

## **ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS A PARTIR DO MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO: ESTUDO DE CASO EM ARAPIRACA-AL**

**Mônica F. Silva (1); Ana M. L. A. Nunes (2); Dayany B. Vasconcelos (3); Ricardo V. R. Barbosa (4)**

(1) Estudante, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, monica\_fers@hotmail.com

(2) Estudante, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, amnunes.arq@gmail.com

(3) Estudante, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, dbarreto863@gmail.com

(4) Doutor, Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo, rvictor@arapiraca.ufal.br

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca, Av. Manuel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso-Arapiraca-AL, Telefone: 55 082 996436868

### **RESUMO**

Um dos principais métodos para se obter sugestões projetuais bioclimáticas é o Método de Mahoney Tradicional (MMT). Porém, este método mostra-se incoerente para regiões de clima intermediário. Arapiraca situa-se em região intermediária entre o clima semiárido e a costa úmida. Neste sentido, o Método de Mahoney Nebuloso (MMN) torna-se mais eficaz. Este estudo objetiva identificar diretrizes construtivas e urbanísticas para Arapiraca por meio do confronto entre o MMT e o MMN levando-se em consideração o perfil climático preliminar da cidade indicado pelos dados climáticos obtidos. A primeira etapa da metodologia foi a caracterização climática da cidade por meio de tabulação e tratamento estatístico dos dados climáticos de Arapiraca. A segunda etapa foi a análise das indicações construtivas segundo o MMN, que é uma adaptação do MMT. O método consiste na aplicação de pertinências às variáveis qualitativas da análise de Mahoney. Os resultados mostraram que, de maio a setembro, ocorre a estação considerada de inverno, enquanto que, de outubro a abril, as características climáticas são de verão. No MMN, notou-se que as sugestões construtivas foram parecidas com as do MMT. Porém o indicador climático A2 surge com grande grau de pertinência, enquanto que no MMT, ele sequer aparece. Por isto, a estratégia “espaço necessário para dormir ao ar livre” é indicada. Esta pesquisa confirmou a necessidade de complementação do MMT pelo MMN para Arapiraca, assim como obteve êxito em traçar estratégias bioclimáticas para a cidade.

Palavras-chave: Arapiraca, Bioclimatologia, Método de Mahoney Nebuloso.

### **ABSTRACT**

One of the main methods for obtaining bioclimatic design cues is the Traditional Mahoney's Method (TMM). However, this method is inconsistent for intermediate climate regions. Arapiraca is located between the semi-arid climate and the humid coast. In this sense, the Fuzzy Mahoney's Method (FMM) becomes more effective. This study aims to identify constructive and urban planning guidelines for Arapiraca through the confrontation between the TMM and the FMM, taking into account the preliminary climatic profile of the city indicated by the climatic data obtained. The first step of the methodology was the climatic characterization of the city by tabulation and statistical treatment of Arapiraca's climatic data. The second step was the analysis of constructive indications according to FMM, which is an adaptation of TMM. The method consists of applying pertinences to the qualitative variables of Mahoney's analysis. The results showed that, from May to September, the season is considered as winter, while from October to April, the climatic characteristics are from summer. In FMM, it was noted that the constructive suggestions were similar to those of TMM. However, the climatic indicator A2 appears with great degree of pertinence, whereas in the TMM, it does not even appear. Therefore, the strategy "space required for outdoor sleeping" is indicated. This research confirmed the need for complementation of the TMM by the FMM to Arapiraca, as well as succeeded in tracing bioclimatic strategies for the city.

Keywords: Arapiraca, Bioclimatology, Fuzzy Mahoney's Method.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção arquitetônica de Arapiraca, cidade situada na mesorregião do Agreste alagoano, na maioria dos casos, não foi pensada considerando o contexto climático local. A inadequação com este acarreta no desconforto térmico dos usuários dessas edificações.

A arquitetura é muito importante na produção de espaços que proporcionem conforto térmico aos seus usuários e que, ao mesmo tempo, sejam sustentáveis (PASSOS, 2009). Para isto, “o estudo das variáveis climáticas e sua relação com a edificação é indispensável, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à edificação, interferindo positivamente nas decisões de projeto” (CORREIA; BARBIRATO, 2013).

Para dar subsídio aos profissionais na concepção de projetos, existem metodologias que, baseadas nos dados climáticos de cada localidade, dão diretrizes projetuais bioclimáticas que, “fazendo uso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, pretendem fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto higrotérmico, com baixo consumo energético” (BOGO et al, 1994).

