



ELEIÇÃO DE ANOS-PADRÃO PARA A CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO CEARÁ.

LUCAS PEREIRA SOARES¹
MARIA ELISA ZANELLA²

Resumo: A proposta deste trabalho é desenvolver as etapas de eleição para anos padrão conforme Tavares (1976) tanto para critério explicativo, como para posterior aplicação da análise rítmica no estado do Ceará. A escala temporal compreende o período 1996-1999/2002-2010. Feito o tratamento dos dados a partir de Tavares (1976), volta-se a espacialização dos valores através do estimador *Kernel*, pelo ArcGIS 10.2, sendo selecionados, a partir da escala temporal citada acima como anos padrão para o estado do Ceará: 2005, como ano seco, 2008, como ano habitual e 2009, como ano chuvoso.

Palavras chave: Ano padrão, climatologia geográfica, interpolação de dados.

Abstract: The objective of this work is to develop steps for selecting patterns years in accordance with Tavares (1976) both for explanatory criteria, as for application of rhythm analysis in the state of Ceará. The timeline covers the period 1996-1999/2002-2010. Made the processing of data according Tavares (1976), the spatial distribution of values is performed by Kernel estimator at ArcGIS 10, being selected from the timescale quoted above, the patterns years for the state of Ceará: 2005 as driest year; 2008 as a regular year; and 2009 a rainy year.

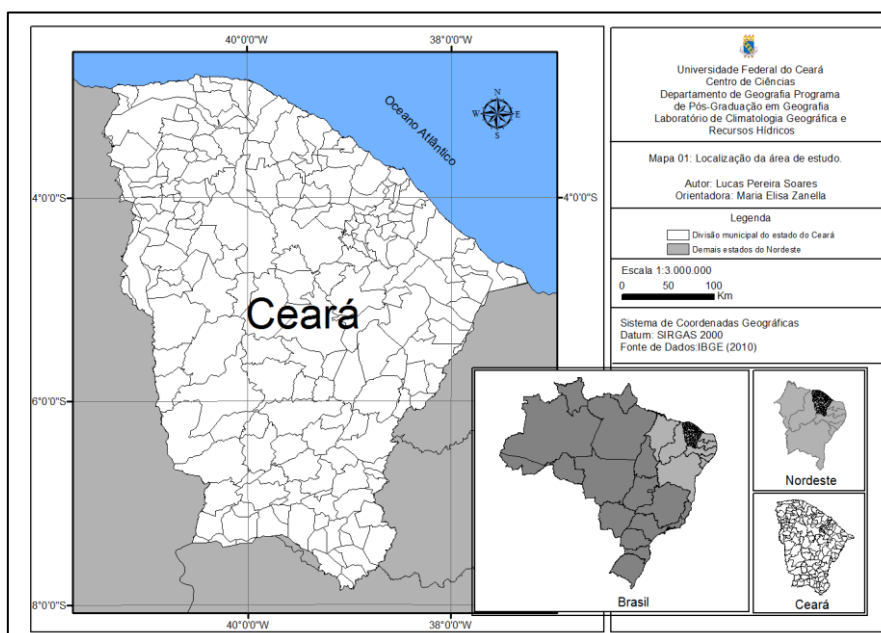
Keywords: patterns years, geographical climatology data interpolation.

1 - Introdução

O estado do Ceará, objeto de investigação deste artigo, encontra-se na região Nordeste do Brasil (ver Mapa 01), com população de 8.452.381 e área de 148.825,6 km², sendo a 4^a extensão territorial do Nordeste (IPECE, 2011). Seu território está 93% submetido à influência da semiaridez, com altas taxas de evaporação/evapotranspiração e baixos níveis pluviométricos, com predominância do clima Tropical Quente Semiárido, que cobre 98 das 184 sedes municipais (IPECE, 2011). Desta forma, a relação do Estado com suas intempéries climáticas, torna-se alvo de estudos que tem como papel ampliar formas de previsão e análise dos fenômenos climáticos intensos que repercutem na sociedade.

