

Clima brasileiro: um estudo sobre adaptação climática e recomendações arquitetônicas pelo Método de Mahoney Mahoney

Brazilian climate: a study on climate adaptation and architectural recommendations by the Mahoney Method

¹Camila Carvalho Ferreira, ²Henor Artur de Souza

¹Doutora em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto (camilacferreira@yahoo.com.br)

²Professor Titular Aposentado EM/UFOP- Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto (henorster@gmail.com)

RESUMO: Ferramentas de auxílio das recomendações arquitetônicas vinculadas ao clima são de grande utilidade na fase inicial de projeto, contribuindo com as decisões do projetista e com a análise de diferentes soluções comparativamente. Dentre estas ferramentas, destacam-se as Tabelas de Mahoney de fácil uso, desenvolvidas para climas quentes e secos, pretendendo o conforto térmico e o baixo custo das soluções. Uma limitação observada na metodologia tradicional de Tabelas de Mahoney refere-se à análise em regiões com características climáticas transitórias entre dois climas diferentes. Com o intuito de solucionar esta limitação, uma nova metodologia com base nas Tabelas de Mahoney Tradicionais (TMT) tem sido proposta na literatura: as Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN), baseadas em valores subjetivos da lógica fuzzy¹. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma comparação entre a metodologia proposta pelas TMT e TMN utilizando a base de dados climáticos das Normais Climatológicas de 1961 -1990 e 1991 – 2020, analisando todas as cidades do território nacional contempladas por esta base de dados climáticos. Adotou-se os dois períodos de dados climáticos de forma a verificar a capacidade de adaptação climática das duas metodologias. Os resultados obtidos apontaram que as Tabelas de Mahoney Nebulosas apresentam maior sensibilidade e adaptabilidade ao clima brasileiro, com algumas ressalvas.

Palavras Chave: Tabelas de Mahoney Tradicional. Tabelas de Mahoney Nebulosas. Adaptação climática.

ABSTRACT: Tools to assist architectural recommendations linked to the climate are of great use in the initial phase of design, contributing to the decisions of the designer and the analysis of different solutions comparatively. Among these tools, there is the Mahoney Tables, developed for hot and dry climates, intending thermal comfort and low cost of solutions. A limitation observed in the traditional methodology of Mahoney Tables refers to the analysis in regions with transient climatic characteristics between two different climates. In order to solve this limitation, a new methodology based on the Traditional Mahoney Tables (TMT) has been proposed in the literature: the Nebulous Mahoney Tables (TMN), based on subjective values of fuzzy logic². Thus, the objective of this work is to perform a comparison between the methodology proposed by TMT and TMN using the climatic database of the Climatological Normals of 1961 -1990 and 1991 - 2020, analyzing all the cities of the national territory contemplated by this climate database. The two periods of climate data were adopted in order to verify the climate adaptation capacity of the two methodologies. The results obtained showed that the Mahoney Nebula Tables present greater sensitivity and adaptability to the Brazilian climate, with some caveats.

Keywords: Traditional Mahoney Tables. Nebulous Mahoney Tables. Climate adaptation.

1. INTRODUÇÃO

As definições de conforto térmico estão integradas ao contexto climático local, possuindo implicações diretas na forma como se projeta e opera uma edificação, na qualidade do ambiente construído e na quantidade de energia requerida para o seu condicionamento. As proposições arquitetônicas devem ser pensadas com o intuito de minimizar os efeitos negativos

¹ Lógica *Fuzzy* ou Lógica Nebulosa é um fundamento da Matemática Clássica no qual os valores das variáveis podem ter um grau de pertencimento a um conjunto real entre 0 e 1, enquanto na Lógica Clássica estes valores podem assumir apenas 0 ou 1 (HARRIS, 1999).

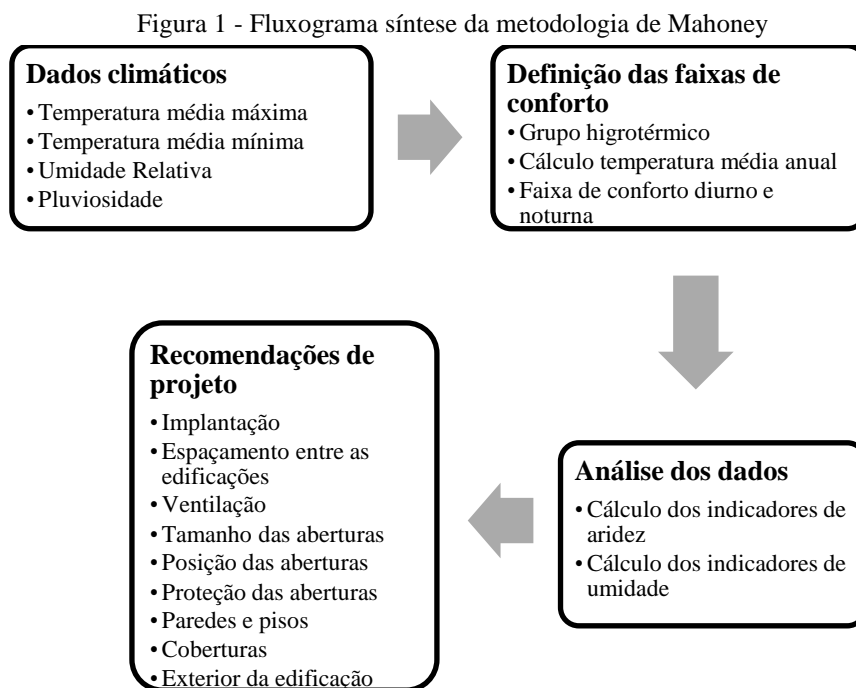
² *Fuzzy* Logic or Nebulous Logic is a foundation of Classical Mathematics in which the values of variables can have a degree of belonging to a real set between 0 and 1, while in Classical Logic these values can assume only 0 or 1 (HARRIS, 1999).

oriundo dos fatores climáticos (temperatura, umidade, radiação solar, incidência de ventos) e tirar o melhor proveito das condições favoráveis.

Projeções realizadas com base na situação demográfica atual do país, apontam que o Brasil deve apresentar um aumento na demanda por habitações nas próximas duas décadas, estimando em aproximadamente 9 milhões de novos domicílios (IBGE, 2020). O novo número de unidades habitacionais terá impacto no consumo de energia do país. Atualmente o setor residencial representa 26,4% do consumo final de energia e apresentou uma expansão no consumo de 1,1%, a mais significativa entre os setores (BRASIL, 2022). Além do impacto no consumo de energia, é preciso atentar para a resiliência das edificações às mudanças climáticas (ROAF, CRICHTON e NICOL, 2009). A arquitetura passiva, que se adapta ao clima, é capaz de economizar energia, mas deve também apresentar resiliência frente às mudanças climáticas em virtude da durabilidade da edificação. Ferramentas que auxiliem nas decisões de projeto ainda em sua fase inicial, vinculando recomendações de projeto ao clima, são de grande importância. Entre estas ferramentas consolidadas, cita-se as Tabelas de Mahoney (SILVA, 2019).