Arapiraca é uma cidade relativamente jovem e possui poucas pesquisas acerca de estratégias bioclimáticas para a mesma. Até pouco tempo, os profissionais da região não possuíam ferramentas para nortear o projetar na cidade, mas, a partir de 2008, foi implantada uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município, o que possibilitou obter-se dados climáticos da cidade, úteis para serem aplicados em instrumentos de auxílio projetual.

Em pesquisa anterior, foram identificadas recomendações projetuais para Arapiraca de acordo com o Método de Mahoney Tradicional (MMT). Porém, este método se mostrou contraditório para regiões de clima intermediário, indicando recomendações diferentes para dois grupos de dados climáticos estatisticamente iguais de uma mesma cidade, demonstrado por Harris (1999). Assim, Harris (1999) remodelou o Método de Mahoney Tradicional por meio da Teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Fuzzy Set Theory*) resultando no chamado Método de Mahoney Nebuloso (MMN). “A Teoria dos Sistemas Nebulosos é um conjunto de teorias e métodos capaz de modelar sistemas complexos e subjetivos” (SENA, 2004, p. 20). A teoria foi criada por Zadeh (1965) com o objetivo de modelar informações qualitativas que não possuem limites exatos, de modo a complementar as falhas da matemática clássica.

Neste sentido, o Método de Mahoney Nebuloso, desenvolvido por Harris (1999), tem se mostrado mais indicado para estudos referentes ao clima arapiraquense, uma vez que a cidade se encontra entre a costa úmida e o sertão do estado de Alagoas.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo identificar diretrizes construtivas e urbanísticas para a cidade de Arapiraca a partir da aplicação da metodologia de Mahoney Nebuloso - com vistas a ampliar a análise obtida com as Planilhas de Mahoney Tradicional, por meio de análise estatística discreta, levando-se em consideração o perfil climático preliminar da cidade indicado pelos dados obtidos de maio de 2008 a abril de 2016.

## 3. MÉTODO

O objeto desta pesquisa foi a cidade alagoana de Arapiraca e os procedimentos metodológicos adotados consistiram em duas fases distintas: caracterização do perfil climático preliminar de Arapiraca e análise das recomendações construtivas indicadas pelo Método de Mahoney Nebuloso (MMN).

### 3.1. Caracterização do município de Arapiraca

O município de Arapiraca, objeto desta pesquisa, localiza-se na mesorregião do Agreste Alagoano, na parte central do Estado, entre a latitude 9°75'25'' Sul e longitude 36°60'11'' Oeste, como pode ser visto na Figura 1. Abrange uma área de 345,655 km<sup>2</sup>, possui uma população estimada de 231.053 habitantes e densidade demográfica de 600,83 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2016).



Figura 1 – Localização da Cidade de Arapiraca (ROCHA, 2014).

### 3.2. Perfil climático de Arapiraca

A caracterização climática da cidade se desenvolveu em quatro etapas. A primeira etapa correspondeu à revisão bibliográfica e documental relativa ao clima e à região Agreste de Alagoas. Nesta etapa, foram levantados dados do comportamento dos elementos do clima, caracterização do perfil climático e clima urbano.

Concomitante à etapa anterior, foram feitos levantamento e tabulação dos dados climáticos de Arapiraca no período de maio de 2008 a abril de 2016. Estas informações foram obtidas por meio da estação meteorológica do INMET em Arapiraca (Latitude:  $-9.80417^\circ$ , Longitude:  $-36.6189^\circ$ , Altitude: 241.00m) com o objetivo de consolidar banco de dados climático para o município. Estes dados correspondem aos valores horários das seguintes variáveis: temperaturas do ar (máxima, mínima e instantânea), umidade do ar (máxima, mínima e instantânea) e precipitação.

Na terceira etapa, foi feito tratamento estatístico que consistiu na obtenção das máximas, mínimas e médias diárias e mensais dos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, totais pluviométricos diários e mensais. A partir dos dados mensais obtidos, foram geradas as médias de cada variável para cada mês do ano durante o período de maio de 2008 a abril de 2016.

Por fim, foram gerados gráficos com comportamento das variáveis analisadas em escala temporal mensal, cujas análises permitiram compreender o perfil climático de Arapiraca.

### 3.3. Análise das recomendações construtivas segundo o MMN

Quanto ao Método de Mahoney Nebuloso (MMN), os procedimentos desta pesquisa foram embasados nos estudos realizados por Harris (1999), Sena (2004) e Moraes; Torres; Freitas (2016).