¹ Mestrando em Geografia pela UFC, lucaspsgeo@gmail.com

² Prof.^a Dr.^a. do Departamento de Geografia da UFC



Mapa 01: localização da área de estudo.
Fonte: produzido pelos autores

A considerar na análise destes fenômenos, destacam-se os estudos pautados na Climatologia Geográfica, sob o enfoque da valorização dos desvios no ritmo de sucessão dos tipos de tempos (MONTEIRO, 1971 e 1976), fornecendo subsídios a aplicação de metodologias que tem como propósito uma fidelidade maior aos dados climáticos, voltando-se a compreensão do complexo atmosférico causador de tais desvios, em muitas vezes classificados como extremos.

Por extremo, compreende-se um desvio brusco no ritmo climático, seja ele positivo ou negativo (TAVARES, 1976). Em se tratando de um estudo que considere a identificação destes desvios, destaca-se a eleição de anos-padrão. Fundamental para o acompanhando das variações presentes no ritmo climático de dada região.

O ano-padrão é um passo inicial ao desenvolvimento de uma caracterização climática sob a égide geográfica. Ele remete a eleição de amostras cronológicas anuais, seja ano civil ou agrícola, que representem “os diferentes graus de proximidade do ritmo ‘habitual’ ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação (MONTEIRO, 1991, p. 38)”. Tal concepção permite a compreensão tanto quantitativa, considerando uma escala anual, sazonal, mensal e episódica, como qualitativa, a partir do processo de análise genética, compreendendo o ritmo de sucessão dos tipos de tempo.

Como etapa fundamental a caracterização climática, a eleição de tais anos deve ser esboçada sob um tratamento cuidadoso dos dados, neste caso, para o presente trabalho, o



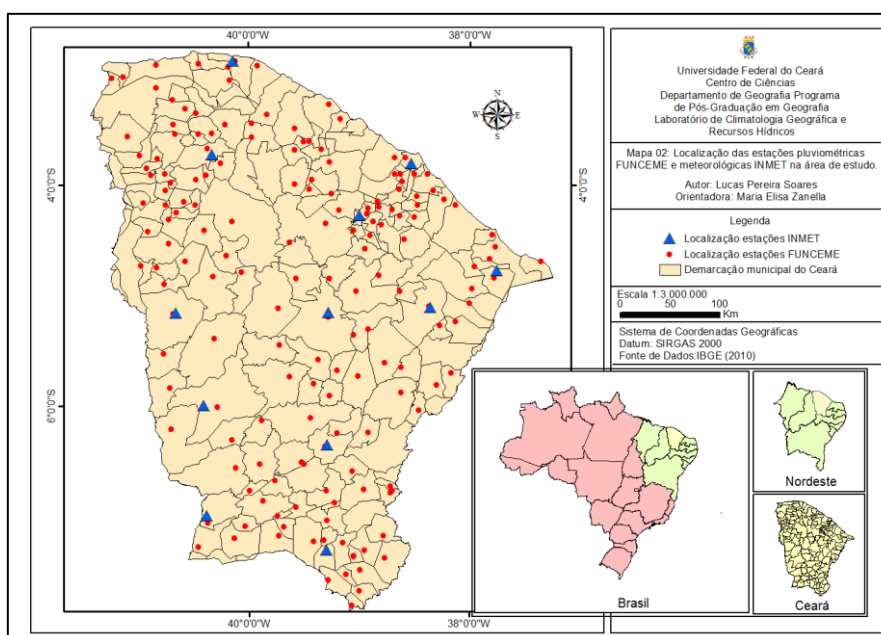
processo de eleição de anos-padrão se desenvolveu a partir de um tratamento estatístico considerando o método de Tavares (1976), que propõe uma classificação de 3 tipos de anos-padrão, o ano seco, o habitual e o chuvoso, e para este caso em particular, considerando uma série de 13 anos de dados, a partir da cronologia 1996-1999/2002-2010.