As Tabelas de Mahoney foram desenvolvidas por Carl Mahoney em conjunto com Evans e Koenigsberger para climas com pouca oscilação de umidade e com poucos recursos para a avaliação climática, oferecendo assim um método simplificado de recomendações arquitetônicas em resposta à uma análise climática, associada a faixas de conforto, que dependem do período do dia e da relação entre a temperatura média do ar e a umidade relativa do ar. A proposta de Mahoney inicia analisando os dados climáticos mensais de temperatura, umidade relativa e de precipitação, para, ao final, gerar uma série de recomendações básicas de projeto. As Tabelas de Mahoney caracterizam o impacto climático geral em relação ao clima usando os indicadores de aridez (A) e umidade (U). A amplitude térmica mensal inferior a 10°C foi considerado o limite para identificar o número de meses com condições quente e úmido, considerando que oscilações superiores indicam condições quente e seca. Logo, a amplitude térmica superior a 10°C foi considerada como um indicador da necessidade de uso da inércia térmica na edificação, enquanto uma amplitude inferior a esse valor aponta para o uso da ventilação cruzada como estratégia eficiente. É notável que, para Mahoney (KOENIGSBERGER, MAHONEY e EVANS, 1971), a principal variável a influenciar as condições de desempenho da edificação é a capacidade térmica das superfícies, uma vez que o autor trabalhou em regiões áridas. Na

Figura 1 apresenta-se um fluxograma síntese com as etapas da metodologia para preenchimento das Tabelas de Mahoney.



Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971)

Conhecendo-se os dados de amplitude térmica anual (AMR), em °C, e de temperatura média anual (AMT), igualmente em °C, uma zona de conforto é estabelecida com base em um conceito primeiro de conforto adaptativo, em que as condições de conforto térmico dos usuários são estabelecidas por meio da relação das faixas de temperatura aceitáveis com as condições meteorológicas externas (ASHRAE, 2017).

As Tabelas de Mahoney Tradicionais foram elaboradas para serem uma ferramenta de fácil uso, para adequar as características de construção da edificação às condições do clima local, pretendendo o conforto térmico e o baixo custo das soluções. Bogo (2016) define o método das Tabelas como de grande valia, uma vez que propõe variáveis de concepção arquitetônica a partir de dados simplificados do clima local, sugerindo recomendações para a fase inicial de projeto que contemplam a implantação da edificação no terreno, espaçamento, movimento do ar, tamanho e posição das aberturas, proteção das aberturas, diretrizes de

construção para paredes e coberturas. Em razão destas características, a metodologia foi aplicada em análises climáticas diversas. As Tabelas de Mahoney foram aplicadas de forma complementar ao Diagrama de Givoni para compor as recomendações de projeto da Norma ABNT NBR 15.220 (ABNT, 2005), para cada uma das zonas bioclimáticas definidas nesta norma (RORIZ, GHISI e LAMBERTS, 1999). Ferreira, Souza e Assis (2015) avaliaram uma edificação residencial multifamiliar sob a perspectiva do conforto térmico, adotando valores limites das características termofísicas das envoltórias de acordo com a NBR 15.220 (ABNT, 2005), NBR 15.575 (ABNT, 2013) e Mahoney (1971) para diferentes climas brasileiros por meio de simulação computacional. Os resultados obtidos assinalaram os valores limites para as características termofísicas das paredes e coberturas propostos pelas Tabelas de Mahoney e aprimoraram as condições de conforto, extrapolando o desempenho dos valores normativos.

Já Sousa e Assis (2021) aplicaram as Tabelas de Mahoney combinadas ao Diagrama Bioclimático de Givoni e o *software* WRPlot para verificar as recomendações das normas de desempenho NBR 15.220 e NBR 15.575 para a cidade de Cláudio (MG), assim como para propor adequações ao Código de Obras e Edificações da cidade. As autoras concluíram que a aplicação conjunta das ferramentas para a análise climática local contribuiu para a promoção do conforto térmico das edificações de forma mais consciente em relação às estratégias de projeto.

Uma das limitações observadas das Tabelas de Mahoney Tradicional ocorre na análise de regiões com características climáticas transitórias entre dois climas diferentes. Isso porque o método tradicional se baseia em uma análise de valores discretos, alterando a classificação em função de uma pequena diferença de temperatura média entre as cidades e, assim, resultando em recomendações controversas. Procurando solucionar esta limitação, Harris (1999) propõe uma nova metodologia com base nas Tabelas de Mahoney Tradicionais: as Tabelas de Mahoney Nebulosas. As Tabelas de Mahoney Nebulosas são baseadas em valores subjetivos da lógica fuzzy e, deste modo, resultam em uma análise mais adequada dos dados climáticos (HARRIS, 1999; SENA, 2004). Sena (2004) comparou o desempenho das Tabelas de Mahoney Tradicional com as Tabelas de Mahoney Nebulosa e concluiu que esta última possui um bom desempenho em condições de transição climática. Tal resultado se deve à consideração subjetiva da definição dos conceitos, parcela esta não contabilizada em modelos determinísticos, tal qual em climas de transição (SENA, 2004).

Por serem métodos simples de análise climática que incorporam índices de conforto, as Tabelas de Mahoney são amplamente utilizadas no Brasil para a obtenção de orientações nas etapas iniciais do projeto arquitetônico. Contudo, o território brasileiro apresenta uma grande variabilidade climática e, na maior parte do seu território, climas distintos ao clima quente e seco, clima para o qual as Tabelas de Mahoney foram desenvolvidas. Predomina no Brasil climas de transição, com duas estações distintas. Assim sendo, é preciso verificar a capacidade de adaptação climática das Tabelas de Mahoney ao clima brasileiro, uma vez que esta ferramenta se apresenta como útil tanto para a orientação de estratégias de projeto ainda na fase inicial de projeto, quanto para o embasamento de normativa referente à temática e legislações municipais.

São ainda poucos os trabalhos que avaliam a aplicabilidade das Tabelas de Mahoney Nebulosas para o clima brasileiro e a diferenciação nas recomendações obtidas em relação ao método tradicional. Moraes, Torres e Freitas (2016) caracterizaram o clima da cidade de Arapiraca (AL), localizada em área de transição entre a costa úmida e o interior semiárido do Nordeste brasileiro, aplicando tanto o método das Tabelas de Mahoney Tradicionais e como das Tabelas de Mahoney Nebulosas. O método tradicional resultou unicamente em recomendações oriundas do indicador de umidade. Já para o método nebuloso, as recomendações obtidas foram resultantes tanto dos indicadores de umidade, como dos indicadores de aridez. Este resultado aprontou que, para esta localidade, estratégias de projeto

híbridas são mais adequadas. Além disso, os resultados apontaram que as Tabelas de Mahoney Nebulosas apresentaram maior sensibilidade para análise do clima analisado (MORAES, TORRES e FREITAS, 2016).

