

# ANÁLISE DE FATORES COMUNS E AGRUPAMENTOS DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DE INVERNO NO ESTADO DO PARANÁ

Jonas Teixeira NERY<sup>1</sup>, Clóvis A. SANSIGOLO<sup>2</sup>, Maria de Lourdes Orsini F. MARTINS<sup>3</sup>

## RESUMO

Análise fatorial e de agrupamentos, baseadas em 26 estações meteorológicas, foram utilizadas para identificar os principais padrões espaciais de variabilidade das temperaturas mínimas médias de inverno no Estado do Paraná. Dois padrões significativos, explicando 84 e 7% da variância total, foram observados. Duas regiões homogêneas foram obtidas por análise de agrupamentos das estações, uma à leste e outra à oeste de  $-51,5^{\circ}$  de longitude, associadas ao segundo fator comum.

**Palavras-chave:** Temperaturas Mínimas, Fatores Comuns, Agrupamentos.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de geadas é bastante freqüente no Estado do Paraná, principalmente durante o outono-inverno, causando graves conseqüências para a agricultura. Essas geadas ocorrem em função do deslocamento de massas de ar polar que alteram o balanço regional de energia, propiciando condições para que se verifique a queda da temperatura até o ponto de congelamento interno das plantas. Esse processo se torna bastante freqüente no inverno, causando a ocorrência de geadas inclusive no Norte do Estado, com conseqüências desastrosas para a agricultura, (GRODZK et al., 1996). A maioria dos trabalhos realizados sobre ocorrência de geadas se referem à análise de casos particulares (FORTUNE & KOUSKY, 1983; SATYAMURTY et al., 1990; NERY & BRYNSZTEIN, 1994).

Diversos autores, usando diferentes metodologias, estudaram a variabilidade das temperaturas mínimas, como BOLOGNESE (1971), que analisou as distribuições de freqüência das temperaturas e umidades relativas médias nos diferentes meses, na Argentina, PAPETTI & ALMEJUN (1972), que estudaram o comportamento da temperatura no aeroporto de Ejeiza em Buenos Aires, ESTEFANEL et al. (1978) e CAMARGO et al. (1993), que calcularam as probabilidades de mínimas absolutas no Rio Grande do Sul e São Paulo, respectivamente, e NERY & BRYNSZTEIN (1994), que analisaram as temperaturas mínimas de Maringá usando análise espectral.

---

<sup>1</sup> Professor Associado, UEM/DFI, CP 331, 87020-900, Maringá, PR.

<sup>2</sup> Pesquisador Titular, INPE/DCM, CP 515, 12201-970, S.J. Campos, SP.

<sup>3</sup> Física, UEM/DFI, CP 331, 87020-900, Maringá, PR

O objetivo deste trabalho é uma análise multivariada, incluindo fatores comuns e agrupamentos, das temperaturas mínimas de inverno no Estado do Paraná, visando a obtenção dos seus principais padrões de variabilidade espacial e regionalização.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados, cedidos pelo IAPAR de Londrina, foram os registros diários de temperatura mínima no período de 1978-95, de 26 estações meteorológicas bem distribuídas pelo Estado do Paraná (Figura 1 e Tabela 1). Na Tabela 1 encontram-se as temperaturas médias mensais e as mínimas absolutas dos meses de junho, julho e agosto, para as localidades selecionadas. Para a análise espacial foram utilizadas as médias das temperaturas mínimas do trimestre mais frio do ano, que compreende os meses de junho, julho e agosto.

Análise Fatorial foi o método usado para derivar os padrões de variabilidade espacial das temperaturas mínimas na região. Análise fatorial em componentes principais é uma técnica multivariada que envolve a transformação de um conjunto de  $p$  variáveis mutuamente correlacionadas num novo conjunto de  $p$  variáveis ortogonais, onde cada componente é uma combinação linear das variáveis originais, com coeficientes iguais aos autovetores  $\mathbf{V}$  da matriz de correlação das observações  $\mathbf{Z}$ . A matriz dos fatores comuns  $\mathbf{F} = \mathbf{ZB}$ , onde  $\mathbf{B}$  é a matriz dos coeficientes, que podem ser estimados por  $\mathbf{B} = \mathbf{VD}^{-1/2}$ , onde  $\mathbf{D}$  é a matriz dos autovalores da matriz de correlação de  $\mathbf{Z}$ . As cargas fatoriais  $\mathbf{A}$  (correlações das variáveis com as componentes) são dadas por  $\mathbf{A} = \mathbf{VD}^{1/2}$ .