Tal proposta de seleção de anos-padrão é a fase inicial para o desenvolvimento de uma caracterização climática para o estado do Ceará, pautada no enfoque dinâmico da Climatologia Geográfica. Portanto este artigo tem como objetivos indicar o passo a passo para a eleição de anos padrão a partir do método de Tavares (1976), considerando a apresentação dos cálculos para se chegar ao produto final deste, e indo além ao utilizar ferramentas GIS para processo de espacialização da classificação de anos secos, habituais e chuvosos.

2 - Metodologia

A coleta dos dados foi realizada a partir da rede meteorológica de superfície, que é composta pelos dados de pluviosidade, advindos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), e climatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram então organizados em função do método de Tavares (1976).

Dos 184 municípios cearenses, destaca-se uma representação de 176 estações pluviométricas mantidas pela FUNCEME, e de 12 estações meteorológicas sob a tutoria do INMET (ver Mapa 02).



Mapa 02: localização das estações pluviométricas da FUNCEME e meteorológicas do INMET no estado do Ceará.

Fonte: produzido pelos autores.



Os dados coletados via FUNCEME não completam todos os 184 municípios do estado, por conta de falhas no repasse das informações sobre a localização exata de tais estações pluviométricas pela Fundação, contudo cabe ressaltar a boa qualidade temporal e espacial dos demais dados pluviométricos repassados. A série de dados apresentou algumas falhas, e foi sujeita a análise de consistência e processo de preenchimento, a partir do método de média aritmética dos postos vizinhos (métodos das médias aritméticas), empregado por Silva (2006) e dispostos pela fórmula a seguir:

$$P_x = \frac{1}{n} (P_A + P_B + P_C)$$

Onde, n é o número de estações pluviométricas, P (A , B e C) representa os valores precipitados e P_x o valor que se almeja conseguir na equação.

Tal método é aconselhado para regiões climaticamente homogêneas, onde as precipitações normais anuais dos postos não diferem entre si em mais de 10%, considerando uma série histórica de no mínimo 30 anos (SILVA, 2006).

Os dados advindos do INMET apresentam falhas mais consideráveis e difíceis de serem reparadas. As informações coletadas via SBMET (plataforma de coleta de dados *on line* do Instituto) tem uma espacialidade falha para a região da Ibiapaba (ver Mapa 02), parte noroeste do estado do Ceará, fronteira com o Piauí, que apresenta um Planalto sedimentar com altitude de 954m, portanto uma região cuja homogeneidade climática é nítida frente as áreas de seu entorno. A estação do município de Acaraú, representativa da região Noroeste do litoral cearense, foi desativada no final do ano de 2010, deixando o estado mais ausente de dados meteorológicos. Há ainda para todas as estações no estado do Ceará, uma falta de dados em 8 meses para o ano de 2000 e 3 meses para o ano de 2001.

Considerando as falhas observadas nos dados meteorológicos, a organização temporal do trabalho segue a cronologia 1996-1999/2002-2010 não sequenciais, excluindo-se os anos de 2000 e 2001 por conta da presença de séries falhas. Para tal período (2000-2001) os dados pluviométricos não apresentam problemas, contudo como é objetivo posterior deste trabalho a aplicação da análise rítmica, para os anos-padrão deve-se então considerar uma cronologia onde os dados meteorológicos estejam disponíveis de forma admissível, o que não vem ao caso para tais anos.

Feita essa coleta e triagem dos dados, estes foram em seguida organizados em função do método escolhido para eleição dos anos-padrão. Cabe destacar que para o presente artigo as etapas de desenvolvimento de tal método são exemplificadas pelo uso de



apenas uma estação, no caso a estação Campus do Pici, representativo da capital Fortaleza, contudo, torna-se importante ainda salientar que para a eleição de anos-padrão para o estado do Ceará, as etapas a serem realizadas a seguir foram aplicadas para todas as estações da rede meteorológica de superfície citadas anteriormente.