No trabalho desenvolvido por Silva (2019), foi analisado o perfil climático de seis cidades alagoanas (Arapiraca, Coruripe, Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar e São Luís do Quintude) e respectivas estratégias bioclimáticas oriundas desta análise aplicando-se as Tabelas de Mahoney Nebulosas e o Diagrama Bioclimático de Givoni. A autora constatou que as principais diferenças foram observadas nas recomendações referentes ao tamanho e posição das aberturas, ao espaçamento entre as edificações e à necessidade de proteção contra chuvas intensas para as localidades analisadas. Foi ainda observado pela autora que a estratégias de alta inércia térmica em paredes requer especial atenção em razão da indefinição das metodologias. Tanto as Tabelas de Mahoney Tradicionais quanto as Tabelas de Mahoney Nebulosas definem apenas paredes e coberturas leves ou pesadas, desconsiderando condições intermediárias. Assim, a autora recomenda o aprimoramento do Método de Mahoney Nebuloso no que se refere ao Quadro III, referente às recomendações arquitetônicas (SILVA, 2019).

Ribeiro (2019) realizou um estudo para identificar a ocorrência de variação de estratégias bioclimáticas para as capitais da Região Sul do país, considerando o período de 1960 e 2018. Para tal, a autora aplicou as Tabelas de Mahoney Tradicionais e as Tabelas de Mahoney Nebulosas. A autora concluiu que houve uma maior representatividade dos indicadores obtidos pelo método das Tabelas de Mahoney Nebulosas em relação aos métodos das Tabelas de Mahoney Tradicionais. Os indicadores das Tabelas de Mahoney Nebulosas demonstraram melhor capacidade de caracterização das necessidades climáticas e consequentes recomendações arquitetônicas (RIBEIRO, 2019).

O objetivo do presente trabalho é verificar a capacidade de adaptação climática das Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) e das Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN) para duas bases de dados com diferentes cortes temporais (Normais Climatológicas de 1961 -1990 e 1991 – 2020) e verificar os impactos nas estratégias de projeto de edificações. Este trabalho é o resultado de uma das etapas de pesquisa de pós doutorado.

2. MATERIAIS E MÉTODO

As análises dos diferentes climas brasileiros sob as perspectivas das metodologias das Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) e das Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN) foram realizadas por meio de duas planilhas eletrônicas: uma para a análise das Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) e outra para a análise das Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN). Na planilha eletrônica das TMT foram aplicadas as regras de classificação climática e de conforto térmico conforme a metodologia desenvolvida por Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971). Já na planilha eletrônica das TMN foram aplicadas as regras de classificação climática e de conforto térmico conforme a metodologia desenvolvida por Harris (1999). A partir das recomendações obtidas pelas duas metodologias, as cidades foram agrupadas de acordo com as características da envoltória. No presente trabalho focou-se nas características da envoltória (paredes, coberturas e dimensões das aberturas). Os agrupamentos gerados são apresentados em mapas, auxiliando na visualização espacial das recomendações.

Para alimentação das planilhas com dados climáticos foram utilizados dois períodos de dados climáticos, utilizando-se as Normais Climatológicas dos períodos de 1961 -1990 (BRASIL, 2009) e 1991 – 2020 (BRASIL, 2021), analisando todas as cidades do território nacional contempladas por esta base de dados climáticos. Desse modo pode-se verificar também a capacidade de adaptação climática destas duas metodologias.

3.1. Tabelas de Mahoney Tradicionais

As Tabelas de Mahoney Tradicionais são divididas em quatro partes de análise: a análise climática, a definição dos limites de conforto, a classificação de indicadores e as recomendações arquitetônicas. A análise climática é realizada utilizando-se os dados de temperatura máxima do ar (°C), temperatura mínima do ar (°C), amplitude térmica mensal (°C), amplitude térmica anual (°C), umidade relativa mensal (%) e precipitação mensal (mm).

Mahoney classifica a umidade média do ar em faixas, que combinadas com a temperatura média do ar, irão resultar em diferentes faixas de conforto. As faixas da umidade do ar são denominadas de grupos higrotérmicos conforme apresentadas na Tabela 1 (KOENIGSBERGER, MAHONEY e EVANS, 1971).

Tabela 1 - Grupos higrotérmicos das Tabelas de Mahoney

| Grupos higrométricos | Intervalos de valores médios mensais | Observações |
|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Grupo 1 | Entre 0 e 30% | Umidade muito baixa |
| Grupo 2 | Entre 30 e 50% | Baixa, condições de deserto |
| Grupo 3 | Entre 50 e 70% | Média, condições intermediárias |
| Grupo 4 | Acima de 70% | Alta, zonas equatoriais |

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971)

Os dados de amplitude térmica mensal (ATM) definem as faixas de conforto diurno e noturno para cada grupo higrotérmico (conforme Tabela 2). Para a avaliação do conforto no período diurno, relaciona-se os limites de conforto térmico diurno mês a mês (estabelecido a partir da umidade relativa mensal e da temperatura média anual), considerando a temperatura máxima média mensal como referência, averiguando se há condições de conforto ou estresse térmico, classificando em “quente”, “frio” ou “confortável”. De forma análoga, a avaliação é realizada para o período da noite, comparando-se os limites de conforto para esse período com a temperatura mínima média mensal. A amplitude térmica é determinada como a diferença entre a temperatura média mensal máxima e a mínima, enquanto as condições de umidade são comparadas entre a umidade média mensal com os intervalos simplificados de umidade para cada mês (KOENIGSBERGER, MAHONEY e EVANS, 1971).

Tabela 2 - Limites de conforto estabelecidos na Tabela de Mahoney

| Grupo higrométrico | ATM acima de 20°C | | ATM entre 15 – 20 °C | | ATM abaixo de 15°C | |
|--------------------|-------------------|------------|----------------------|------------|--------------------|------------|
| | Dia [°C] | Noite [°C] | Dia [°C] | Noite [°C] | Dia [°C] | Noite [°C] |
| Grupo 1 | 26 – 34 | 17 – 25 | 23 - 32 | 14 – 23 | 21 – 30 | 12 – 21 |
| Grupo 2 | 25 – 31 | 17 – 24 | 22 - 30 | 14 – 22 | 20 – 27 | 12 – 20 |
| Grupo 3 | 23 – 29 | 17 – 23 | 21 - 28 | 14 – 21 | 19 – 26 | 12 – 19 |
| Grupo 4 | 22 - 27 | 17 - 21 | 20 - 25 | 14 - 20 | 18 - 24 | 12 - 18 |

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971)

Os indicadores de aridez (A) e umidade (U), que irão caracterizar o clima e as estratégias correspondentes a serem adotadas, são função das condições de conforto, da amplitude térmica e dos grupos higrotérmicos, assim como da pluviosidade média mensal (Quadro 1) (KOENIGSBERGER, MAHONEY e EVANS, 1971).

