

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA A CIDADE DE LAJEADO/RS-BRASIL, A PARTIR DA ANÁLISE DE DADOS CLIMÁTICOS REGIONAIS

Rodrigo Spinelli (1); Faustino Patiño Cambeiro (2); Odorico Konrad (3)

(1) Mestre, Arquiteto e Urbanista, rspinelli@univates.br, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Avenida Avelino Talini, 171 - Bairro Universitário, Lajeado/RS - Brasil, 0800 7070809

(2) Doutor, Arquiteto e Urbanista, faustinopc@gmail.com, Universidade de Vigo, C.P. 36.310 Vigo (Pontevedra), Espanha, +34 986 812 000

(3) Doutor, Engenheiro Civil, okonrad@univates.br, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Avenida Avelino Talini, 171 - Bairro Universitário, Lajeado/RS - Brasil, 0800 7070809

RESUMO

A crise energética do início dos anos 70, os alertas climáticos apresentados nas conferências mundiais, altos índices de emissão de CO₂, retratam a crescente preocupação do comportamento do ser humano perante a natureza. A necessidade de mudanças apresenta novas normativas, que determinam formas de se desenvolverem projetos energeticamente eficientes. Para o Brasil, se trabalha com o desenvolvimento da Carta Bioclimática, em que se definem estratégias arquitetônicas a serem aplicadas no desenvolvimento de projetos. O estudo apresentado, analisou os dados climáticos para a cidade de Lajeado/RS-Brasil no período de 2004 a 2015, analisados no software estatísticos BioEstat, e com a utilização do software Sol-ar, plotados na Carta Bioclimática. Os resultados apresentam como estratégias que devem ser mais utilizadas nas edificações, o aquecimento solar passivo, e a estratégia de inércia térmica, aplicando de forma adequada os materiais, para se trabalhar com isolamento térmico, tanto para dias frios e quentes.

Palavras-chave: Bioclimatologia, Carta Bioclimática, Carta de Ventos, Estratégias Arquitetônicas, Eficiência Energética.

ABSTRACT

The energy crisis of the early 1970s, climate warnings presented at world conferences, high CO₂ emissions, portray the growing concern about human behavior towards nature. The need for change presents new regulations, which determine ways to develop energy-efficient projects. For Brazil, we work with the development of the Bioclimatic Charter, which defines architectural strategies to be applied in the development of projects. The present study analyzed the climatic data for the city of Lajeado / RS-Brasil from 2004 to 2015, analyzed in the statistical software BioEstat, and using the software Sol-ar, plotted in the Bioclimatic Chart. The results presented as strategies that should be most used in buildings, passive solar heating, and the thermal inertia strategy, applying the materials in a suitable way, to work with thermal insulation, both for cold and hot days.

Keywords: Bioclimatology, Bioclimatic Charts, Wind Charts, Architectonic Strategies, Energy Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A crise energética desencadeada no início dos anos 1970, apresenta uma realidade em que se torna fundamental trabalhar com estratégias que visam minimizar o consumo energético, e a racionalização dos métodos de utilização dos recursos naturais (SPINELLI; ALVES; KONRAD, 2013).

Segundo Muniz e Caracristi, intensificam-se os alertas climáticos...

...“com a criação e atuação do clube de Roma e a conferência de Estocolmo na Suécia em 1972 onde, dentre outros temas ambientais, apresentou-se o conceito de desenvolvimento sustentável, defendendo o uso moderado dos recursos naturais, tanto por serem finitos como por haver preocupação no que tange às fragilidades de alguns ambientes naturais” (MUNIZ; CARACRISTI, 2015, p. 5).

Os impactos das construções ao meio ambiente, em relação as emissões de CO₂, são responsáveis por “mais da metade de todas as emissões das mudanças climáticas” (ROAF et al., 2009, p. 22). Outro dado alarmante, destaca que o mercado da construção civil utiliza aproximadamente 40% dos recursos naturais do planeta (não renováveis) (JOURDA, 2012).

A Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (2002), determinou que os materiais de construção sejam utilizados de forma racional, as edificações devem ser eficientes energeticamente para minimizar a emissão dos gases de efeito estufa, destaca-se o artigo 8º, em que determina:

“A Diretiva 89/106/CEE do Conselho, de 21 de dezembro de 1988, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros no que respeita aos produtos de construção, impõe que a obra e as instalações de aquecimento, arrefecimento e ventilação sejam concebidas e realizadas de modo a que a quantidade de energia necessária à sua utilização seja baixa, tendo em conta as condições climáticas do local e os ocupantes” (Directiva 2002/91/CE).

Em novembro de 2016, entra em vigor o Acordo de Paris, visando reduzir consideravelmente as emissões de gases causadores do efeito estufa, a fim de reduzir a ampliação da temperatura média do planeta, que se encaminha para níveis alarmantes (ONU; 2016). Segundo a ONU, “2015 foi o ano mais quente do mundo moderno, e os seis primeiros meses de 2016, até agora, bateram todos os recordes anteriores”.

Esta reflexão leva a tentativa de compreensão da relação do homem com a natureza, analisando a sua desconexão com o meio ambiente, em que se via desconectado (pensamento capitalista onde é apenas extrator). Leva a reconhecer que a uma ligação da natureza não humana com o ser humano, naturalismo filosófico, que leva o homem a refletir sobre o seu lugar e o de todos os seres vivos na natureza (SOFFIATI, 2008).