Grupos homogêneos de temperatura mínima foram identificados por análise de agrupamentos hierárquicos aglomerativos, pelo método de Ward, das cargas fatoriais espaciais mais significativas. O pré processamento ou filtragem por análise fatorial elimina informações retundantes e separa o sinal de grande escala ou a variância comum do conjunto de estações, do ruído ou variância específica associada a cada estação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Tabela 1 pode verificar-se a região sul (Guarapuava, Clevelândia, Francisco Beltrão e Palmas) como a que apresenta temperaturas mínimas mais baixas nos meses de junho, julho e agosto, assim como seus extremos. Estas temperaturas mínimas mais baixas são decorrentes não só da orografia como de sistemas polares que atuam sobre a região.

A análise fatorial mostra dois padrões espaciais significativos (autovalores  $> 1$ ), o primeiro explicando 84% da variância total, e o segundo 7%. Na Figura 2 encontram-se as estações em função desses 2 fatores comuns espaciais, que foram rotacionados pelo método varimax. Dois grupos principais, um com alto fator 1 ( $>0,7$ ) e baixo 2 ( $<0,65$ ) e outro com baixo fator 1 ( $<0,7$ ) e alto 2 ( $>0,65$ ) podem ser observados.

Nas Figuras 3 e 4 são mostrados os 2 principais padrões médios de variabilidade espacial das temperaturas mínimas de inverno no Paraná. As cargas fatoriais, ou correlações das séries com os fatores, são todas positivas no caso do primeiro fator (não rotacionado) e apresentam um mínimo no nordeste e um máximo no sudeste, e superiores a 0,9 no resto do Estado. O segundo fator (não rotacionado) mostra grandes contrastes entre as regiões leste e oeste de 51,5<sup>0</sup>. Valores positivos são observados à leste com um máximo no nordeste e negativos superiores a -0,2 à leste, com diversos mínimos secundários.

As séries temporais desses 2 fatores são mostradas na Figura 5. Observa-se pela análise da primeira que os trimestres de inverno mais frios no Estado, entre 78 e 95, foram 81, 85, 88-89-90 e 93 e os mais quentes 82 e 95. Pela análise da segunda, verifica-se que os maiores contrastes leste-oeste ocorreram em 80, 82, 83, 90 e 92, com mesmo sinal das correlações, ou seja temperaturas mínimas mais altas à leste e mais baixas à oeste, e com sinal contrário, em 79, 85 e 95 (temperaturas mínimas mais altas à oeste e mais baixas à leste).

Na Figura 6 é apresentado o dendrograma de agrupamento das estações e os 2 grupos homogêneos em relação às temperaturas médias de inverno, identificados pelo método de Ward. A distribuição espacial e alocação das estações nesses 2 grupos, de 13 componentes, é mostrada na Figura 1, e na Figura 2 encontram-se as localidades em função dos fatores comuns. Como para a regionalização não foram fornecidas informações sobre a posição das estações e houve uma grande coerência espacial nos grupos, exceto no caso de Palotina, conclui-se que o método de agrupamento (Ward) foi eficiente. O segundo fator foi determinante na análise de agrupamentos, pois a distribuição das estações nos 2 grupos (Figura 1) é similar ao seu padrão espacial de variabilidade (Figura 4).

## CONCLUSÕES

Dois padrões significativos de variabilidade espacial das temperaturas mínimas médias de inverno foram observados no Estado do Paraná, o primeiro explicando 84% da variância total, com um mínimo no nordeste e um máximo no sudeste, e correlações positivas e superiores à 0,9 na

maior parte da região, e o segundo explicando 7% da variância, com correlações positivas à leste e negativas à oeste de  $-51,5^{\circ}$  de longitude.