Quadro 1 - Indicadores definidos nas Tabelas de Mahoney

| Indicador | Condições | Relação com o projeto |
|-----------|-----------|-----------------------|
|-----------|-----------|-----------------------|

| | | |
|-------------|---|---|
| A1: Árido 1 | Grupo higrométrico 1, 2 ou 3 e amplitude mensal > 10°C | Capacidade térmica necessária |
| A2: Árido 2 | Estresse térmico noturno por calor e grupo higrométrico 1 ou 2 ou estresse térmico diurno por calor e conforto à noite e grupo higrométrico 1 ou 2 | Dormir ao ar livre é desejável |
| A3: Árido 3 | Estresse térmico diurno por frio | Proteção contra o frio |
| U1: Úmido 1 | Estresse térmico diurno por calor e grupo higrométrico 4 ou estresse térmico diurno por calor e grupo higrométrico 2 ou 3 e amplitude mensal < 10°C | Movimento do ar é essencial |
| U2: Úmido 2 | Conforto no período diurno e grupo higrométrico 4 | Movimento do ar é desejável |
| U3: Úmido 3 | Pluviosidade mensal > 200 mm | Proteção contra as chuvas nas áreas de circulação |

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971)

A etapa final do processo se dá com a seleção das recomendações de projeto de acordo com o número ocorrências de meses nos diferentes indicadores. As recomendações de projeto propostas por Mahoney são apresentadas no

Quadro 2 e dependem do rigor calculado pelos indicadores de aridez e umidade (KOENIGSBERGER, MAHONEY e EVANS, 1971).

Quadro 2 - Resumo das recomendações de projeto por Mahoney

| U1 | U2 | U3 | A1 | A2 | A3 | |
|--|--------|--------|---------|----|--------|--|
| 1- IMPLANTAÇÃO | | | | | | |
| | | | 0 a 10 | | | Edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol |
| | | | 11 a 12 | | 5 a 12 | |
| | | | | | 0 a 4 | Edifícios compactos, com pátio interno |
| 2 - ESPAÇAMENTOS ENTRE AS EDIFICAÇÕES | | | | | | |
| 11 a 12 | | | | | | Aumentar as distâncias entre as edificações para melhor ventilação |
| 2 a 10 | | | | | | Como acima, mas com a possibilidade de controlar a ventilação |
| 0 a 1 | | | | | | Aproximar as edificações para aumentar a inércia |
| 3 - VENTILAÇÃO | | | | | | |
| 3 a 12 | | | | | | Construções com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente |
| 1 a 2 | | | 0 a 5 | | | |
| | | | 6 a 12 | | | Construções com orientação dupla, circulação de ar cruzada, aberturas de ar controláveis |
| 0 | 2 a 12 | | | | | Basta renovação higiênica do ar |
| | 0 a 1 | | | | | |
| 4 - TAMANHO DAS ABERTURAS | | | | | | |
| | | | 0 ou 1 | | 0 | Grandes: 40% a 80% das fachadas norte e sul |
| | | | | | 1 a 12 | Médias: 25% a 40% da superfície das paredes |
| | | | 2 a 5 | | | |
| | | | 6 a 10 | | | Intermediárias: 20% a 35% da superfície das paredes |
| | | | 11 a 12 | | 0 a 3 | Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes |
| | | | | | 4 a 12 | Médias: 25% a 40% da superfície das paredes |
| 5 - POSIÇÃO DAS ABERTURAS | | | | | | |
| 3 a 12 | | | | | | Aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento |
| 1 ou 2 | | | 0 a 5 | | | |
| | | | 6 a 12 | | | Como acima, mas também aberturas nas paredes internas |
| 0 | 2 a 12 | | | | | |
| 6 - PROTEÇÃO DAS ABERTURAS | | | | | | |
| | | | | | 0 a 2 | Proteger da insolação direta |
| | | 2 a 12 | | | | Proteger da chuva |
| 7 - PAREDES E PISOS | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------|--|--------|--------|--------|--|--|
| | | | 0 a 12 | | | Construções leves, baixa inércia térmica |
| | | | 3 a 12 | | | Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas |
| 8 - COBERTURAS | | | | | | |
| 10 a 12 | | | 0 a 2 | | | Leve (pouca inércia), superfície refletora, uso de câmara de ar |
| | | | 3 a 12 | | | Leve e bem isolada |
| 0 a 9 | | | 0 a 5 | | | Maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas |
| | | | 6 a 12 | | | |
| 9 - ESPAÇOS EXTERIORES | | | | | | |
| | | | | 1 a 12 | | Espaço para dormir ao ar livre |
| | | 1 a 12 | | | | Adequada drenagem para a chuva |
| | | 3 a 12 | | | | Proteção contra chuvas violentas |

Fonte: Adaptado de Koenigsberger, Mahoney e Evans (1971)

3.2. Tabelas de Mahoney Nebulosas

As tabelas de Mahoney Nebulosas seguem as mesmas etapas de análise que as Tabelas de Mahoney Tradicionais. A diferenciação da metodologia ocorre na utilização de valores nebulosos, substituindo aos valores discretos, para a faixa da amplitude térmica mensal e pluviosidade em baixa e alta, para os grupos higrotérmicos, para as faixas de conforto, para o rigor térmico diurno e noturno, assim como para os indicadores e recomendações arquitetônicas. Ou seja, as faixas utilizadas para classificação são valores nebulosos³. Já os dados climáticos (temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, amplitude térmica mensal, amplitude térmica anual, umidade relativa mensal e precipitação mensal) utilizados são valores discretos (HARRIS, 1999).

A partir dos parâmetros que apresentam características nebulosas, os conjuntos nebulosos foram modelados para cada parâmetro analisado. Já os indicadores foram definidos segundo as inferências de regras nebulosas estruturadas com base na metodologia tradicional (HARRIS, 1999).

3.3. Caracterização climática do Brasil

Os principais domínios climáticos encontrados em território brasileiro são apresentados na Figura .

Figura 1 Principais domínios climáticos do Brasil

³ Um conjunto é dito nebuloso, quando seus limites não são definidos com exatidão, como na Lógica *Fuzzy*, na qual os valores das variáveis podem ter um grau de pertencimento a um conjunto real entre 0 e 1 (HARRIS, 1999).