Neste contexto, busca-se a melhor forma de se adaptar ao uso da edificação, e assim, visando o bem-estar físico tem se tornado mais frequente nas últimas décadas, a sensibilidade de conforto térmico (LAMBERTS; XAVIER, 2003).

Ascenso (2016) apresenta a estratégia desenvolvida pela União Europeia, em que até o ano de 2020 as edificações novas deverão ser eficientes energeticamente, com balanço próximo do zero, consumindo a mesma quantidade de energia que seja capaz de gerar, cabendo a cada estado membro desenvolver o melhor método para atingir os objetivos, e apresenta-se como fator fundamental a adaptação climática das edificações.

Na 3ª Conferência Internacional Sobre o Futuro Sustentável para a Segurança Humana (SUSTAIN 2012), ocorrida na cidade de Kyoto, Larasati ZR e Mochtar (2013) descreve o quanto o conforto do usuário é fundamental como parâmetro para o projeto bioclimático, juntamente dos parâmetros projetuais, como 1) utilização de elementos da paisagem (plantas, água, etc.); 2) a construção conforme a orientação solar; 3) adequação da materialidade da edificação; 4) composição formal do projeto adequado; 5) projeto de proteção solar e 6) design de janelas e fachadas, para aproveitamento de ventilação natural. Com estas estratégias, pode-se considerar a operação e manutenção da edificação se baixo custo.

Segundo a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*), a definição de conforto térmico “é o estado mental que reflete a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico no qual encontra-se inserido”, quando o ser humano sente que está em estado de neutralidade em relação ao ambiente (ASHRAE Standard 55, 1992 apud ASHRAE, 2001).

A ausência de neutralidade na sensibilidade de conforto ambiental, acarreta em queda de desempenho nas atividades de trabalho, físicas, cognitivas e de aprendizado, influenciadas pelas variações de temperatura do ambiente (BATIZ et al., 2009).

Importante destacar os estudos relacionados a bioclimatologia, que auxiliam a determinar as melhores estratégias arquitetônicas para uma determinada cidade/região. Segundo Olgyay (1968) a bioclimatologia é a aplicação dos estudos relacionados do clima com os seres vivos. Com a aplicação destes estudos a arquitetura, surge o conceito de projeto bioclimático, buscando adaptar o projeto arquitetônico as condições climáticas locais para se atingir as condições de conforto térmico (apud LAMBERTS *et al.*, 2013, p. 84). Desenvolvem a Carta Bioclimática de Olgyay, que relaciona a variação de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) a sensibilidade de conforto.

Os estudos de Givoni (1969), em pesquisas desenvolvidas em Israel, EUA e Europa, em que são consideradas as expectativas de temperatura interna para as edificações sem a utilização de condicionamento artificial, aprimora a carta de Olgyay, relacionando a carta bioclimática a utilização de estratégias construtivas.

Assim, as estratégias bioclimáticas mais adequadas a uma determinada localidade podem ser apresentadas no formato de carta bioclimática (GIVONI, 1992), em que são plotados no diagrama psicrométrico dados de temperaturas de bulbo seco e úmido, umidade absoluta e umidade relativa (conhecida também como Carta para Ano Climático de Referência – TRY).

1.1. Bioclimatologia

Para o Brasil, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) apresenta recomendações para os elementos da envoltória da edificação, como a transmitância térmica máxima de coberturas e paredes externas conforme a definição de oito zonas bioclimáticas, que abrangem o território brasileiro em toda sua extensão, apresentando estratégias mais amplas para obtenção de conforto térmico, não agindo de forma pontual conforme o clima de uma determinada localidade.

Em seu estudo, Bogo (1994) apresenta a Carta Bioclimática para o Brasil, com nove principais zonas de conforto, relacionadas a estratégias construtivas mais adequadas a realidade brasileira (apud LAMBERTS *et al.*, 2013, p. 85), conforme modelo apresentado na Figura 1. Para as zonas 7, 10, 11 e 12, Lamberts *et al.* (2013) cita como “Zonas de Interseção de Estratégias”, para estas situações, as estratégias que se sobrepõem poderão ser utilizadas em separado, ou em conjunto.