Também foram identificados 2 grupos homogêneos em relação às mínimas de inverno, com distribuição espacial (leste-oeste) similar ao padrão do segundo fator comum.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLOGNESE, E. Análisis de criterios para clasificar con respecto a la normal datos de temperatura media mensual aplicada a las series de la República Argentina. **Meteorológica**, Argentina, v.2, n.1, p.300-330, 1971.

CAMARGO, M. B. P. ; PEDRO JR, M. J.; ALFONSI, R. R. ; ORTOLANI, A. A. ; BRUNINI, O. Probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anuais no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.52, n.2, p.161-168, 1993.

ESTEFANEL, V. ; BURIOL, G. A.; SACCOL, A. V. Variabilidade e probabilidade de temperaturas mínimas absolutas do ar no Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 8, n. 4, p.363-384, 1978.

FORTUNE, M. A; KOUSKY, V. E. Two Severe Freezes in Brazil: Precursor and Synoptic Evolution. **Monthly Weather Review**, Washington, v.111, n.1, p.181-196, 1983.

GRODZK, L.; CARAMORI, P. H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Riscos de ocorrência de geada no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v.4, n.1, p. 93-99, 1996.

NERY, J. T.; BRYNSZTEIN, S. Variabilidade da temperatura mínima de Maringá: máxima entropia. **Revista UNIMAR** , Maringá, v.16, n.3, p.539-553, 1994.

PAPETTI, E.; ALMEJUN, B. Contribución al conocimiento del regimen térmico de Ejeiza. **Meteorológica**, Argentina, v.3, n.1, p.180-198, 1972.

SATYAMURTY, P.; ETCHICHURY, P. C.; STUDZINSKI, C.; CALBETE, N. O.; LOPES, R. R.; GRAMMELSBACHER, E. A. A primeira friagem de 1990: uma descrição sinótica. **Climanálise**, São José dos Campos - SP, v.5, n.5, p.43-51, 1990.

Tabela 1: Valores médios e extremos de temperatura mínima nos meses de junho, julho e agosto e no trimestre, para as estações do Paraná, no período de 1978 a 1995.