Fonte: Adaptado de IBGE: Anuário Estatístico Brasileiro - 2017⁴

Na Região Sul do país predomina o clima temperado. Para este tipo climático, a preocupação é por desconforto por frio, principalmente na estação de inverno. No estado do Paraná ocorre, além do clima temperado, o clima tropical de altitude. Este clima é considerado um clima de transição e abrange parte das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil. Neste clima, há a ocorrência de desconforto por calor, predominantemente, no verão e, em menor escala, desconforto por frio no inverno. Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, o domínio é de climas quentes, como os climas tropical, quente e seco, e quente e úmido. Nos climas quentes a principal preocupação é pelo desconforto por calor em maior parte do ano.

3.4. Base de dados climáticos

Para o desenvolvimento das análises propostas, utilizaram-se os dados das Normais Climatológicas de dois períodos: 1961-1990 (BRASIL, 2009) e 1991-2020 (BRASIL, 2021). A opção pelas Normais Climatológicas embasou-se no fato de que estas possuem número importante, para o contexto nacional, de municípios distribuídos ao longo do território brasileiro. A base de dados das Normais Climatológicas para o período de 1961-1990 totaliza 281 cidades com os dados de temperatura média mensal, temperatura máxima média mensal, temperatura mínima média mensal, umidade relativa e precipitação. Contudo, a base de dados das Normais Climatológicas correspondente ao período de 1991-2020 apresenta apenas 110 cidades com estes dados, número este bem inferior ao período anterior. Ao consultar o número de localidades que compõem a base de dados das mesmas Normais Climatológicas de 1981-2010, observa-se um total de 298 cidades. Para viabilizar as análises, apenas para as cidades com dados ausentes para o período de 1991-2020, foram utilizados de forma complementar os dados de 1981-2010 (BRASIL, 2018). Ao se comparar os períodos de 1981-2010 e 1991-2020, foi observado haver pouca diferença entre os resultados obtidos e nenhuma alteração entre as recomendações geradas, o que permitiu tal complementação.

⁴ Disponível no endereço eletrônico: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=720> Acesso em 21 de fevereiro de 2014.

Todavia, ainda sim, apenas 194 cidades são encontradas em ambas as bases de dados dos dois períodos (1961-1990 e 1981-2010), sendo utilizadas as informações apenas dessas cidades para a aplicação na metodologia, possibilitando assim a comparação entre os períodos.

3. RESULTADOS/DISCUSSÕES

Ao aplicar as TMT e TMN aos dados das bases climáticas das Normais Climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020 pode-se observar que algumas recomendações são compartilhadas por todas as cidades. A implantação recomendada é por edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol. Em relação aos espaçamentos entre as edificações, estes devem aumentar as distâncias entre as edificações para melhorar a ventilação ou assim como a precedente, mas com a possibilidade de controlar a ventilação. A segunda opção sendo aplicada para os climas mais amenos a frios. No que se refere à ventilação, foram observadas recomendação distintas entre TMT e TMN para ambos os períodos. Já TMT resulta em diferenciações nas recomendações, sendo recomendadas construções com orientação simples e aberturas que permitam circulação de ar permanente para cidades de clima quente; construção com orientação dupla, circulação de ar cruzada e aberturas de ar controláveis para as cidades de climas de transição e amenos; e, por fim, renovação higiênica para as cidades de clima frio. Já nas TMN, a recomendação para a ventilação é a mesma para todas as cidades: construções com orientação simples e aberturas que permitam circulação de ar permanente. Esta diferença ocorre em função do indicar de umidade U1, superior a 5,0 para todas as localidades na TMN.

Em relação às demais recomendações, foram identificados seis grupos de localidades conforme a similaridade das recomendações para paredes, coberturas e dimensões das aberturas entre as variações possíveis geradas pela TMT e TMN. Estes grupos e suas respectivas recomendações são apresentados no Quadro 3. Quanto à proteção das aberturas da insolação direta, observou-se que para os grupos de TMT 1 e 3 a recomendação para sombreamento das aberturas é usual, enquanto que para o grupo 4 há localidades com e sem a recomendação de sombreamento. De forma similar, para os grupos 1, 2, 3 e 6 de TMN a recomendação de sombreamento das aberturas é constante, enquanto que para os grupos 4 e 5 é variável. A diferenciação entre as localidades foi feita pelas letras “a” (sem sombreamento) e “b” com sombreamento.

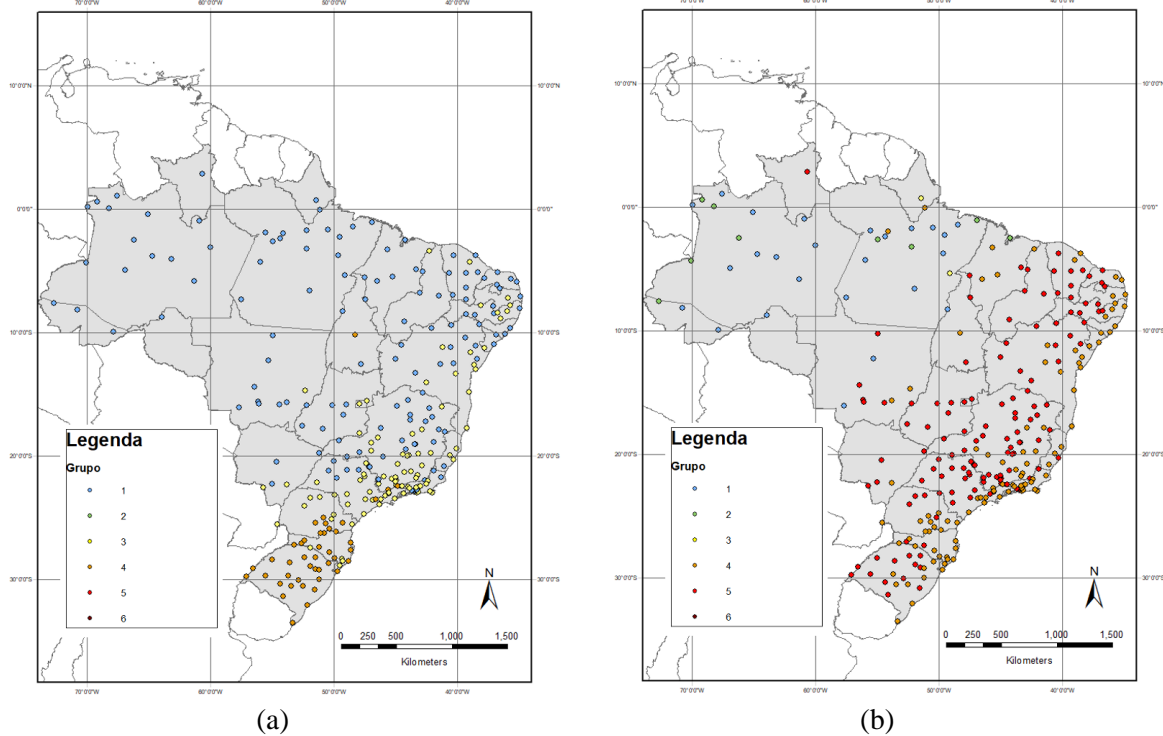
Quadro 3 - Grupos propostos conforme as recomendações arquitetônicas resultantes