O Método de Mahoney Tradicional (MMT) é constituído por três quadros nos quais são inseridos os dados climáticos de determinada localidade e, por meio de inferências feitas baseadas na Teoria Clássica dos Conjuntos, ao final do processo, obtém-se recomendações projetuais e construtivas cuja finalidade seria tornar edificações mais eficientes. Porém, estudos mostraram que esta metodologia não gera resultados satisfatórios para regiões de clima transitório. Arapiraca está situada em área de transição entre a costa úmida e o interior semiárido do Nordeste brasileiro (MORAES; TORRES; FREITAS, 2016).

Desta forma, Harris (1999) remodelou o MMT por meio da Teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Fuzzy Set Theory*) resultando no chamado Método de Mahoney Nebuloso (MMN). A Teoria dos Sistemas Nebulosos é adequada ao tratamento de variáveis qualitativas, como as usadas na definição dos grupos climáticos e na análise do rigor térmico do método de Mahoney.

O Método de Mahoney Nebuloso consiste numa adaptação do Método de Mahoney Tradicional a fim de tornar a análise e as recomendações projetuais provenientes mais fiéis à realidade local para regiões situadas em zonas de transição climática. Esta remodelagem consiste na aplicação de pertinências à análise das variáveis qualitativas presentes na análise de Mahoney. Assim, cada conceito constitui um conjunto nebuloso e, para cada dado climático, é verificada sua pertinência em relação a este conjunto. Quanto mais

próximo de 1 for o grau de pertinência de determinado elemento, mais este elemento pertence àquele conjunto (HARRIS, 1999).

#### 4. RESULTADOS

Abaixo são expostos os resultados obtidos a partir do tratamento e das análises dos dados referentes à Arapiraca com o intuito de traçar um perfil climático preliminar da cidade.

A análise dos dados mostrou que o período que vai de meados de setembro até o mês de abril e início de maio tem uma curva ascendente nos níveis de temperatura do ar, exibindo características notáveis de uma estação tipicamente quente, como visto na Figura 2.

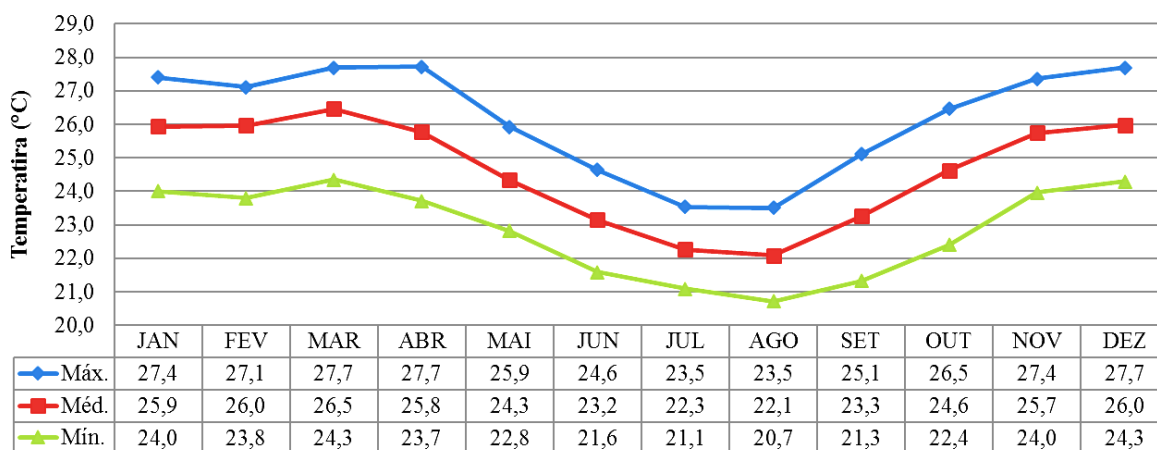


Figura 2 - Temperatura média do ar (°C).

Quanto a amplitude térmica, a Figura 3 mostra a diferença de amplitude térmica mensal entre os anos, sendo visível que, a partir do mês de julho, há um acréscimo no valor da amplitude térmica enquanto que, a partir de março, os valores decrescem.