LOCAL	CÓD.	LAT. (graus)	LON. (graus)	ALT. (m)	MÉDIAS			MIN. ABS.			med.	min.
					Jun	Jul	Ago	Jun	Jul	Ago	JJA	JJA
Antonina	ANT	-25:13	-48:48	60	12,6	12,2	12,7	0,4	2,0	1,2	12,5	0,4
Apucarana	APU	-23:30	-51:32	746	13,7	13,3	14,6	0,4	-1,0	0,7	13,9	-1,0
Bandeirantes	BAN	-23:06	-50:21	440	12,2	12,0	13,3	-0,1	-1,9	0,0	12,5	-1,9
Bela Vista	BVI	-22:57	-51:12	600	13,7	13,4	14,6	0,4	-0,1	2,1	13,9	-0,1
Cambará	CAM	-23:00	-50:02	450	11,7	11,5	12,6	-1,4	-2,2	1,4	11,9	-2,2
Cascavel	CAS	-24:56	-53:26	760	11,6	11,1	12,5	-0,8	-1,8	-1,9	11,7	-1,9
Cianorte	CIA	-23:40	-52:35	530	13,2	12,9	14,4	0,0	0,0	1,0	13,5	0,0
Clevelândia	CLE	-26:25	-52:21	930	9,1	8,9	9,9	-3,8	-4,8	-4,7	9,3	-4,8
Franc. Beltrão	FBE	-26:05	-53:04	650	9,2	9,2	10,2	-4,2	-2,4	-2,4	9,5	-4,2
Guarapuava	GPV	-25:21	-51:30	1020	8,6	8,4	9,5	-6,8	-4,5	-3,8	8,8	-6,8
Guaraqueçaba	GQA	-25:16	-48:32	40	13,2	12,9	13,6	0,4	1,6	1,2	13,2	0,4
Ibiporã	IBI	-23:16	-51:01	484	11,7	11,4	12,5	-0,9	0,0	0,8	11,9	-0,9
Joaq. Távora	JTV	-23:30	-49:57	512	11,6	11,4	12,6	-1,4	-1,2	-0,2	11,9	-1,4
Laranjeiras	LAR	-25:25	-52:25	880	10,5	10,3	11,5	-2,0	-3,0	-2,2	10,8	-3,0
Londrina	LON	-23:22	-51:10	585	11,6	11,4	12,8	-1,0	-0,2	0,6	11,9	-1,0
Nova Cantu	NCA	-24:40	-52:34	540	12,3	12,2	13,6	-2,0	-1,2	-2,0	12,7	-2,0
Palmas	PAS	-26:29	-51:59	1100	7,5	7,3	8,5	-6,8	-4,8	-5,1	7,8	-6,8
Palotina	PLO	-24:18	-53:55	310	11,6	10,8	12,1	-3,0	-3,2	-2,8	11,5	-3,2
Paranavaí	PAR	-23:05	-52:26	480	13,9	13,6	15,1	0,5	0,4	0,0	14,2	0,0
Pinhais	PIN	-25:25	-49:08	930	8,7	8,6	9,2	-4,0	-3,3	-3,7	8,9	-4,0
Planalto	PLA	-25:42	-53:47	400	12,6	12,5	13,9	-1,6	-0,8	-0,2	13,0	-1,6
Ponta Grossa	PGR	-25:13	-50:01	880	9,7	9,6	10,5	-3,0	-3,2	-3,2	10,0	-3,2
Sete Quedas	QIG	-25:31	-53:01	513	11,4	11,2	12,3	-1,0	-1,7	0,2	11,6	-1,7
Teix. Soares	TSO	-25:27	-50:35	893	8,8	8,6	9,7	-3,8	-3,0	-2,9	9,0	-3,8
Tel. Borba	TEL	-24:20	-50:37	768	8,5	8,0	8,9	-5,0	-4,0	-2,3	8,5	-5,0
Umuarama	UMU	-23:44	-53:17	480	13,9	13,6	15,1	0,9	0,3	0,5	14,2	0,3