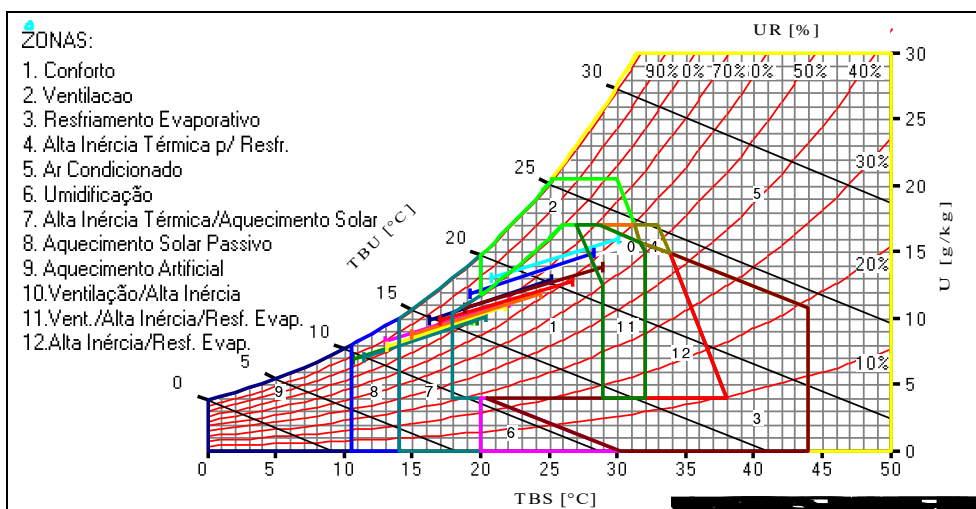


Figura 1 – Carta Bioclimática para o Brasil, para cidade de Porto Alegre/RS. Fonte: Software Analysis Bio 2.2, LabEEE – UFSC.

A estratégia de ventilação natural se apresenta como uma das estratégias construtivas na carta bioclimática (Zona 2). Lamberts *et al.* (2013) descreve que a utilização do recurso de ventilação natural pode ser apresentada com o auxílio da “rosa dos ventos”, em que são plotados os dados de orientação predominante (%) e velocidade média (m/s). Assim, possibilita para a análise do projetista selecionar a melhor orientação para localização de aberturas, ou elementos específicos, para captação de ventos frescos para o período de verão, ou proteção de ventos mais gelados em período de inverno.

2. OBJETIVO

O objetivo do estudo é elaborar a Carta Bioclimática e mapa com orientação e velocidade predominante de ventos (qualificado por estações climáticas), com base nas informações meteorológica do município de Lajeado/RS.

3. MÉTODO

Para o desenvolvimento do estudo, foram coletados juntamente ao CIH, que utiliza a estação meteorológica localizada no campus do Centro Universitário UNIVATES - Lajeado, cujas coordenadas geográficas são latitude 29°29'13"S, longitude 51°59'50"W, com altitude de 85 metros. O modelo do equipamento utilizado é Vantage Pro 2 wireless, fabricada por Davis Instrumentos. Foram mensurados os dados de temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento (km/h), ocorridos durante todos os dias, com intervalo das medições de 30 minutos (das 0h à 0h30min, 1h às 1h30, completando 24h), no período dos anos de 2004-2015.

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Lajeado/RS-Brasil está localizada no Vale do Taquari, a 120 quilômetros de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul (RS), com uma população aproximada de 70 mil habitantes, conforme apresentado por FEIL (2009) (Figura 2).

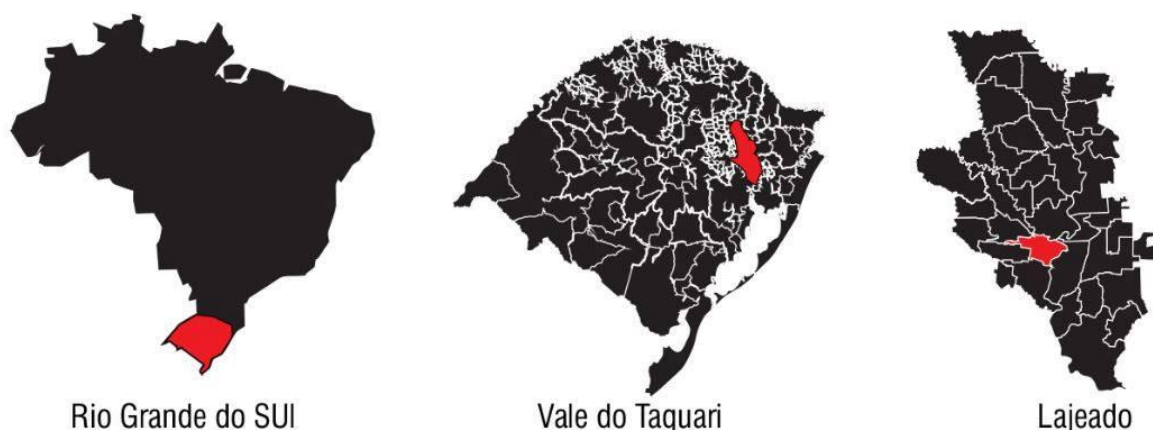


Figura 2 – Localização do Estado do Rio Grande do Sul no Brasil, do Vale do Taquari no estado do Rio Grande do Sul, e do município de Lajeado no Vale do Taquari.

Tratando-se de edificações, o setor da construção civil apresentou um crescimento de 517,7% entre os anos de 1991 e 2011, segundo dados da Prefeitura Municipal de Lajeado (PML, 2016). Este dado destaca a pujança deste setor na economia local, e ressalta a importância de se elaborar projetos baseados na análise de dados climáticos locais, situação que não ocorre. Informações básicas, como as apresentadas na NBR 15220-3, relacionadas a escolha de materialidade adequada ao clima, e estudos iniciais voltados a pesquisa de ventilação natural, são negados no desenvolvimento de projetos. A materialidade padrão utilizada é o bloco cerâmico maciço, com laje mista cerâmica, que apresentam o valor de transmitância térmica (U) elevado para as características climáticas locais (NBR 15220-3; 2005).

