamento, permitindo o controle da radiação solar (Figura 20).

¹ Inércia térmica: Inércia térmica é a tendência do material de resistir a mudanças de temperatura. Um material de elevada inércia térmica apresenta uma maior resistência a mudanças de temperatura (Resistência de um sistema térmico a qualquer mudança em seu estado termodinâmico).

Figura 20 - Orientação Norte permite o controle da radiação



Fonte: Serafim *et al.* 2017, apud Lamberts *et al.*, 2016

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, portanto, que a produção do painel bioclimático é necessária para a realização de projetos de arquitetura mais sustentáveis que recebam certificação ambiental, pois seu principal papel é integrar a edificação ao clima local por meio de estratégias bioclimáticas indicadas após análise da configuração do clima existente na região.

Como visto anteriormente, a arquitetura bioclimática propõe projetos que harmonizem o ambiente interno com o externo por meio de técnicas de condicionamento térmico. Porém e infelizmente, o que tem sido produzido na microrregião de Manhuaçu é também a realidade de muitas outras regiões brasileiras, são edifícios cada vez mais desconfortáveis termicamente para os usuários, resultado da negligência projetual que desconsidera as variáveis climatológicas.

No caso da sede do município de Manhuaçu isso se deve também a falta de planejamento da cidade, que se desenvolveu ao longo do Rio Manhuaçu e BR262, e, à medida que as quadras foram se formando com relação a estes, os lotes resultantes não favorecem situações onde seja fácil alcançar uma implantação que priorize a questão da sustentabilidade e arquitetura bioclimática, mas, se estas informações se tornarem claras e acessíveis, é possível que se obtenha construções que promovam baixo consumo energético, além de priorizar o conforto humano.

Portanto, a elaboração de painéis bioclimáticos é primordial, pois orienta o projetista a quais estratégias mais adequadas podem ser obtidas para uma realidade regional específica, para que o edifício se torne sustentável e com isso possa, além de proporcionar qualidade de vida, receber selos de certificação ambiental.

ANEXOS

ANEXO A- - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégias	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Fonte: ABNT, 2015

6. REFERÊNCIAS

ANALISYS BIO. Versão 2.1.1. 2010. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>. Acesso em: 07 maio 2019.

ANALISYS SOL AR. Versão 6.2. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>. Acesso em: 07 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010. Portal de Sustentabilidade CAIXA. Disponível em: http://www14.caixa.gov.br/portal/rse/home/nossos_relacionamentos/meio_ambiente/programa_construcao_su. Acesso em: 13 de Abril de 2019.

CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical para a Redução de Consumo Energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2010

EPE, NOTA TÉCNICA. **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**. Nota Técnica da EPE, Rio de Janeiro, 2018.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Versão 7.3.2.5776. 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 05 maio 2019.

GONÇALVES, J.; BODE, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2015

GOVERNO DE MINAS. **Estado de Minas Gerais Meso e Microrregiões do IBGE**. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2010. Disponível em: https://www.mg.gov.br/sites/default/files/paginas/arquivos/2016/ligminas_10_2_04_lis_tamesomicro.pdf. Acesso em: 18Abril 2019.

IBGE. **Minas Gerais. Manhuaçu**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/manhuacu/pesquisa/23/47427?detalhes=true>. Acesso em: 24 Maio 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e Dados. Estações Automáticas. Manhuaçu. 2018. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acesso em: 23 Maio 2019.

JUNIOR, J. **O uso de estratégias bioclimáticas para benefício do conforto térmico e economia energética das edificações**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_JAIR%20ALBERTO%20FE LICE%20JUNIOR.pdf> Acesso em: 20 Abril 2019.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**, 3. ed., São Paulo, 2014. 382 p.

LUCAS, C. **Análise Bioclimática de Conjunto Arquitetônico Moderno de Valor Cultural**: a Faculdade de Educação da Universidade de Brasília. 2017. Dissertação – Departamento acadêmico, Universidade de Brasília, Brasília, 2017

MAGDALENO, Carolina R.M.; NÓBREGA, Marcelo de Jesus. **Metodologias para qualificação de obras civis sustentáveis**. Revista Augustos. Rio de Janeiro, v.20, n.40, p.70-83, jul-dez.2015 Disponível em <http://apl.unisuam.edu.br/revistas/index.php/revistaaugustus/article/view/19811896.2015v20n40p70>. Acesso em: 07 Maio 2018

MANHUAÇU. Câmara Municipal. Legislações. Lei nº 2.168/99, de 28 de Julho 1999. Dispõe sobre o Loteamento na área urbana do Município de Manhuaçu. Disponível em: <http://www.camaramanhuaçu.mg.gov.br/legislacao>. Acesso em: 20 Maio 2019

NOYA, M.; SEROA, A.; ABREU, W. **Eficiência Energética, sustentabilidade e conforto ambiental: Benefícios da Habitação Social Bioclimática**. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 20, 21 e 22 de Junho de 2013. Rio de Janeiro, 2013.

PROJETEEEE. **Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Inércia Térmica Para Aquecimento. Estratégias Bioclimáticas. Inércia Térmica Para Aquecimento**. 2019. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/estrategia/inercia-termica-para-aquecimento/>. Acesso em: 19 de Maio 2019.

ROMERO, M. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

SERAFIM, G.; REMOR, R.; FENATO, C. S. da P. M. Estratégias bioclimáticas para projeto arquitetônico na cidade de Umuarama – PR. **Akrópolis** Umuarama, v. 25, n. 2, p. 91-101, jul./dez. 2017.

ZBBR. **Zona Bioclimática dos Municípios Brasileiros**. Versão 1.1. 2019. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/antigo/software/zbbr.html>. Acesso em: 19 Maio 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Acordo de Paris**. sd. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 23 de Maio de 2019