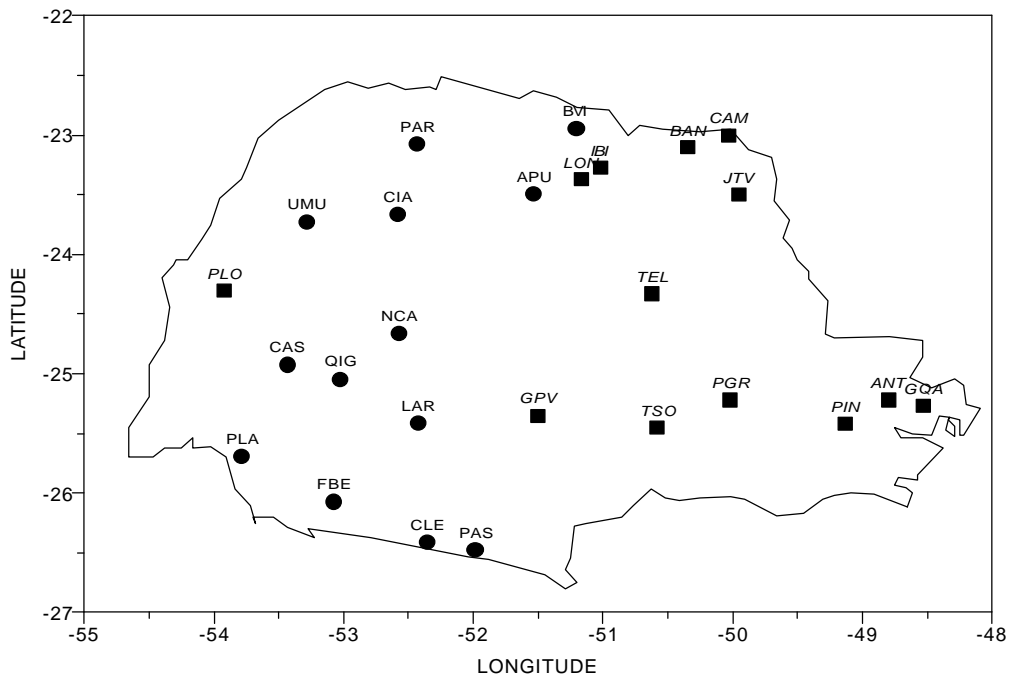


Figura 1. Distribuição espacial das estações e os 2 grupos homogêneos em relação às temperaturas mínimas médias de junho julho e agosto no Estado do Paraná .

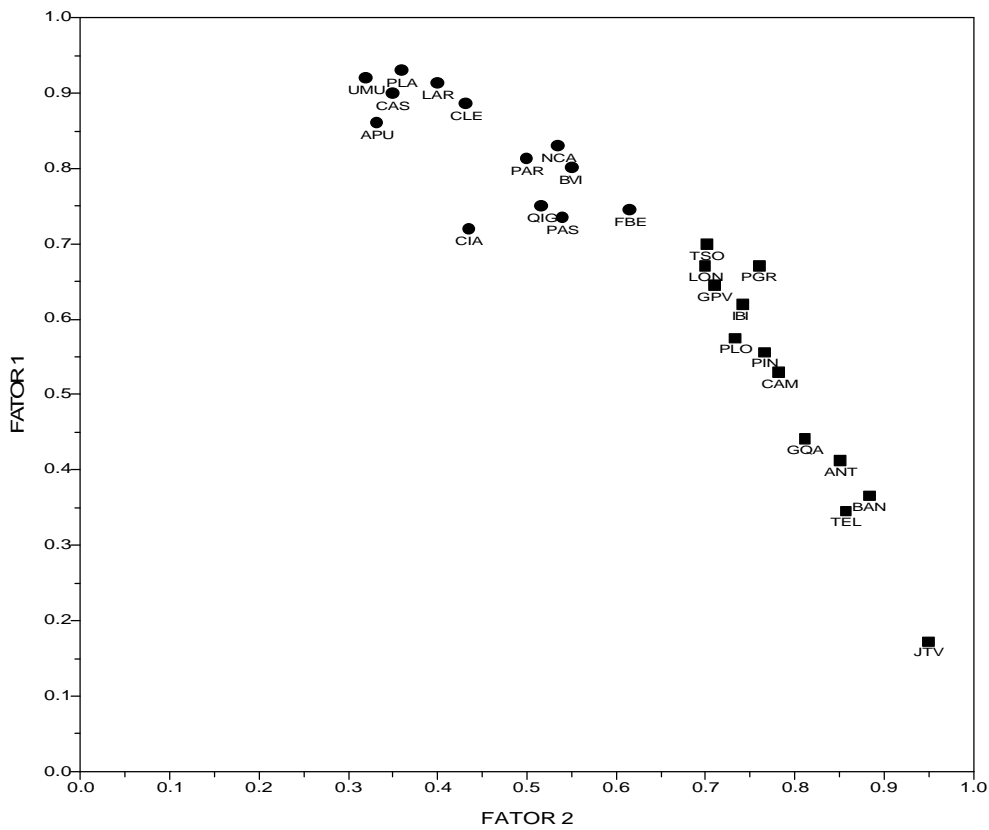


Figura 2. Correlações entre os 2 primeiros fatores comuns espaciais e as 26 localidades, subdivididas em 2 grupos homogêneos.