| Coberturas | Paredes | Aberturas | Grupo | Cor no mapa |
|----------------------------|---------------|---|-------|-------------|
| Cobertura leve e refletora | Parede leve | Aberturas grandes com sombreamento | 1 | Azul |
| | | Aberturas médias com sombreamento | 2 | Verde |
| Cobertura leve e isolante | Parede leve | Aberturas grandes com sombreamento | 3 | Amarelo |
| | | Aberturas médias sem (a) e com (b) sombreamento | 4 | Laranja |
| | Parede pesada | Aberturas médias sem (a) e com (b) sombreamento | 5 | Vermelho |
| Cobertura pesada | Parede pesada | Aberturas intermediárias com sombreamento | 6 | Marrom |

Dentre as localidades analisadas as combinações de recomendações obtidas para coberturas, paredes e aberturas são as explicitadas no Quadro 3, sendo por isso considerado

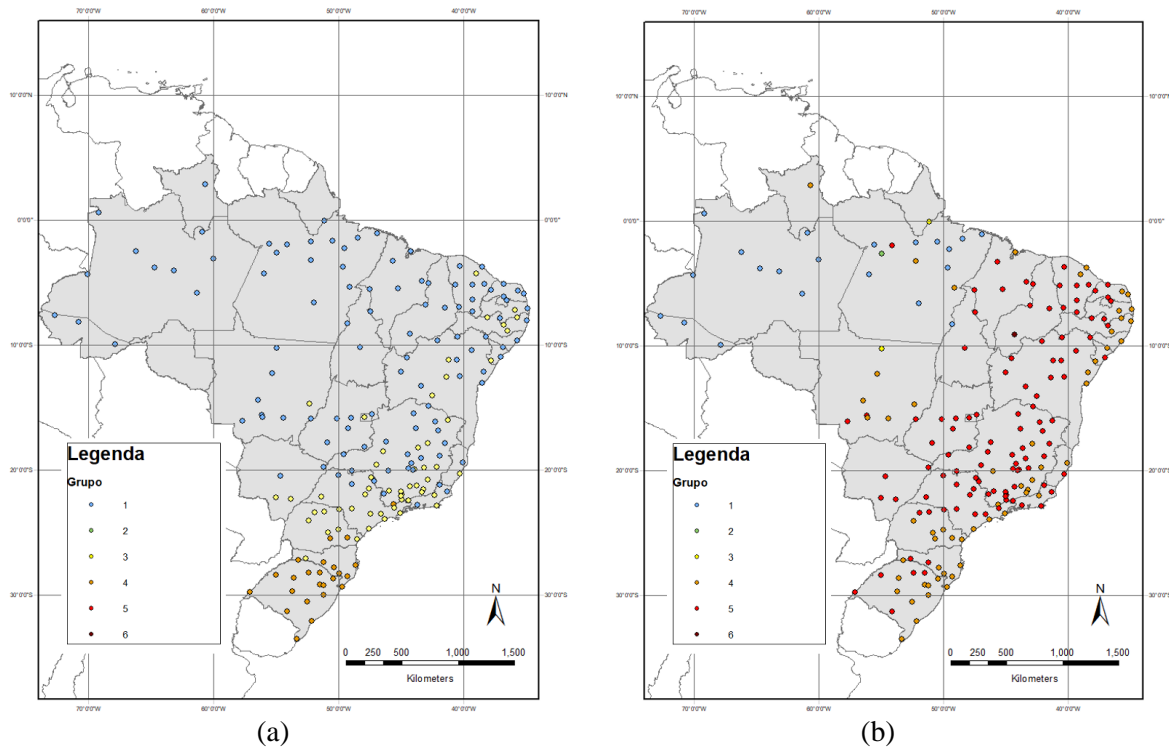
apenas seis grupos no presente trabalho. A partir do agrupamento por similaridade de recomendações arquitetônicas, foram gerados mapas para as TMT e TMN tanto para os dados de 1961 – 1990 e 1991 – 2020. Os mapas foram utilizados para a comparação entre as metodologias utilizadas e os períodos de dados climáticos. Os mapas são apresentados nas Figura 2 e 3.

Figura 2 - Mapas dos agrupamentos para o período de 1961 -1990: (a) TMT e (b) TMN



Aplicando a TMT para os dados climáticos das Normais Climatológicas de 1961 – 1990 foram obtidas apenas localidades classificadas nos grupos 1, 3 e 4. Ou seja, as recomendações são invariavelmente para superfícies (paredes e coberturas) leves e aberturas grandes (em sua grande maioria) ou médias. Ao se aplicar a TMN aos dados climáticos das Normais Climatológicas de 1961 – 1990, além dos grupos 1, 3 e 4, foram encontrados os grupos 2 e 5. O grupo 2 é caracterizado por cobertura leve e refletora, paredes leves e aberturas médias. Já o grupo 5 é caracterizado por cobertura leve e isolante, paredes pesadas e aberturas médias. Atenta-se ao fato de que as localidades do grupo 5, que não foi encontrado na TMT, são em número significativo. A concentração das cidades deste grupo ocorre no clima tropical, clima este com duas estações bem definidas, considerado como de transição. Outro ponto a ser destacado, é a redução de localidades no grupo 3 no mapa de TMN em relação a TMT. No caso de TMN, as poucas localidades no grupo 3 encontram-se no clima quente e úmido.

Figura 3 - Mapas dos agrupamentos para o período de 1991 -2020: (a) TMT e (b) TMN



Para os dados das Normais Climatológicas de 1991 – 2020, a aplicação da TMT resultou nos mesmos grupos que para os dados das Normais Climatológicas de 1961 – 1990 (grupos 1, 3 e 4). Já o agrupamento resultante do emprego das TMN apresentou todos os agrupamentos propostos. O grupo 6, caracterizado por paredes e cobertura pesadas, foi representado por duas localidades que não constavam na base de dados climáticos de 1961 – 1990. Novamente o grupo 5 apresentou boa representatividade ao longo do território brasileiro. Para as duas bases de dados climáticos, as TMN apresentaram maior diferenciação de grupos, aparentando maior sensibilidade à variação climática.