Para a região onde está inserida a cidade de Lajeado, Tomasini (2011) analisa o padrão de ventos, com dados coletados pela estação meteorológica do Centro de Informação Hidrometeorológicas (CIH), localizada no Centro Universitário UNIVATES, para o período que abrange os anos de 2003 a 2010, apresentando uma predominância de ventos NNW de 13,79% de ocorrência, ESE de 11,28%, e NNE de 11,03%, aplicado os percentuais na rosa dos ventos.

As informações pesquisadas por Tomasini (2011), coincidem com os dados apresentados no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (2014), com direções predominantes de vento para a região da cidade de Lajeado, a predominância de direção NNE, N, LSE, SE e SSE. (Figura 3). Porém, salienta-se que os estudos de Tomasini e Atlas não indicam percentuais de predominância, e não desenvolvem a qualificação dos dados conforme as estações meteorológicas, limitando a utilização dos dados pelos projetistas.

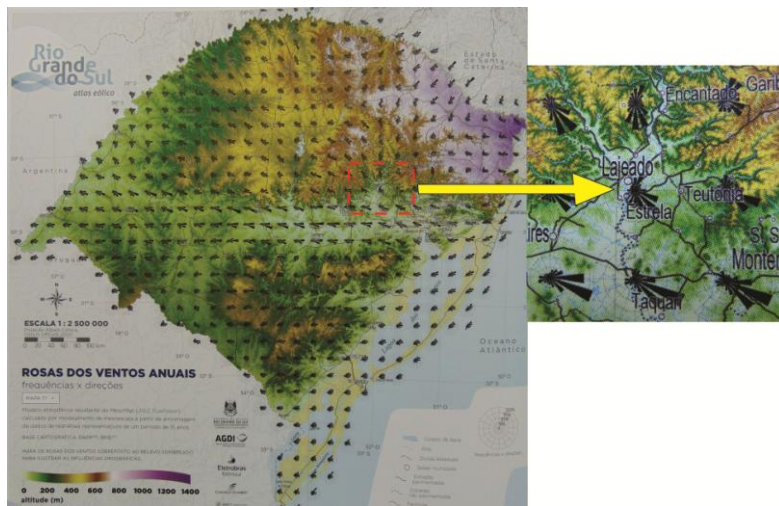


Figura 3 – Mapa Eólico do Rio Grande do Sul com predominância de vento. Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de ATLAS eólico (2014, p.68).

A análise de dados para desenvolvimento de simulação energética de edificações, Bhandari *et al.* (2012), descreve que “seria ideal medir dados meteorológicos no local de construção para capturar variações de microclima relevantes, mas isto é geralmente considerado um custo proibitivo”, se apropriando dos parâmetros necessários para o desenvolvimento de carta bioclimática.

Em estudo realizado para a cidade de Caraguatatuba/SP, Brito e Cabral (2008) utiliza dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período dos anos de 1998 a 2006, desenvolvendo as cartas bioclimáticas para cada ano, e assim aplicando em análises comparativas. Como resultado, Brito e Cabral verificaram a inadequação da arquitetura local quanto à materialidade, e adaptação as estratégias apresentadas como adequadas ao clima local. Cita que as edificações utilizam de forma inadequada os sistemas de climatização artificial, durante longos períodos do ano, enquanto nas cartas bioclimáticas, a estratégia é apontada apenas com 5% de possibilidade de utilização em edificações, causando um elevado consumo energético.

Grigoletti *et al.* (2016), desenvolveu estudo complementando a Carta Bioclimática existente para a cidade de Santa Maria/RS, desenvolvida com dados para um período de oito anos, revisando-a para o período de doze anos, a partir dos dados registrados na estação climática da Base Aérea de Santa Maria (BASM), e registrados pelo INMET. O estudo salienta que na revisão desenvolvida se mantiveram a predominância das estratégias apresentadas na Carta Bioclimática original.

Assim, os estudos desenvolvidos por Bhandari *et al.* (2012), Brito e Cabral (2008) e Grigoletti *et al.* (2016) reforçam a necessidade do desenvolvimento de ferramentas para a cidade de Lajeado, a fim de se analisar alternativas construtivas relacionadas ao clima do local, com opções para execução de edificação mais eficientes.

3.2. Análise dos Dados

No desenvolvimento deste estudo, todos os dados foram tabelados em planilha eletrônica, selecionadas as informações de temperatura máxima e mínima, as médias de temperatura, percentual de umidade relativa do ar e pressão atmosférica inicialmente para cada dia do ano. Para isso, se desenvolveu o estudo com auxílio do recurso de tabela dinâmica, que permite o agrupamento e avaliação das informações. Na sequência, foram calculadas as médias mensais de cada ano, finalizando com o cálculo das médias mensais do período de análise.

Para confirmação se as médias mensais de cada informação não apresentariam alguma variação significativa que inviabilizasse o estudo, as informações foram analisadas no software de análise estatística BioEstat1 (AYRES; 2007). Foram inicialmente inseridas as médias mensais de temperatura máxima do período analisado (2004-2015), e aplicou-se o método estatístico por Análise de Variância por um critério, em que o resultado não apresentou variação significativa (p inferior a um), referendando as médias

¹ “BioEstat é dirigido especialmente aos estudantes de graduação e pós-graduação que possuam noções básicas de estatística. O pacote é bastante facilitado pelo emprego do aplicativo e deste manual, onde a escolha do teste adequado poderá ser feita de maneira prática de acordo com a natureza dos dados, número de amostras e tipo de experimento” (AYRES; 2007).

calculadas. Na sequência foram analisadas da mesma forma as médias de temperatura mínima, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, e o resultado de análise pelo software também não apresentou variação significativa.