São respeitadas as etapas que levam a eleição dos anos-padrão por Tavares (1976), estabelecidas a seguir.

Inicialmente, foram coletados e tratados os dados pluviométricos. Estes foram organizados considerando os totais mensais, respeitando seus limites anuais (ver Tabela 01).

CAMPUS DO PICI	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996	100,8	258,8	455,6	374,9	282,9	65,5	24,2	58,2	10,7	14,4	4,4	10,1
1997	18	51,7	160,6	212,6	213,9	1,3	0	0	0	0	0	20
1998	218,3	52,2	340,6	154,9	91	73,3	3,6	0	0	7,8	2,8	9,7
1999	67,2	130,1	193,5	292,7	238	27	1,8	11,3	0	1,2	12	56,4
2000	209,9	170	336	476,3	159,5	45,2	142,7	65,2	156,2	1,2	9,3	5
2001	103,2	85,7	148,3	616,8	70	52,5	0	0	0	0	0	0
2002	283,3	92,6	310	499	133,1	173,2	128,8	0	0	0	0	0
2003	155	342,8	542,2	468,3	301,2	272,1	12,1	25,7	17,5	3,1	13	17,6
2004	319,6	207,7	471,7	192	81,3	277,9	121,8	11,2	15,3	1,5	0,2	5,2
2005	9,3	87,3	255	202,5	335,2	150,5	23,2	9,2	1,6	0	8,2	13
2006	55,4	74,9	203,9	398,7	405	189,3	55,5	12,5	10,4	3,2	2,7	11,5
2007	36,5	279,8	335,5	226	181,6	81	78,1	1	14	0,9	13,4	87,5
2008	255,8	75,3	248,9	490,4	223,7	77,9	21,7	34,3	0	0	9	13,1
2009	140,7	304,9	451	510,3	302,9	208,3	215,4	37,8	1,8	1,4	4,1	40,3
2010	35,9	47,1	206,1	334	167,2	59,4	44,9	0	0	0	0	58,3

Tabela 01: precipitação total mensal dos anos considerados na escala temporal da pesquisa.

Fonte: FUNCEME (elaborado pelos autores)

Tais dados pluviométricos foram agrupados em períodos trimestrais, correspondentes a cada uma das estações (ver Tabela 02). Conforme Tavares (1976), para melhor organização não são consideradas as estações astronômicas.

Após o agrupamento dos dados em períodos trimestrais, calcula-se a precipitação média de cada uma das estações do ano, gerando também um valor de precipitação MÉDIA GERAL do ano (na Tabela 02):



CAMPUS DO PICI	MÉDIA TRIMESTRAL													MÉDIA GERAL
	1996	1997	1998	1999	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Verão	272	77	204	130	229	347	333	117	111	217	193	299	96	202
Outono	241	143	106	186	268	347	184	229	331	163	264	341	187	230
Inverno	31	0	1	4	43	18	49	11	26	31	19	85	15	26
Primavera	10	7	7	23	0	11	2	7	6	34	7	15	19	11

Tabela 02: precipitação média trimestral e geral dos anos considerados na escala temporal da pesquisa.

Fonte: elaborado pelos autores

Por se tratar de uma seleção amostral, o período cronológico focalizado deve conter pelo menos 10 anos de dados (TAVARES, 1976).