Para uma análise mais detalhada das diferenciações de agrupamento entre as metodologias, apresenta-se a contagem de localidades para cada grupo. Para tal comparação, foram consideradas apenas as localidades constantes nas duas bases de dados climáticos, permitindo assim a comparação e observação de aumento ou diminuição dos grupos. Um total de 194 localidades foram analisadas e os resultados são expostos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Os valores percentuais foram também representados em barras para facilitar a visualização de proporcionalidade dos registros nos grupos.

Tabela 3 - Resumo do número de localidades em cada grupo para todas as condições analisadas

| Grupo | 1961-1990 | | 1981-2010 | |
|--------------|--|--|--|--|
| | TMT | TMN | TMT | TMN |
| 1 | 105 <input type="text" value="54,7%"/> | 17 <input type="text" value="8,9%"/> | 110 <input type="text" value="57,3%"/> | 21 <input type="text" value="10,9%"/> |
| 2 | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 8 <input type="text" value="4,2%"/> | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 1 <input type="text" value="0,5%"/> |
| 3 | 60 <input type="text" value="31,3%"/> | 1 <input type="text" value="0,5%"/> | 58 <input type="text" value="30,2%"/> | 2 <input type="text" value="1,0%"/> |
| 4 | 27 <input type="text" value="14,1%"/> | 62 <input type="text" value="32,3%"/> | 24 <input type="text" value="12,5%"/> | 58 <input type="text" value="30,2%"/> |
| 5 | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 104 <input type="text" value="54,2%"/> | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 109 <input type="text" value="56,8%"/> |
| 6 | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 0 <input type="text" value="0,0%"/> | 1 <input type="text" value="0,5%"/> |
| Total | 192 | | | |

Examinando a ocorrência de cidades nos grupos para as Normais Climatológicas de 1961-1990, é observado que no caso de TMT o grupo 1 é o grupo predominante (54,6%), enquanto no caso de TMN é o grupo 5 (54,1%) quem possui este papel. O grupo 4 torna-se também representativo em TMN (33,5%), enquanto o grupo 3 (0,5%) é pouco representativo.

Comportamento similar é observado na ocorrência de cidades para as Normais Climatológicas de 1991-2020. Os resultados assim corroboram para a melhor aplicabilidade das TMN para climas de transição.

Comparando agora os dois períodos, a metodologia de TMT para o período de 1961-1990 apresenta um predomínio no grupo 1 (57,7%), seguido pelo grupo 3 (29,9%) e uma representatividade pequena do grupo 4 (12,4%). O mesmo ocorre para o período de 1991-2020. Ao se aplicar TMN, o grupo 5 é novamente o mais representativo (57,2%), seguido pelos grupos 4 (30,9%) e 1 (9,3%). Confrontando os resultados para os dois períodos, é observado uma tendência de aumento do grupo 1 e redução do grupo 4 tanto para TMT e TMN. A cobertura e tamanho das aberturas são pontos de diferenciação entre o grupo 1 (cobertura leve e refletora e aberturas grandes) e o grupo 4 (cobertura leve e isolante e aberturas médias). A definição da recomendação da cobertura é embasada nos indicadores U1 (estresse térmico diurno e umidade mais alta) e A1 (umidades mais baixas e amplitude mensal superior a 10°C). Já a definição do tamanho das aberturas ocorre em função de A1 e A3 (estresse térmico diurno por frio). O aumento do grupo 1 no período de 1981-2010 é justificado pelo aumento de U1 e redução de A3, indicando um aumento de temperatura máxima.

Outra diferença relevante importante observada foi em relação a cidades de clima predominante frio (Cambará do Sul, Campos do Jordão e São Joaquim). Nas TMT, para os dois períodos analisados, estas cidades obtiveram indicador U1 idêntico a 0, indicando não haver rigor térmico por calor. Já nas TMN, também para os dois períodos, estas mesmas cidades apresentaram indicadores U1 superiores a 5, indicando haver rigor térmico por calor. Essa diferenciação impacta nas recomendações referentes à ventilação (tipo de ventilação e no posicionamento das aberturas), indicando a necessidade de ventilação em alguns períodos, o que pode não ser pertinente a este clima. Portanto, fica indicado a necessidade de aprofundamento neste ponto para as TMN, para que não indiquem recomendações equivocadas que resultem em desconforto por frio.

Quanto à redução do número de localidades no grupo 4 de 1961-1990 para 1991-2020, esta alteração apresentou comportamentos distintos para TMT e TMN. No caso de TMT, a alteração se deu em função da alteração do tamanho das aberturas de médias para grandes, uma vez que houve a redução do indicador A3 (Tabela 4). Este fato também demonstra um aumento de temperatura máxima. E no caso de TMN, a alteração foi decorrente do aumento do grupo 5, consequência do aumento de A1, podendo ser consoante com o aumento das temperaturas máximas. Uma análise estatística dos dados climáticos se faz necessária para maiores elucidações.

Uma redução do grupo 2 e aumento dos grupos 5 e 6 são observados apenas em TMN. A redução do grupo 2 entre os dois períodos e aumento do grupo 1 para o período de 1991-2020, ocorre pela redução de A3, conforme já colocado. O aumento dos grupos 5 e 4 para o período de 1991-2020 são resultantes da redução do grupo 4, proveniente do aumento de A1. Por fim, o grupo 3 apresentou uma redução pelas TMT (aumento de U1) e um aumento pelas TMN (redução de A3). Em resumo, comparando os períodos de 1961 - 1990 e 1991 - 2020, houve um aumento dos indicadores U1, A2 e A1, enquanto o indicado A3 sofreu uma redução.

A partir dos resultados obtidos, de modo geral, constata-se que as TMN apresentam maior sensibilidade para a diferenciação climática do país. No caso das TMT pequenas alterações nos dados climáticos podem ocasionar grandes alterações nas recomendações, como ocorreu com o aumento do indicador U1.