No desenvolvimento da análise dos dados (direção e velocidade) planilhados de ventilação natural, aplicou-se uma equação para fazer a contagem do número de ocorrências em que o vento ocorria a uma determinada orientação (norte, leste, oeste, sul, etc.), separando também a contagem de ocorrência por estação climática (verão, outono, primavera e inverno), para assim qualificar o resultado da carta de ventos. Juntamente se desenvolveu a velocidade média de vento, separado por direção e estação climática.

Os dados obtidos de vento também foram inseridos no software BioEstat para o desenvolvimento de análise estatística com a aplicação da Análise de Variância por um critério, e não apresentou variação significativa. Com a validação dos dados, desenvolveu-se as médias para os percentuais de ocorrência de direção predominante e velocidade média (km/h) para o período estudado, possibilitando a geração de gráficos orientativos.

Ao se concluir a análise dos dados, eles foram inseridos no software Analysis Bio2 (LabEEE; 2010), desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), possibilitando o desenvolvimento de Carta Bioclimática, e apresentação de relatório detalhado para análise, em que descreve os percentuais de utilização das estratégias para cada mês no intervalo de um ano.

4. RESULTADOS

Com a finalização da análise dos dados de Temperatura, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Umidade e Pressão Atmosférica, desenvolveu-se a Tabela 1, para posteriormente inserir as informações no software Analysis Bio2.

Tabela 1 – Dados Climáticos: médias mensais para o período (2004-2015).

	MÉD.TEMP.MAX. (°C)	MÉD.TEMP.MIN. (°C)	MED. TEMP. (°C)	MED. UMID. (%)	MED. PRESSÃO (hPa)
JAN	31,30	20,58	25,17	74,86	1008,70
FEV	31,20	20,83	25,01	75,06	1009,42
MAR	28,63	19,07	23,15	78,37	1011,22
ABR	25,95	16,68	20,64	80,87	1013,34
MAIO	21,73	13,63	17,64	84,01	1015,65
JUN	19,58	11,78	15,17	84,58	1016,72
JUL	19,23	10,31	14,41	81,37	1017,18
AGO	21,67	12,16	16,35	77,99	1016,11
SET	22,68	13,70	17,42	78,84	1014,83
OUT	25,18	15,72	19,92	74,91	1011,80
NOV	27,91	17,47	22,31	73,92	1009,83
DEZ	30,33	19,56	24,21	73,68	1008,31

O resultado apresentado pelo software para geração da Carta Bioclimática de Lajeado, conforme indicado na Figura 4, visualmente se identifica a utilização das estratégias definidas nas zonas 1, 2, 7, 8, 9, 10 e 11.

² “O objetivo principal dos programas é voltado a propiciar, de maneira rápida e clara, meios de análises de estratégias bioclimáticas para projeto de edificações (Analysis - Bio) ... Estas análises visam o conforto térmico dos usuários de edificações, aliado a otimização da eficiência energética. O público alvo dos programas são estudantes de graduação e pós-graduação e profissionais de engenharia e arquitetura, bem como pesquisadores atuantes na área de conforto ambiental e eficiência energética em edificações” (LabEEE, 2010).

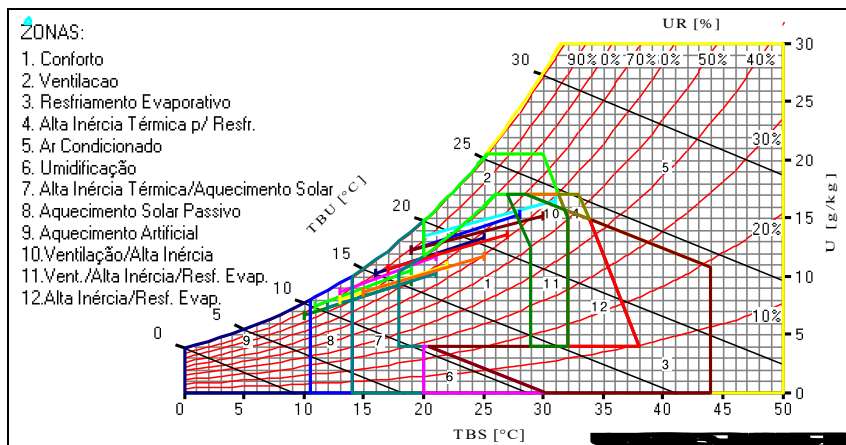


Figura 4 – Carta Bioclimática para cidade de Lajeado/RS.

Assim, transferiu-se os dados apresentados no relatório detalhado para planilha eletrônica, transcrevendo-os na Tabela 2. Para a melhor compreensão, se converteu os percentuais em número de dias dentro de cada mês, somando os valores referentes a cada estratégia. A totalização dos dados resultou na quantidade de dias em que cada estratégia deve ser utilizada no período de um ano.