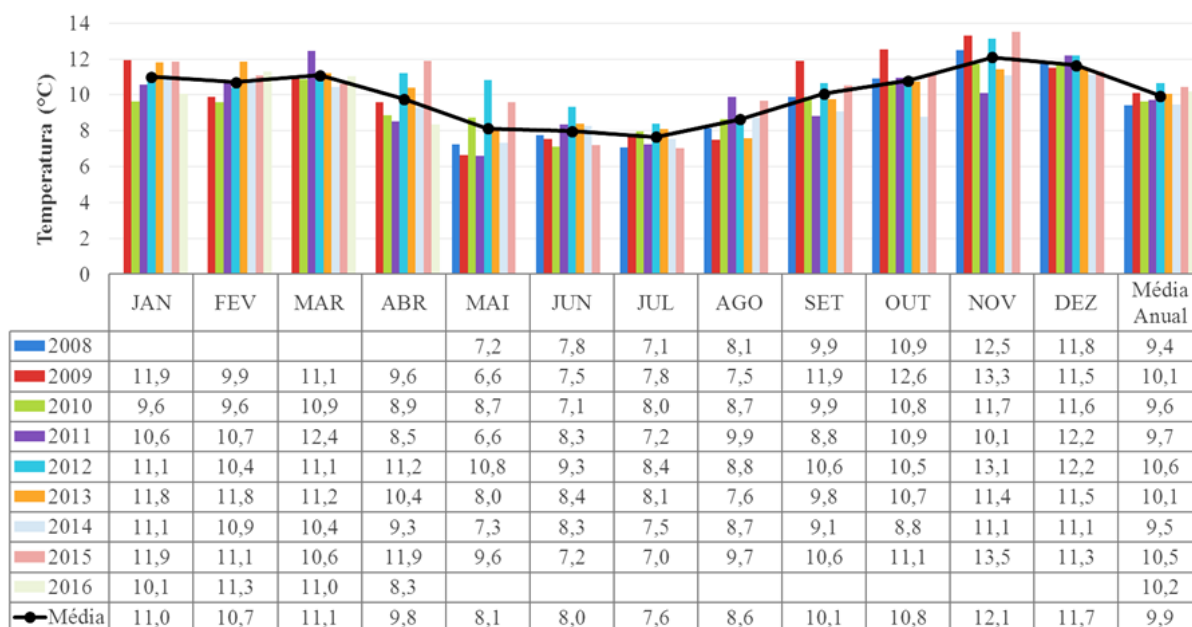


Figura 3 - Variação da amplitude térmica (°C).

Com relação à umidade relativa do ar, foi possível perceber que seu comportamento apresenta valores mais altos entre os meses de maio a agosto e mais baixos no período de novembro a março, período que coincide com altas amplitudes térmicas e baixos valores de precipitação, como observado na Figura 4.

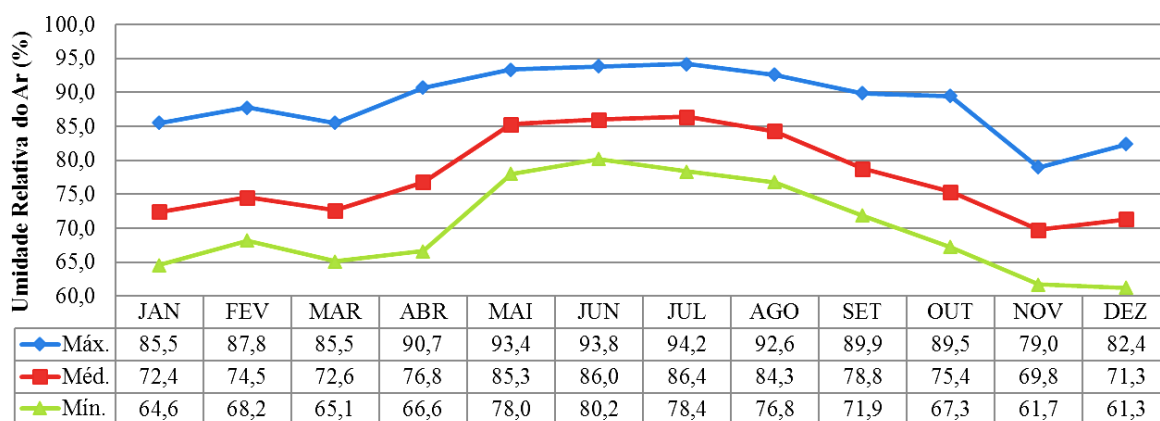


Figura 4 - Comportamento da variável umidade relativa média do ar (%).

Arapiraca mostrou-se com uma pluviosidade extremamente irregular, no qual os totais pluviométricos anuais variaram ao longo dos anos analisados. Observa-se, na Figura 5, que a distribuição das chuvas no município de Arapiraca mostra-se com um regime de chuvas concentradas principalmente nos meses de maio, junho e julho.