Com os dados da Tabela 2, calcula-se o DESVIO PERCENTUAL de cada estação. Para tal cálculo usa-se o valor da MÉDIA TRIMESTRAL subtraído pelo valor da MÉDIA GERAL, o resultado é o valor que representa o DESVIO MÉDIO (GERARDI E SILVA, 1981).

$$\text{DesvioMédio} = \text{MédiaTrimestral} - \text{MédiaGeralAno}$$

Pelo DESVIO MÉDIO, chega-se ao DESVIO PERCENTUAL, pois o DESVIO PERCENTUAL é o DESVIO MÉDIO dividido pela MÉDIA GERAL do ano, vezes 100 (GERARDI E SILVA, 1981). Os resultados encontram-se na Tabela 03.

$$\text{DesvioPercentual} = \text{DesvioMédio}/\text{MédiaGeralAno} * 100$$

CAMPUS DO PICI	DESVIO PERCENTUAL												
	1996	1997	1998	1999	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Verão	35	-62	1	-35	13	72	65	-42	-45	8	-4	48	-52
Outono	5	-38	-54	-19	17	51	-20	0	44	-29	15	48	-19
Inverno	21	-100	-95	-83	67	-28	92	-56	2	21	-27	230	-42
Primavera	-16	-42	-41	103	-100	-2	-80	-38	-49	197	-36	33	70
TOTAL	45	-242	-189	-35	-3	92	57	-136	-49	196	-53	360	-43

Tabela 03: desvio percentual da precipitação dos anos considerados na escala temporal da pesquisa.

Fonte: elaborado pelos autores

Conforme Tavares (1976) os desvios próximos de 0 (Zero) são considerados habituais, e aqueles que apresentaram grandes desvios positivos seriam chuvosos, e os de grandes desvios negativos são secos (ver Gráfico 01).

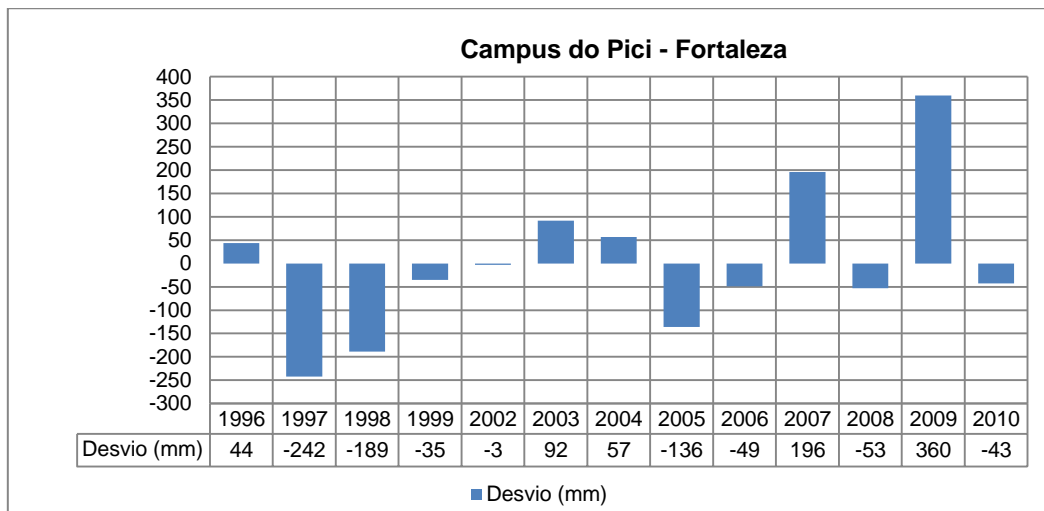


Gráfico 01: desvio percentual da precipitação dos anos considerados na escala temporal da pesquisa.
 Fonte: produzido pelos autores

A fim de agrupar e melhor delimitar os anos de representatividade seca, habitual e chuvosa, parte-se a aplicação do COEFICIENTE DE SIMILIARIDADE, considerando como produto a produção de um DENDOGRAMA, sendo utilizado o software livre *Action 2.6*, para o cálculo do coeficiente de similaridade responsável por gerar árvore de ligação (ver Figura 01).