Tabela 2 – Estratégias Bioclimáticas mensais, para cidade de Lajeado/RS.

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11
JAN	43,96%	26,37%				2,91%	26,78%
FEV	40,15%	29,44%				5,62%	24,80%
MAR	64,73%	21,98%	11,12%				2,17%
ABR	60,22%		39,78%				
MAI	28,05%		59,45%	12,51%			
JUN	12,49%		50,01%	37,50%			
JUL	11,12%		44,44%	38,89%	5,56%		
AGO	33,34%		44,44%	22,23%			
SET	44,45%		44,44%	11,12%			
OUT	70,00%		30,00%				
NOV	75,15%		24,86%				
DEZ	59,63%	13,55%	9,10%				17,74%

OBS.: Zona 1 - Conforto Térmico; Zona 2 - Ventilação Natural; Zona 7 - Alta Inércia / Aquecimento Solar Passivo; Zona 8 – Aquecimento Solar Passivo; Zona 9 - Aquecimento Artificial; Zona 10 - Ventilação Natural / Alta Inércia; Zona 11 - Ventilação Natural / Alta Inércia / Resfriamento Evaporativo.

Os dados anuais estão representados na Figura 5.

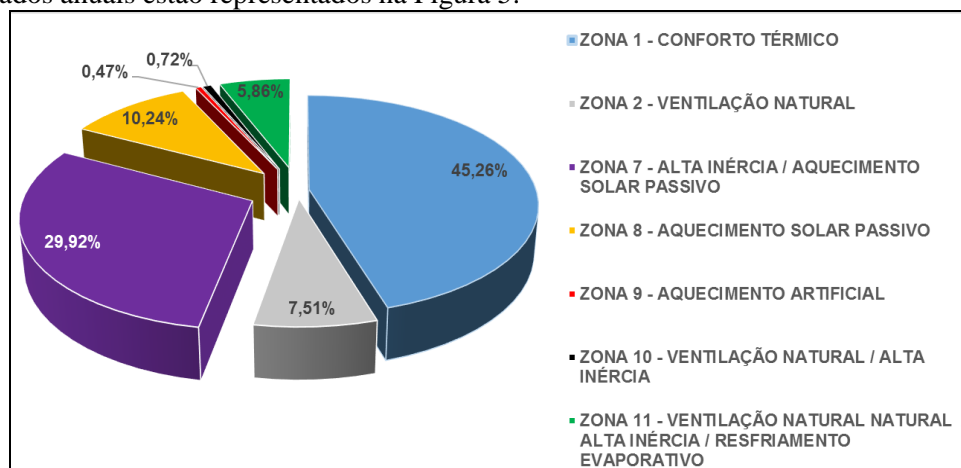


Figura 5 – Estratégias de Conforto Térmico para Lajeado/RS (Média Anual).

Destaca-se a predominância, com 45,26%, de dias/ano em que não há necessidade de utilização de estratégias bioclimáticas (Zona 1), pois naturalmente se atinge a sensibilidade de conforto no ambiente construído. A estratégia de Alta Inércia³ / Aquecimento Solar Passivo (Zona 7) pode ser utilizada em 29,92% dos dias, podendo ser utilizadas em separado, ou juntas, como descrito por Lamberts *et al.* (2013). Assim, esta combinação de estratégias é fundamental para o período de dias com temperatura mais baixa, onde pode-se utilizar em abundância a radiação solar para aquecimento da materialidade, com pouca proteção nas aberturas.

A estratégia de Aquecimento Solar Passivo (Zona 8), aparece com 10,24% dos dias para utilização como recurso natural de aquecimento, o aproveitamento de radiação solar pelas aberturas e transparências a fim de se atingir temperatura de conforto para ambientes internos. Pode-se considerar para este caso o percentual de dias relativo a Zona 7, ao se utilizar desta estratégia, sendo considerável o número de dias/ano, que pode ser utilizada a estratégia. Para tal, deve-se projetar as esquadrias de forma que recebam a incidência solar direta de radiação no solstício de inverno, e fiquem protegidas/sombreadas no solstício de verão (coberturas, marquises, brises, etc).

Para o Aquecimento Artificial de ambientes internos, se apresentou como uma estratégia que pode ser desconsiderada pelo baixo percentual de ocorrência (0,47%). Assim, comprova-se que não há a necessidade de utilização de calefação, por exemplo, fazendo com que o custo de investimento para execução não tenha um retorno financeiro adequado, devido à baixa utilização. Pode-se prever elementos de uso esporádico, como lareira, ou equipamentos de ar condicionado no ciclo reverso (aquecimento).

Estratégias das Zonas 2, 10 e 11, em que somadas, atingem aproximadamente 15% de dias/ano com possibilidade de utilização (equivalente ao período de dois meses/ano) da Ventilação Natural. Destaca-se que estes dias possuem predisposição para ocorrerem no período de verão. Para estes casos, a estratégia de Alta Inércia deve ser prevista em projetos para atuar no isolamento térmico da edificação, podendo-se desenvolver composições de materialidades diversas para se atingir tal objetivo. Pode-se utilizar da estratégia de Resfriamento Evaporativo⁴ nos dias quentes, porém, com baixo percentual de umidade relativa do ar, para que não se aumente a sensibilidade ao desconforto.