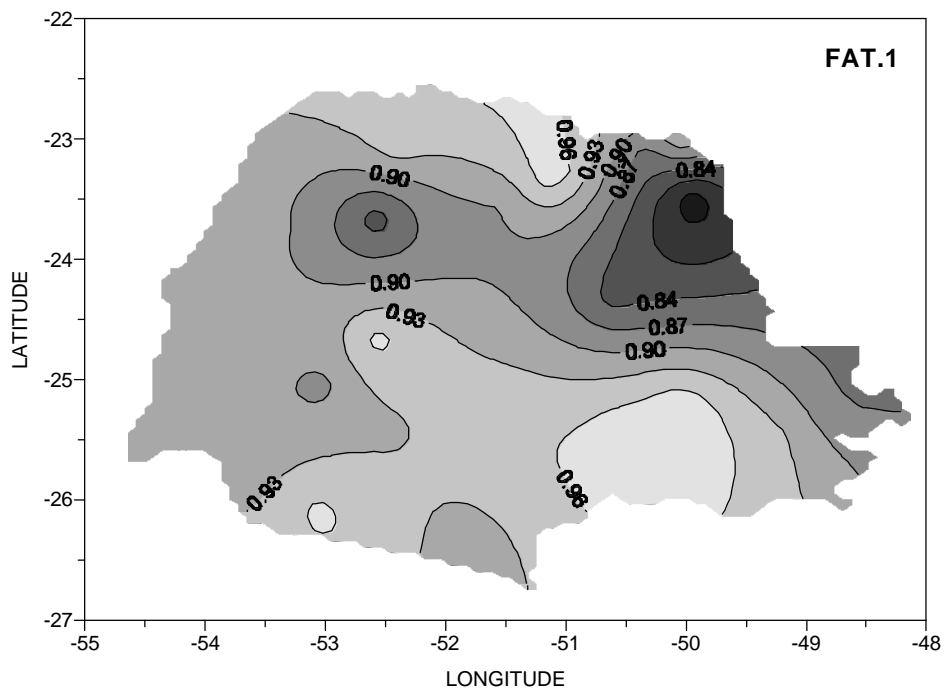


Figura 3. Cargas fatoriais (correlações) do primeiro fator comum espacial, que explica 84% da variância total.

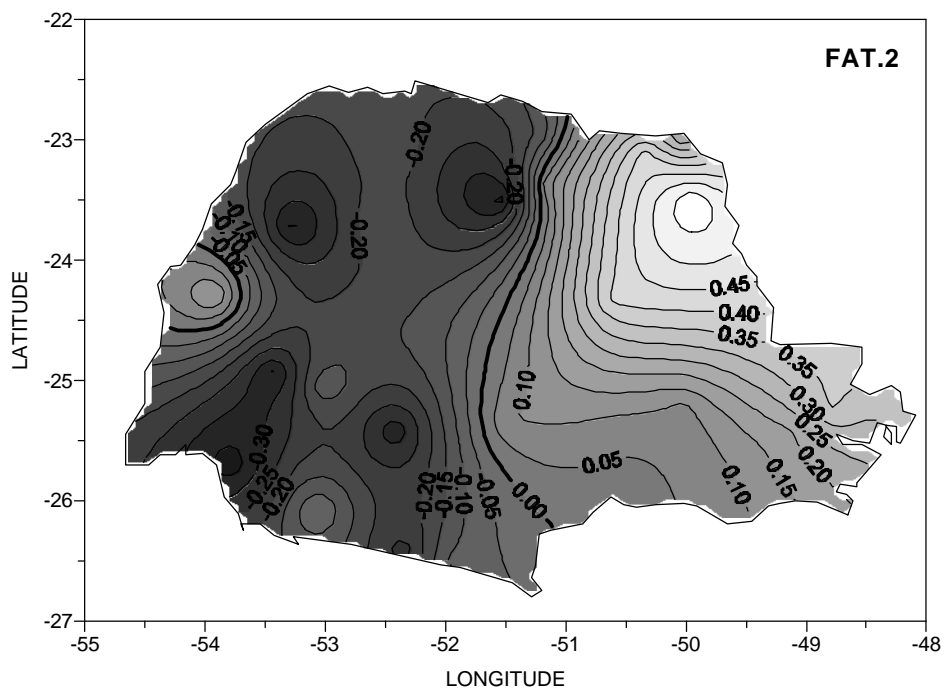


Figura 4. Cargas fatoriais do segundo fator comum espacial, que explica 7% da variância total.