Tabela 4 - Resumo das recomendações obtidas por TMT e TMN para os períodos de 1961-1990 e 1981-2010

| Recomendações | | 1961-1990 | | 1981-2010 | |
|----------------------------------|---|-----------|--------|-----------|--------|
| | | TMT | TMN | TMT | TMN |
| Implantação | Edifícios alongados, com fachada maiores voltadas para norte e sul, para reduzir a exposição ao sol | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Edifícios compactos, com pátio interno | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Espaçamento entre as edificações | Aumentar as distâncias entre as edificações para melhor ventilação | 44,8% | 3,9% | 58,1% | 4,0% |
| | Como acima, mas com a possibilidade de controlar a ventilação | 53,4% | 96,1% | 40,9% | 96,0% |
| | Aproximar as edificações para aumentar a inércia | 1,8% | 0,0% | 1,0% | 0,0% |
| Ventilação | Construções com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente | 98,2% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | Construções com orientação dupla, circulação de ar cruzada, aberturas de ar controláveis | 1,8% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| | Basta renovação higiênica do ar | 0,0% | 0,0% | 1,0% | 0,0% |
| Tamanho das aberturas | Grandes: 40 a 80% das fachadas norte e sul | 84,0% | 9,6% | 89,9% | 10,4% |
| | Médias: 25% a 40% da superfície das paredes e/ou leste e oeste quando o período frio for predominante | 16,0% | 90,4% | 10,1% | 88,9% |
| | Intermediárias: 20% a 35% da superfície das paredes | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,7% |
| | Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes, com controle de radiação solar | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| | Médias: 25% a 40% da superfície das paredes, permitindo sol no período frio | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| Posição das aberturas | Aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento | 97,2% | 100,0% | 98,0% | 100,0% |
| | Como acima, mas também aberturas nas paredes internas | 1,8% | 0,0% | 1,0% | 0,0% |
| Proteção das aberturas | Proteger da insolação direta | 91,5% | 43,4% | 94,0% | 60,7% |
| | Proteger da chuva | 56,2% | 93,2% | 58,1% | 85,2% |
| Paredes e pisos | Construções leves, baixa inércia térmica | 100,0% | 50,5% | 100,0% | 41,3% |
| | Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas | 0,0% | 49,5% | 0,0% | 58,7% |
| Coberturas | Leve (pouca inércia), superfície refletora, uso de câmara de ar | 50,2% | 12,1% | 63,1% | 9,4% |
| | Leve e bem isolada | 49,8% | 87,9% | 36,9% | 89,9% |
| | Maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,7% |
| Espaços exteriores | Espaço para dormir ao ar livre | 0,0% | 97,5% | 0,0% | 98,7% |
| | Proteção contra chuvas violentas | 66,2% | 100,0% | 70,5% | 100,0% |

4. CONCLUSÃO

O objetivo proposto foi uma comparação na capacidade de adaptação climática entre as metodologias propostas das Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) e das Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN), utilizando a base de dados climáticos das Normais Climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020.

Os resultados obtidos indicaram que, conforme exposto por Harris (1999) e Sena (2004), as Tabelas de Mahoney Nebulosas apresentam maior sensibilidade em condições de transição climática, sendo capaz de diferenciações nas recomendações, as quais as Tabelas de Mahoney Tradicional não foram sensíveis. Ao se aplicar os dados climáticos brasileiros às Tabelas de Mahoney Tradicional foram identificados apenas 3 grupos de localidades com recomendações de projeto arquitetônico similares. No entanto, ao se aplicar a mesma base de dados climáticos às Tabelas de Mahoney Nebulosas foram identificados 6 grupos de localidades com recomendações similares. Foram observadas diferentes distribuições das cidades entre os grupos de acordo com as Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) e das Tabelas de Mahoney Nebulosas (TMN). Ressalta-se que no caso das Tabelas de Mahoney Tradicional (TMT) não foram observadas cidades contempladas com as recomendações do grupo 5 ou 6. Estes grupos apresentam como ponto comum as paredes pesadas, utilizadas em climas com amplitudes térmicas diárias consideráveis, recorrentes em climas de transição continentais, como o clima tropical e tropical de altitude.

Os resultados também apresentaram um aumento dos indicadores U1, A2 e A1, enquanto o indicado A3 sofreu uma redução. Esta tendência de alteração de indicadores pode ser procedente de um aumento da temperatura máxima entre os períodos de 1961 - 1990 e 1991 - 2020. Para maiores conclusões faz-se necessário um estudo estatístico das bases de dados climáticos utilizadas, próxima etapa do trabalho.

E, por fim, os resultados obtidos apontam que as Tabelas de Mahoney Nebulosas possuem melhor capacidade de adaptação climática considerando a variabilidade climática brasileira do que as Tabelas de Mahoney Tradicional, desenvolvidas para o clima quente e seco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelos recursos financeiros aplicados para desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos também à Rosiane Bonatti Ribeiro por gentilmente ter cedido a planilha de sua autoria para análises pelo Método de Mahoney Nebuloso.

5. REFERÊNCIAS

ASHRAE. **Standard 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edifícios habitacionais - desempenho. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15.220-3 e NBR 15.575. **HOLOS**, v. 7, p. 290-298, 2016. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.4389>

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil: 1961 - 1990**. Ed. rev. ampl. INMET. Brasília, 2009, p. 465.

_____. **Normais climatológicas do Brasil: 1981 - 2010**. INMET. Brasília, 2018.

_____. **Normais climatológicas do Brasil: 1991 - 2020**. INMET. Brasília, 2021.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional 2022: Ano base 2021**. Rio de Janeiro, EPE, 2022. Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>.

FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A.; ASSIS, E. S. Comparação de Desempenho de Envoltórias Recomendadas por Normas de Desempenho e Mahoney. In: IX Encontro Latino-Americano e XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, v13, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ANTAC, 2015.

HARRIS, A. L. N. C. **Metodologias baseadas na Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy Systems Theory) no tratamento das informações subjetivas do projeto arquitetônico**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). 160f. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. IBGE. Brasília, 2020.

KOENIGSBERGER, O. H.; MAHONEY, C.; EVANS, J. M. **Climate and House Design**. New York: United Nations, 1971.

MORAES, O. B. D.; TORRES, S. C.; FREITAS, R. M. O método de caracterização climática de Mahoney remodelado e os avanços para obtenção de recomendações de adequação climática de edificações: um estudo em cidade no agreste do Nordeste brasileiro. In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, v. 7, 2016, Maceió. Anais... Maceió, 2016.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A Adaptação de Edificações e cidades às Mudanças Climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, v. 5, 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999.

SENA, C. B. **Análise comparativa entre o Método de Mahoney Tradicional e o Método de Mahoney Nebuloso para caracterização do clima no projeto arquitetônico**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil e Urbana). 132 f. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, M. F. D. **Estratégias bioclimáticas para seis cidades alagoanas: contribuições para a adequação da arquitetura ao clima local**. 2019. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo). 185 f. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

RIBEIRO, R. B. **Estratégias bioclimáticas para projeto de edificações com base em dados meteorológicos entre 1960 e 2018 para capitais da Região Sul do Brasil**. 2019. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil). 167 f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

SOUSA, B. G. D.; ASSIS, E. S. D. Sustentabilidade urbana por meio da legislação: regulamentação para o conforto ambiental na cidade de Cláudio-MG. In: XII Encontro Latino-Americano e XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, v. 16, 2021, Palmas. **Anais...** Palmas: ANTAC, 2021. p. 1144-1153.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.