Segundo Lamberts *et al.* (2013), a estratégia de ventilação natural, é uma das mais importantes para o Brasil, pois aparece com a possibilidade de utilização em todas as zonas bioclimáticas do território, em que utilização ideal da estratégia é com variação de temperatura entre 20°C e 32°C, e umidade relativa de 15% a 75%. Pelas médias calculadas, há possibilidade de utilização desta estratégia, para a cidade de Lajeado, no período de outubro a fevereiro, coincidente com primavera e verão, sendo uma alternativa ideal para melhoria do desempenho energético de edificações.

Assim, com base nos dados disponibilizados pelo CIH, se desenvolveu uma nova rosa dos ventos para a cidade de Lajeado, qualificando e segmentando as informações conforme as estações climáticas. Em comparação aos estudos de Tomasini (2011) e o Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul (2014), as médias plotadas na rosa dos ventos apresenta a predominância geral para as orientações SE e NO.

Porém, a qualificação dos dados em relação aos estudos anteriores, demonstra-se oportuna para determinar o tipo de proteção, ou esquadria mais adequada para uma determinada fachada/orientação, qualificando-a quanto a estação climática, possibilitando o desenvolvimento de técnicas para retirada de calor em período de verão, ou na manutenção da temperatura interna nos períodos frios, auxiliando na temperatura de conforto para o ambiente construído.

A Figura 6, apresenta o período de verão e primavera com predominância na orientação para as orientações inclinadas a SE, com boa velocidade média de vento para o período da primavera, o que pode auxiliar consideravelmente na estratégia bioclimática de ventilação natural.

³ A estratégia de Alta Inércia é pode ser utilizada tanto para aquecimento, como para resfriamento. Para os períodos de inverno a materialidade pode captar o calor durante o dia, e liberar gradualmente no período mais frio, auxiliando no aquecimento dos ambientes internos. No período de verão, deve-se proteger as aberturas, e manter a materialidade sombreada, para amenizar a temperatura dos ambientes internos (LAMBERTS *et al.*; 2013).

⁴ Estratégia bioclimática, em que se aproveita as correntes de vento, para se resfriar gotículas de água que podem ser colocadas em suspensão no ar (aspersão), em forma de spray. Apresenta-se como solução adequada quando a umidade relativa do ar for muito baixa, e a temperatura for inferior a 27°C (LAMBERTS *et al.*; 2013).

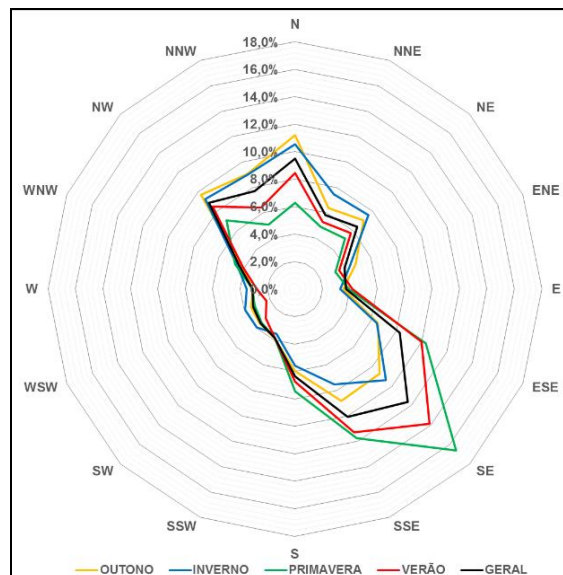


Figura 6 – Predominância (%) de vento para Lajeado/RS (Médias período 2004-2015).

O período de inverno apresenta uma predominância de vento para orientações N, NW e SE, mantendo a média de períodos quentes, mas com uma distribuição mais regular (Figura 6). Para os dias de outono, a velocidade de vento se apresenta mais amena em relação ao inverno, onde as orientações predominantemente para N, as edificações devem ser protegidas, para que não haja perda de calor das edificações.

Apresenta-se como fundamental a análise da orientação e velocidade de vento, devido a quantidade de dias em que a estratégia bioclimática de ventilação natural pode ser utilizada para a região. Importante destacar que esta estratégia pode ser atendida com uma grande variedade de ferramentas arquitetônicas para ser utilizada de forma adequada, não sendo apenas por meio de uma maior quantidade de esquadrias nas fachadas das edificações ou ventilação cruzada, podendo-se analisar os sistemas de efeito chaminé, aspiradores estáticos, ventilação geotérmica, entre tantas outras opções.

5. CONCLUSÕES

Desenvolver projetos de edificações apenas com informações de ventilação natural, não faz com que se alcancem resultados satisfatórios quanto a conforto térmico e eficiência energética. Localmente uma grande parcela dos projetos desenvolvidos não levam em consideração as características climáticas regionais, tanto para definição de materialidade, quanto de elementos que permitam a redução significativa de elementos de climatização artificiais, amplamente utilizados nos períodos de calor mais intenso.