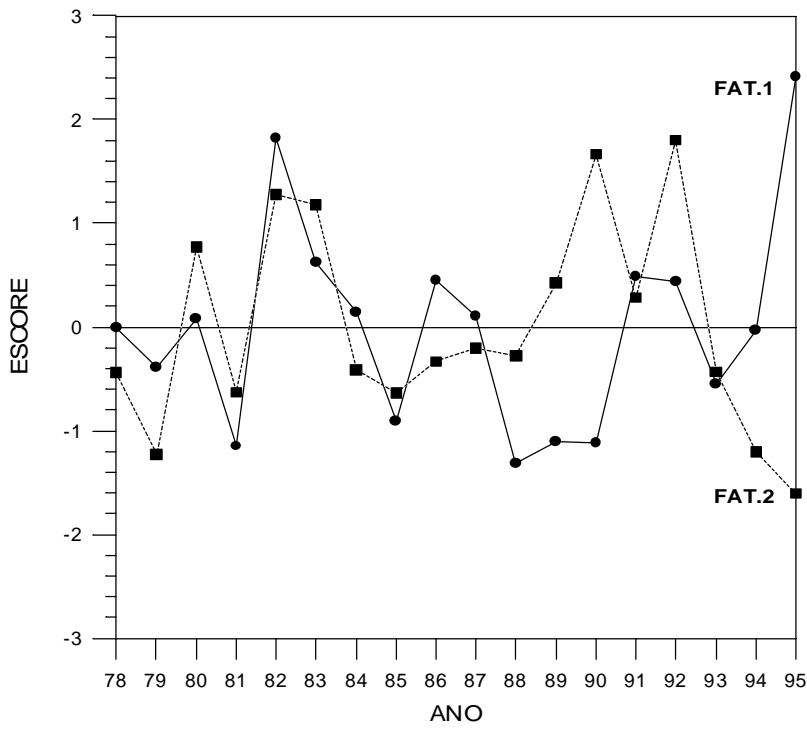


Figura 5. Séries temporais (escores) dos dois primeiros fatores comuns espaciais.

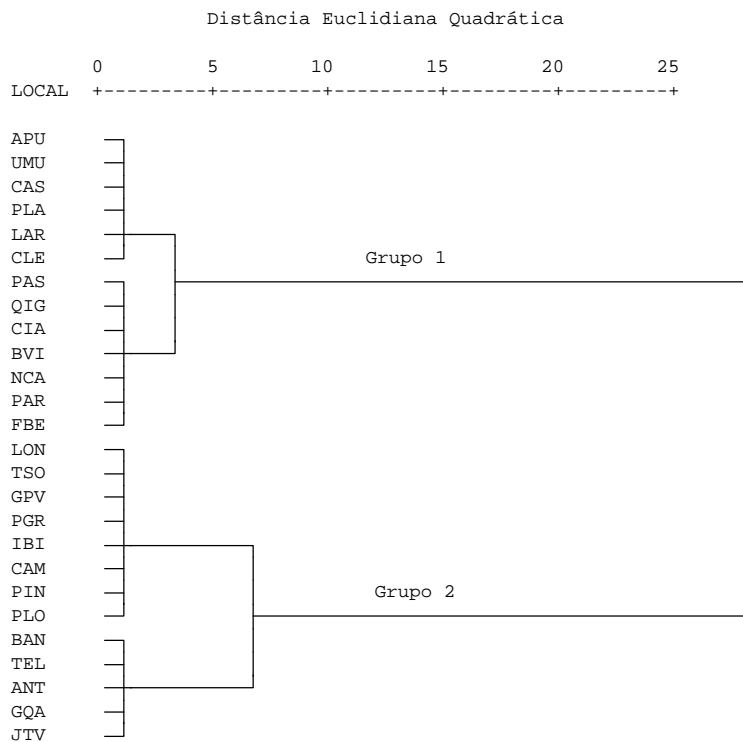


Figura 6. Dendrograma de agrupamento das estações pelos seus dois primeiros fatores comuns, pelo método hierárquico de Ward.