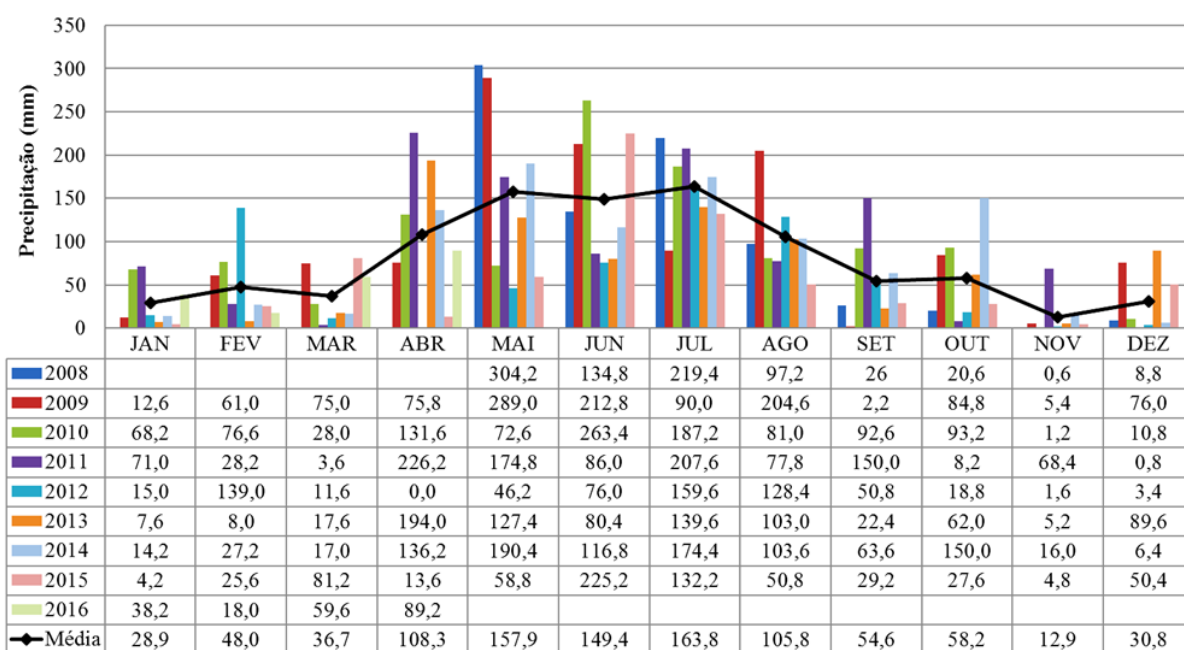


Figura 5 - Comportamento pluviométrico (mm).

O MMN, assim como o MMT, é composto por três quadros. O quadro I refere-se à entrada de dados climáticos referentes à temperatura média, amplitude térmica, umidade relativa, pluviosidade e vento. Nele, também são verificados os graus de pertinência de cada dado climático. Os conceitos os quais são analisados os graus de pertinência são: temperatura “alta”, “média” e “baixa”; amplitude térmica “grande” e “pequena”; umidade relativa média – “seco” e “úmido” e pluviosidade “alta”, como na Tabela 1, referente a Arapiraca.

Tabela 1 - Dados climáticos e seus graus de pertinência – Quadro I

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Temperatura média</b>	25.9	26	26.5	25.8	24.3	23.2	22.3	22.1	23.3	24.6	25.7	26
μ TMA <sub>alta</sub>	1	1	1	1	1	1	0.96	0.92	1	1	1	1
μ TMM <sub>média</sub>	0	0	0	0	0	0	0.04	0.08	0	0	0	0
μ TMB <sub>baixa</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Amplitude Média Mensal</b>	11.0	10.7	11.1	9.8	8.1	8.0	7.6	8.6	10.1	10.8	12.1	11.7
μ AT <sub>grande</sub>	0.52	0.52	0.53	0.49	0.41	0.40	0.38	0.43	0.50	0.52	0.55	0.54

$\mu$ ATPeque	0.48	0.48	0.47	0.51	0.60	0.60	0.62	0.57	0.50	0.48	0.45	0.46
<b>U. Rel. Média</b>	<b>72.4</b>	<b>74.5</b>	<b>72.6</b>	<b>76.8</b>	<b>85.3</b>	<b>86</b>	<b>86.4</b>	<b>84.3</b>	<b>78.8</b>	<b>75.4</b>	<b>69.8</b>	<b>71.3</b>
$\mu$ URMSeco	0.40	0.32	0.40	0.23	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.28	0.50	0.45
$\mu$ URUMido	0.60	0.68	0.60	0.77	0.93	0.93	0.93	0.92	0.85	0.72	0.50	0.55
<b>Pluviosidade Média</b>	<b>28.9</b>	<b>48</b>	<b>36.7</b>	<b>108.3</b>	<b>157.9</b>	<b>149.4</b>	<b>163.8</b>	<b>105.8</b>	<b>54.6</b>	<b>58.2</b>	<b>12.9</b>	<b>30.8</b>
$\mu$ PLAlta	0.07	0.12	0.09	0.27	0.39	0.37	0.41	0.26	0.14	0.15	0.03	0.08