Os altos índices apresentados no estudo em relação à estratégia de ventilação natural apresenta uma grande oportunidade de se avaliar novos elementos construtivos, diferentes dos padrões convencionais para o melhor aproveitamento deste recurso. A estratégia de Inércia Térmica deve ser repensada, para abandonar técnicas antiquadas, e trabalhar na evolução de novos, ou combinações de materiais construtivos para a materialidade das edificações. Neste ponto, deve-se analisar os materiais em relação às normas europeias, para se atingir bons índices de eficiência energética para edificações.

Destaca-se na análise de carta bioclimática a ausência de dias em que é indicado a utilização de Ar Condicionado (Zona 5), e o baixo percentual para a zona de Aquecimento Artificial (Zona 9), tendo em vista que estes recursos são, localmente, amplamente utilizados. Reforça-se aqui a necessidade de se trabalhar de forma diferenciada o isolamento térmico para as edificações novas e pré-existentes, visando a melhor adaptação do ser humano ao ambiente construído, eficiência energética, e a racionalidade projetual baseada nas características e dados climáticos locais.

Assim, ressalta-se que o método apresentado para análise dos dados climáticos, pode ser aplicado para outras regiões. As estratégias bioclimáticas apresentadas para serem aplicadas nos projetos arquitetônicos atendem à demanda local para transcender em uma modificação cultural na construção de edificações, para se atender a questões de conforto no ambiente construído e eficiência energética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCENSO, Rita. Nearly zero energy buildings - O que vai mudar com os NZEB? Edifícios e Energia. Algés, Portugal. 2016. Disponível em: <<http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/tema-de-capa-1>>. Acesso em 20 de out. 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-3 – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3. Rio de Janeiro, 2005.
- ATLAS eólico. Porto Alegre: Secretaria de desenvolvimento e promoção do investimento, 2014.
- AYRES, Manuel. BioEstat, versão 5.3. Universidade Federal do Pará (UFP), Belém. 2007.
- BATIZ, Eduardo Concepción; GOEDERT, Jean; MORSCH, Junir Junior; JUNIOR, Pedro Kasmirski; VENSKE, Rafael. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. Produção, São Paulo, v.19, n.3, p.477-488, 2009.
- BHANDARI; Mahabir, SHRESTHA; Som, NEW; Joshua. Evaluation of weather datasets for building energy simulation. Energy and Buildings. v. 49, June, p. 109–118. 2012.
- BRITO, L.A.P.F.; CABRAL, S. Análise bioclimática do Município de Caraguatatuba de São Paulo de 1998 a 2006. Revista Tecnológica. Santa Cruz do Sul. v. 12, n. 1, p. 1-6. 2008.
- Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios, de 16 dez. 2002. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=ES>>. Acesso em: 12 Nov. 2016.
- GIVONI, B. Man, climate and architecture. Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited. (Architectural science series.), 1969
- _____. Confort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v.18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- GRIGOLETTI, Giane de Campos; FLORES, Michelle Gomes; SANTOS, Joaquim Cesar Pizzutti dos. Tratamento de dados climáticos de Santa Maria, RS, para análise de desempenho térmico de edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 123-141, jan. 2016.
- JOURDA, Françoise-Hélène. Pequeno Manual do Projeto Sustentável. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2012.
- LABEEE. Analysis Bio, versão 2.2. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – UFSC, 2010. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Eficiência energética na arquitetura. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2013.
- LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. Conforto térmico em ambientes internos. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2003. (Material didático para disciplina conforto térmico). Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/Resumo.asp?1250>>. Acesso em: 04 out. 2016.
- LARASATI ZR, Dewi; MOCHTAR, Sahid. Application of bioclimatic parameter as sustainability approach on multi-story building design in tropical area. Procedia Environmental Sciences. Japan. V.17, p. 822-830. 2013.
- MUNIZ, Francisco G Lima; CARACRISTI, Isorlanda. Urbanização, Conforto Térmico e Análise Sazonal Microclimática da Cidade de Sobral (Ce). Revista da Casa da Geografia de Sobral. Sobral, v. 17, n. 1, p. 4-17. Mar. 2015.
- ONU-Organização das Nações Unidas. Acordo de Paris para o clima entra em vigor; ONU pede mais esforços na redução de emissões. 2016. Link: <<https://nacoesunidas.org/acordo-de-paris-para-o-clima-entra-em-vigor-onu-pede-mais-esforcos-na-reducao-de-emissoes/>>. Acesso em 07 nov. 2016.
- Prefeitura Municipal de Lajeado (PML). Link: <http://www.lajeado.rs.gov.br/?titulo=Lajeado&template=conteudo&categoria=931&codigoCategoria=931&idConteudo=2988&tipoConteudo=INCLUDE_MOSTRA_CONTEUDO>. Acesso em 25 out. 2016.
- ROAF, Sue; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- SPINELLI, R.; ALVES, A.; KONRAD, O. Cidade e Edificações: A busca por um novo modelo. Destaques Acadêmicos. Lajeado, v. 5, n. 4, p.173-186. dez. 2013.
- SOFFIATI, Arthur. Algumas palavras sobre uma teoria da eco-história. Desenvolvimento e Meio Ambiente. Paraná. n. 18, p. 13-26. jul./dez. 2008.
- TOMASINI, Juliana. Padrão de variabilidade do vento à superfície, em Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil: implicações ambientais. 2011. 58 f. f. Monografia (Bacharel em Engenharia ambiental) - Curso de Engenharia ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2011.