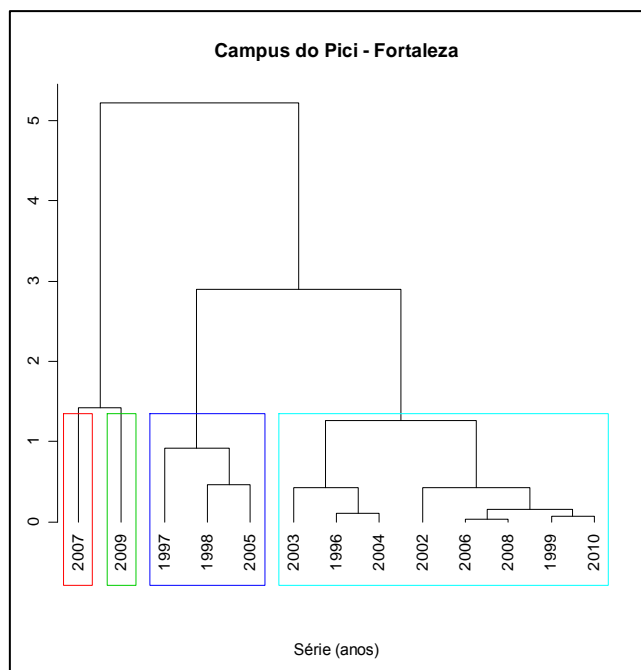


Figura 01: dendograma produzido pelo software *Action 2.6*, a partir dos dados de desvio percentual da precipitação.
 Fonte: Action 2.6 (produzido pelos autores)



Pelo DENDOGRAMA, torna-se possível a sistematização dos dados e organização daqueles anos de maior similaridade entre si, sendo possível a classificação em anos secos, habituais e chuvosos. A exemplo da Figura 01 pode-se considerar como anos secos: 1997, 1998 e 2005; anos habituais: 2003, 1996, 2004, 2002, 2006, 2008, 1999 e 2010; e como chuvoso: 2007 e 2009.

Em Tavares (1976) a etapa final a ser desenvolvida é a análise do dendograma, conforme realizado no parágrafo anterior. Contudo, ao considerar um conjunto maior de estações pluviométricas, torna-se importante o desenvolvimento de uma análise que considere tanto o dendograma como uma espacialização dos valores rotulados em seco, habitual e chuvoso. Tal espacialização é realizada adiante, para os dados totais do estado do Ceará, referentes a rede meteorológica de superfície, considerando o uso do software *ArcGIS 10.1*, a partir da ferramenta *Kernel*.

3 - Resultados E Discussões

Pelos anos-padrão chega-se a distribuição espacial dos padrões de pluviosidade de dada região (SCHNEIDER et al, 2012, p. 266), essencial nos estudos de eventos caracterizados como extremos, que resultam em ameaça à vida e à propriedade.

Dentre os métodos, que podem ser empregados para a eleição destes anos, fez-se uso do proposto por Tavares (1976), cuja concepção climática é fundamentada em Sorre (1951) e Monteiro (1971 e 1973), e que tem como objetivo principal: “[...] estabelecer critérios para a escolha de anos padrões, dentro de um determinado período cronológico, a fim de serem estudados através da análise rítmica” (TAVARES, 1976, p. 79).

A aplicação do método de Tavares (1976) para a escolha de anos-padrão como base a uma caracterização climática do estado do Ceará, considerou também a espacialização a partir do método estimador *Kernel* (no *ArcGIS 10.1*) das informações advindas da produção e interpretação de dendogramas, de todas as estações referentes a rede meteorológica de superfície.

A partir da interpretação dos dendogramas (ver Figura 02), foram classificados como secos, para o estado do Ceará, os anos de 1998, 2005, 2003, 2006 e 2007; como habituais 2008, 2004, 1996, 1997, 1999 e 2002; e chuvosos 2009 e 2010.



o ano de 2009.