Na Tabela 1, percebe-se que, em todos os meses, há um alto grau de pertinência dos dados de temperatura ao grupo nebuloso “temperatura alta”, não sendo de 100% apenas nos meses de julho e agosto. Já os dados de amplitude térmica mensal exibem comportamentos semelhantes para os grupos nebulosos “grande” e “pequena”, porém, apresentando pertinências acima de 50% para “amplitude grande” de setembro a março. A Tabela 1 ainda mostra que os dados de umidade relativa do ar possuem pertinências acima de 50% para o grupo “úmido” ao longo de todo o ano, porém, com valores acima de 90% de maio a agosto. Este período coincide com os meses com maiores valores de pertinência dos dados de pluviosidade “alta”, embora os valores sejam relativamente baixos para esta variável ao longo do ano. Estes valores evidenciam a presença de uma estação úmida de maio a agosto, e seca pelo resto do ano.

A etapa seguinte é a análise dos dados climáticos apresentada no quadro II que é dividido em duas partes. A primeira parte diz respeito à definição dos grupos de rigor térmico. A segunda parte do quadro II trata da determinação da presença dos indicadores climáticos de umidade (H1, H2 e H3) e de aridez (A1, A2 e A3) em cada mês.

Para a análise segundo os chamados Limites de Conforto Nebulosos, são utilizadas as regras de inferência do MMT remodeladas. As pertinências das temperaturas médias mensais são verificadas com relação aos conjuntos nebulosos “frio”, “confortável” e “quente” (primeira parte do quadro II); e os indicadores climáticos de cada mês (segunda parte do quadro II) utilizando operações de conjuntos nebulosos. As Tabelas 2 e 3 mostram o quadro II com os resultados obtidos com os dados de Arapiraca.

Tabela 2 - Resultados obtidos para a classificação de rigor térmico por meio do MMN – Quadro II (a)

<b>Rigor Térmico Por Temp. Média</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
$\mu$ RTDia - Frio	0.04	0.04	0.01	0.07	0.17	0.23	0.28	0.25	0.18	0.10	0.02	0.02
$\mu$ RTDia - Confortável	0	0	0	0	0	0.15	0.31	0.25	0	0	0	0
$\mu$ RTDia - Quente	0.96	0.96	0.99	0.93	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.90	0.98	0.98
$\mu$ RTNoite - Frio	0.54	0.53	0.52	0.52	0.54	0.60	0.62	0.64	0.64	0.59	0.57	0.55
$\mu$ RTNoite - Confortável	0.84	0.89	0.93	0.94	0.82	0.58	0.66	0.60	0.42	0.61	0.70	0.80
$\mu$ RTNoite - Quente	0.46	0.47	0.48	0.48	0.46	0.40	0.38	0.36	0.36	0.41	0.43	0.45

Na Tabela 2, as pertinências para o grupo térmico “dia quente” se mantiveram acima de 70% ao longo do ano todo, enquanto que as maiores pertinências indicam que as temperaturas noturnas são “confortáveis”.

Tabela 3 - Resultados de inferência para o grau de pertinência dos indicadores climáticos por meio do MMN – Quadro II (b)

<b>Indicadores</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Freq. Anual</b>
$\mu_{H1}$ (mês)	0.60	0.68	0.60	0.77	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.72	0.50	0.55	8.30
$\mu_{H2}$ (mês)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.31	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
$\mu_{H3}$ (mês)	0.07	0.12	0.09	0.27	0.39	0.37	0.41	0.26	0.14	0.15	0.03	0.08	2.39
$\mu_{A1}$ (mês)	0.40	0.32	0.40	0.23	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.28	0.50	0.45	3.02
$\mu_{A2}$ (mês)	0.96	0.96	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.75	0.82	0.90	0.98	0.98	10.58
$\mu_{A3}$ (mês)	0.04	0.04	0.01	0.07	0.17	0.23	0.28	0.25	0.18	0.10	0.02	0.02	1.43

A Tabela 3 mostrou a pertinência dos dados a todos os indicadores climáticos, tanto os de umidade quanto os de aridez, confirmando, mais uma vez, a caracterização de um clima composto. O principal

indicador de umidade foi o H1, indicado para mais de oito meses. Este indicador recomenda movimento do ar indispensável. O principal indicador de aridez, por sua vez, foi o A2, indicado para mais de 10 meses. O indicador A2 alega a conveniência de dormir ao ar livre.