Portanto, para a série 1996-1999/2002-2010, referente ao estado do Ceará, destaca-se a seguinte produção e representação cartográfica dos anos seco, habitual e chuvoso, selecionado para a amostragem de tais períodos, os anos de 2005, 2008 e 2009, respectivamente.

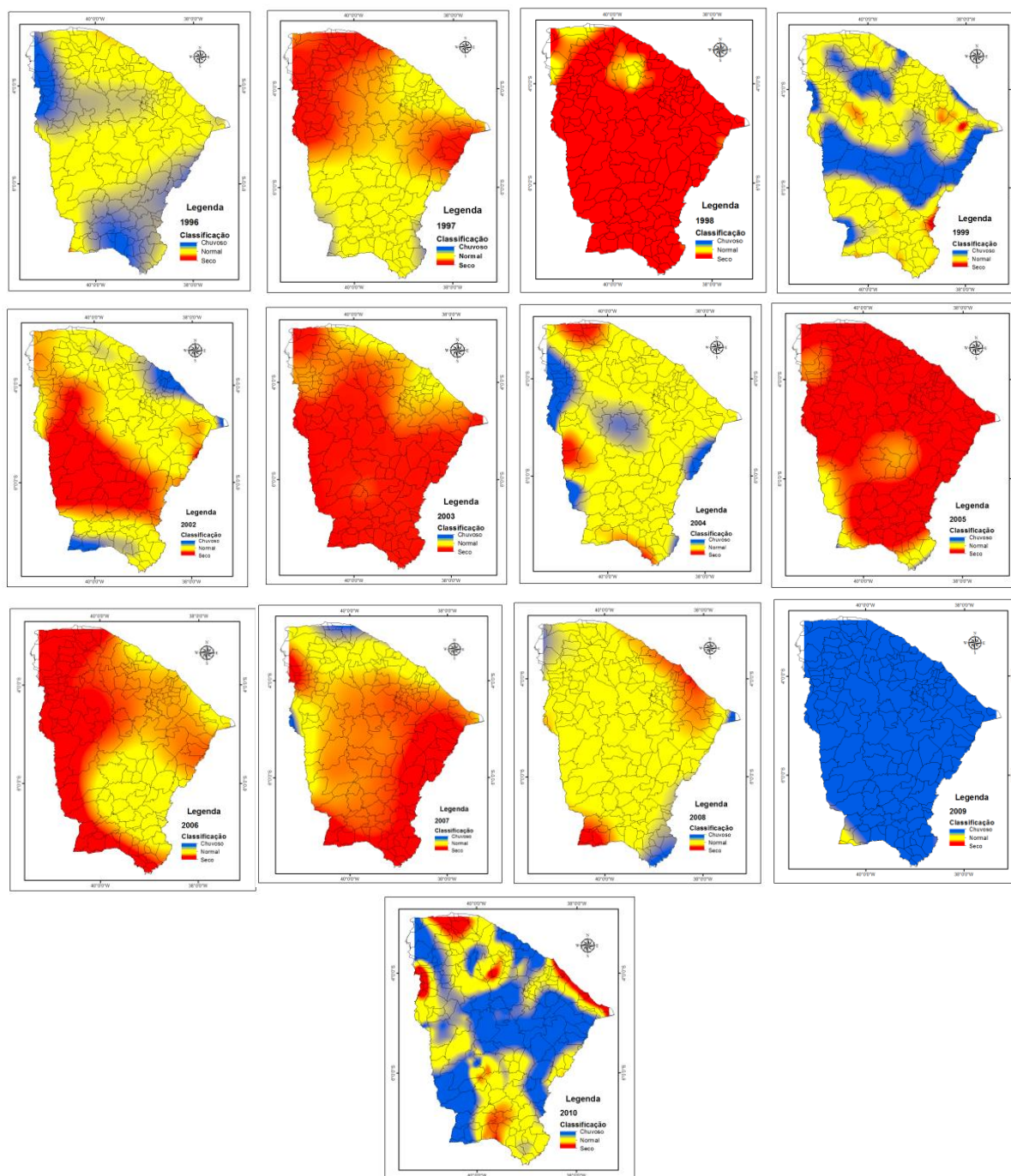


Figura 03: mosaico de mapas representativos dos anos padrão secos (em vermelho), habituais (em amarelo) e chuvosos (em azul). Fonte: produzido pelos autores.