Na Tabela 4, pode-se comparar a diferença de frequência dos indicadores observados segundo o MMT, obtidas em estudo anterior, e o MMN.

Tabela 4 - Frequências dos indicadores climáticos segundo o MMT e o MMN.

Indicadores	MMT	MMN
H1	4	8.3
H2	2	0.7
H3	0	2.39
A1	6	3.02
A2	0	10.58
A3	0	1.43

Observa-se que, no MMN, há pertinência dos dados em todos os indicadores climáticos, enquanto que no MMT, há frequência apenas nos indicadores H1, H2 e A1. A principal diferença notada é o alto valor de pertinência para o indicador A2, apontado pelo MMN, enquanto que, no MMT, não há frequência. Isto ocorre porque a análise dos indicadores considerando apenas a frequência anual não é suficiente para compreender o perfil climático de uma localidade devido à rigidez do método.

É necessário observar a distribuição de cada indicador ao longo do ano, comparando-a com a variação dos dados climáticos mês a mês, para analisar as convergências e detalhes no comportamento referentes às recomendações gerais delimitadas pelo Método Tradicional e pelo Método Nebuloso (MORAES; TORRES; FREITAS, 2016, p. 8).

Por fim, no quadro III, encontram-se as recomendações para projeto. “Assim como no MMT, no MMN as recomendações de projeto são definidas pela frequência anual de um ou vários indicadores diferentes” (SENA, 2004). No MMN, as recomendações são conjuntos nebulosos e, para se conseguir seus graus de pertinência são utilizados os valores da frequência anual dos indicadores verificados. A Tabela 5 reúne as recomendações construtivas indicadas segundo o MMT e o MMN.

Tabela 5 - Resultados de inferência para as recomendações projetuais: MMT e MMN – Quadro III

	Frequência		Descrição da recomendação
	MMT	MMN	
Traçado	1	1	Edifícios orientados sobre o eixo N/S para reduzir a exposição ao sol.
	0	0	Planificação compacta com quintal.
Espaçamento	0	0	Espaço aberto para penetração de brisa.
	1	1	O mesmo que o anterior, porém com proteção contra o vento quente.
	0	0	Planificação compacta.
Mov. Do Ar	1	1	Habitações em fileira única; dispositivo permanente para movimento do ar.
	0	0	Habitações em fileira dupla com dispositivo temporal para o movimento do ar.
	0	0	Não é necessário o movimento do ar.
Aberturas	0	0	Aberturas grandes; 40-80%; parede N e S.
	0	0	Aberturas muito pequenas; 10-20%.
	1	1	Aberturas medianas; 20-40%.
Paredes	0	0	Paredes leves; tempo curto de transmissão térmica.
	1	1	Paredes pesadas; interiores e exteriores.
Cobertura	1	1	Coberturas isoladas leves.



	0	0	Coberturas pesadas; mais de 8h de transmissão térmica.
Dormir Ar Livre	<b>0</b>	<b>1</b>	Espaço necessário para dormir ao ar livre.
Prot. Contra Chuva	0	0	Necessidade de proteção contra chuva intensa.

Como notado na Tabela 5, não há grandes diferenças quanto às recomendações construtivas indicadas pelo MMT e o MMN, apesar da diferença nos indicadores climáticos. Isso se deve ao fato das regras de análise estabelecidas por Mahoney para o quadro III se relacionarem primordialmente aos indicadores H1 e A1, que possuem frequência/pertinência considerável segundo os dois métodos estudados. Embora todos os demais indicadores possuam pertinência, segundo o MMN, estas não são em valores altos o suficiente para alterarem os resultados já obtidos pelo MMT, com exceção do indicador A2. A única diferença notada foi a recomendação de espaço necessário para dormir ao ar livre, que não é indicada pelo MMT. Esta recomendação surge justamente devido a presença do indicador climático de aridez A2.

## 5. CONCLUSÕES

Com base no estudo das características e das variantes climatológicas locais, é possível observar que a cidade de Arapiraca possui um clima composto basicamente de duas estações, que podem ser descritas como: quente e úmida e quente e seca. A estação úmida é caracterizada por temperaturas do ar menos elevadas, a umidade relativa do ar é alta e a amplitude térmica apresenta pequena variação entre o período noturno e diurno. Esta estação vai de maio a setembro. Já a seca, tem como características temperaturas atingindo níveis relativamente altos, a umidade do ar é menor e a amplitude térmica entre o período noturno e diurno é significativamente alta. Este período vai do início de outubro até o mês de abril e início de maio.

A análise pelo MMN reafirma o comportamento climático observado. Percebeu-se que, em todos os meses, há um alto grau de pertinência dos dados de temperatura ao grupo nebuloso “temperatura alta” (Tabela 1). Já os dados de amplitude térmica mensal exibiram pertinências acima de 50% para “amplitude alta” de setembro a março. Na Tabela 2, as pertinências para o grupo térmico “dia quente” se mantiveram acima de 70% ao longo do ano todo. Todos estes dados ratificam a predominância de calor ao longo do ano.

A Tabela 1 ainda mostra que os dados de umidade relativa do ar possuem pertinências acima de 90% de maio a agosto para o grupo “úmido”. Este período coincide com os meses com maiores valores de pertinência dos dados de pluviosidade “alta”. Estes valores evidenciam a presença de uma estação úmida de maio a agosto, e seca pelo resto do ano.

A Tabela 3 mostrou a pertinência dos dados a todos os indicadores climáticos, tanto os de umidade quanto os de aridez, confirmando, mais uma vez, a caracterização de um clima composto. O principal indicador de umidade foi o H1, indicado para mais de oito meses. Este indicador recomenda movimento do ar indispensável. O principal indicador de aridez, por sua vez, foi o A2, indicando uma discrepância com relação ao MMT, uma vez que, no MMT, o indicador de aridez com maior frequência é o A1, enquanto que o A2 sequer aparece. No MMN, o indicador A1 aparece, porém com baixa pertinência.

Em consequência da presença deste indicador, na tabela 5, aparece a estratégia construtiva de espaço necessário para dormir ao ar livre, segundo o MMN, enquanto não era indicada pelo MMT.

Esta pesquisa confirmou a necessidade de complementação do MMT pelo MMN para Arapiraca. O estudo obteve êxito em traçar estratégias bioclimáticas para Arapiraca, podendo ser utilizado como base por profissionais da região interessados em arquitetura bioclimática. É recomendável a realização de pesquisas utilizando outras ferramentas projetuais, bem como com maior quantidade de dados a fim de resultados mais amplos e confiáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOGO, A. PIETROBON, C. E. BARBOSA, M.J. GOULART, S. PITTA, T. LAMBERTZ, R. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Núcleo de Pesquisa em Construção - Departamento de Engenharia Civil. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico**. Relatório. Santa Catarina, 1994. Disponível no endereço eletrônico <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Bioclimatologia.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf)>. Acesso em 07 de outubro de 2013.
- CORREIA, W. F. B. e BARBIRATO, G. M. **Arquitetura e clima no contexto do Semiárido Nordeste: Respostas construtivas com vistas ao conforto térmico e eficiência energética**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12. Brasília, 2013. Anais... Brasília: 2013 (CD-ROM). 1972 p.
- HARRIS, A.L.N.C. **Metodologias baseadas na Teoria dos Sistemas Nebulosos (*Fuzzy Systems Theory*) para o tratamento das informações subjetivas do Projeto Arquitetônico**. São Paulo, 1999. 160p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Arapiraca: Informações completas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=270030&search=alagoas|arapiraca>>. Acesso em: 20 mar. 2016.



- MORAES, O. B., TORRES, S.C. e FREITAS, R.M. **Caracterização climática e planejamento urbano: o Método de Mahoney remodelado e os avanços para obtenção de recomendações de adequação climática de assentamentos construtivos.** In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – Contrastes, Contradições e Complexidades, 7. Maceió, 2016. Anais... Maceió: 2016.
- PASSOS, I. C. S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar.** 2009. 173 f. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2009.
- ROCHA, D. D. A. **Mapa Climático da Cidade de Arapiraca/AL: Instrumento ao Planejamento Urbano Ambiental.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2014.
- SENA, C. B. **Análise comparativa entre o Método de Mahoney Tradicional e o Método de Mahoney Nebuloso para caracterização do clima no projeto arquitetônico / C.B. Sena.** – São Paulo, 2004. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.
- ZADEH, L. A. **Fuzzy Sets.** USA: Information and Control, 1965. p 338-353.