4 - Conclusão

O método de Tavares (1976) se mostrou muito útil a eleição de anos-padrão para o estado do Ceará, visto se tratar de uma abordagem cujo o propósito é a eleição de amostras para o estudo com a análise rítmica que considera não apenas os totais anuais de precipitação, mas sim a distribuição da chuva no decorrer do ano, sendo de funcionalidade pertinente a Climatologia Geográfica.

A base de dados espacial e temporal para o Estado, com relação as informações pluviométricas, é de boa qualidade, já a qualidade de dados para as informações meteorológicas deixa um pouco a desejar, principalmente pela falta de dados na região da Ibiapaba e por conta da extinção da estação do litoral noroeste do Estado, em Acaraú.

O emprego estatístico seguiu criteriosamente o que foi incorporado por Tavares (1976), contudo para descrição das fórmulas e dos cálculos utilizados destaca-se o uso da produção sobre Quantificação em Geografia de Gerardi e Silva (1981). E para a produção do dendograma (considerando também o cálculo de similaridade multidimensional), destaca-se o software livre *Action 2.6*, muito interessante para o tratamento de dados geográficos na estatística.

Mesmo com a aplicação de um método que emprega exatidão na classificação de anos secos, habituais e chuvoso, assim como de um trabalho de espacialização destas classificações, existe certa dificuldade para a identificação de padrões específicos em dados anos quando considera-se diversas séries em áreas com relativa extensão territorial, como é o estado do Ceará, que concentra uma dinâmica muito grande de sistemas atmosféricos, responsáveis por diversos tipos de tempo isolados dentro dos limites estaduais, sendo comum precipitações dispersas por sistemas convectivos, que se desenvolvem em áreas mais restritas e muitas vezes interferem em uma escala mais reduzida nas condições de tempo dentro do Ceará, causando instabilidade temporal em uma região e em outra área próxima as condições de tempo se mantém estáveis.

Ao mesmo tempo a eleição dos anos-padrão considerando estudos cada vez mais representativos de todo um território, formado por um conjunto de dinâmica climática e temporal muitas vezes própria, permite uma exatidão maior com aquilo que realmente acontece no dinamismo atmosférico, principalmente com relação aos valores pluviiais, caracterizados como “fenômenos descontínuos” (MONTEIRO, 1973) no tempo e no espaço.



5. Referências Bibliográficas

ACTION 2.3 (Brasil). **Análise Cluster**. 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 01 maio 2014.

ESRI 2014. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

IPECE. **IPECE informe**: perspectivas da Economia Cearense para 2013. Fortaleza: IPECE Informe - nº 50 - Dezembro de 2012 – Edição Especial.

_____. **Ceará em números 2011**: caracterização territorial. Fortaleza: IPECE. 2011.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira; SILVA, Bárbara Christine Nentwig. 1981. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL. 161 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Análise Rítmica em Climatologia**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1971.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973.

_____. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

TAVARES, Antônio Carlos. **Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica**. Geografia, n.1, v.1, Rio Claro, abril 1976, p.79-87.

SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap4-PPT.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2014.

SCHNEIDER, Heverton; SILVA, Charlei Aparecido da; SANTOS, Vladimir Aparecido dos. A escolha de anos padrão como base para identificação do regime das chuvas na porção centro sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Geonorte**. Edição especial 2, V.1, N.5, p.262 – 270, 2012. Disponível em: < <http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2013.