

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Regiões Homogêneas

A determinação das regiões homogêneas do Estado do Rio Grande do Sul com relação à temperatura mínima média mensal foi feita, conforme recomenda a literatura especializada, com a utilização de mais de um método de agrupamento, a fim de que se possam comparar os resultados. A escolha do método deve ser baseada no bom senso, optando-se por aquele mais adequado ao fenômeno em estudo.

Foram testados, neste trabalho, os métodos da Ligação Simples, da Ligação Completa, da Centróide e o de Ward, utilizando como medida de proximidade a distância euclidiana, nos três primeiros casos, e a distância quadrática, no último. Os resultados obtidos com os métodos da Ligação Simples e do Centróide mostraram-se menos coerentes de acordo com a climatologia e morfologia do Estado do Rio Grande do Sul, descritas na bibliografia, especialmente por apresentarem grupos com estações isoladas. O método da Ligação Completa e o de Ward forneceram os mesmos resultados quando se trabalhou com as séries de dados de temperaturas para os trimestres 2 e 3. Para os trimestres 1 e 4, como apresentaram resultados semelhantes em termos de formação de grupos, optou-se pelo último, por parecer mais adequado e por ser um método mais utilizado em trabalhos de agrupamentos.

Durante o processo, a fim de testar diferentes números de grupos, foi obtida, através de um corte transversal no dendrograma, a formação de 5, 7 e 8 grupos. Como, no processo de agrupamentos, o número de grupos mais adequado é função do tamanho da série de dados, bem como dos objetivos a serem atingidos, optou-se pela formação de cinco grupos, ou regiões homogêneas, por apresentarem um número satisfatório de estações meteorológicas dentro de cada um deles e porque se mostraram representativos da climatologia do Estado (Nimer, 1989). A formação de 7 e 8 grupos fragmentou as estações, isolando algumas, como ocorreu com a própria estação de Pelotas, fugindo dos objetivos deste trabalho.

Os dendrogramas obtidos pelo método de Ward, com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais, utilizando programas estatísticos apropriados, estão mostrados nas figuras 2, 3, 4 e 5. Na escala horizontal, estão indicados os níveis de dissimilaridade, pois, a cada posição, corresponde um valor numérico que representa o nível no qual ocorrem os agrupamentos. Quanto mais elevado este índice, mais heterogêneas são as unidades comparadas. No eixo vertical, estão indicadas as 40 estações meteorológicas, com seus respectivos números de referência, colocadas numa ordem que facilita a composição dos grupos.

Observa-se, em vários dendrogramas, que o nível de similaridade em que se deu a separação dos grupos é bastante baixo, indicando que, em trabalhos futuros, algumas dessas regiões poderiam ser agrupadas, diminuindo-se o número delas, se isso vier ao encontro dos objetivos da pesquisa.

a: Trimestre 1

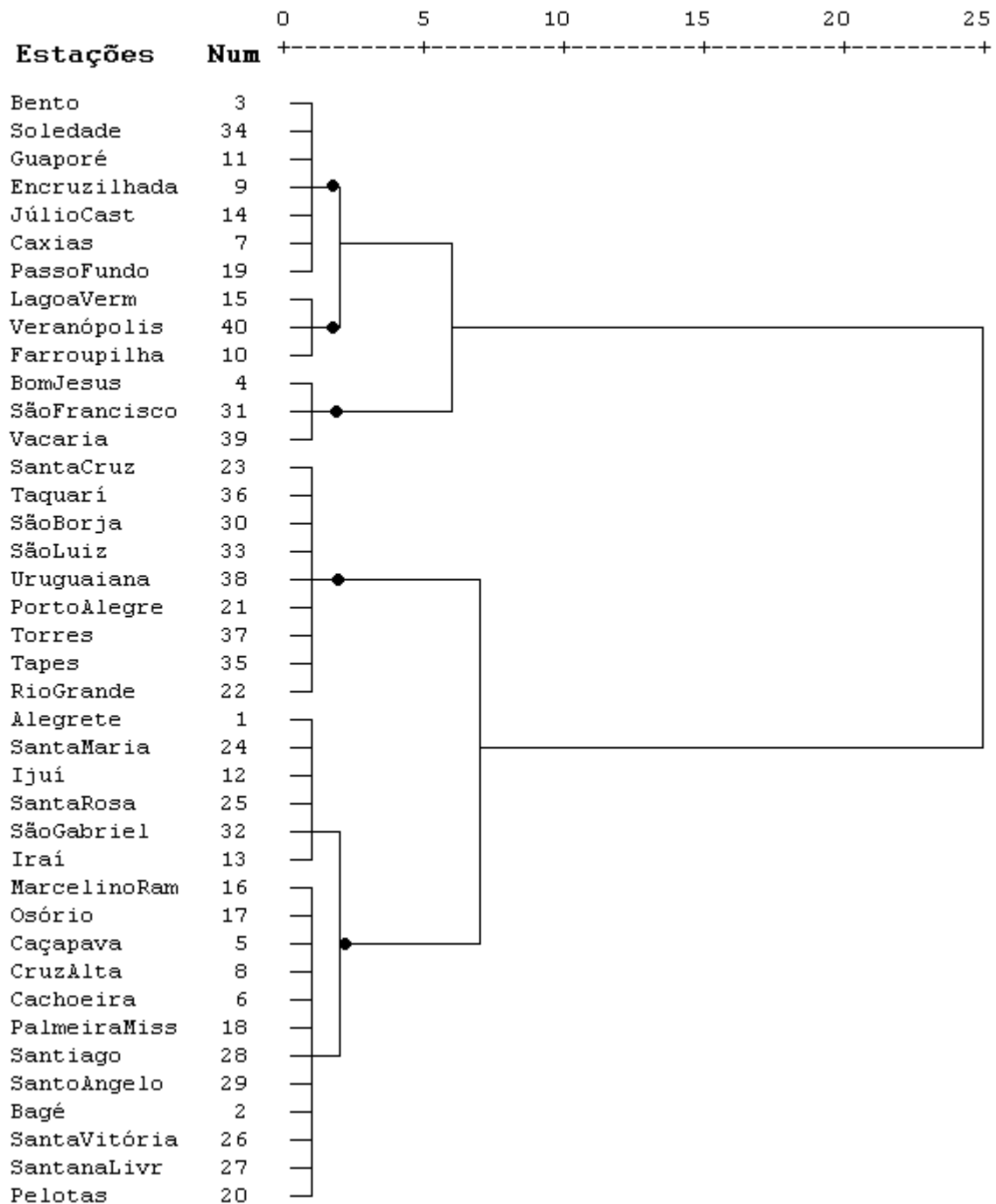


FIGURA 2: Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: a) trimestre 1

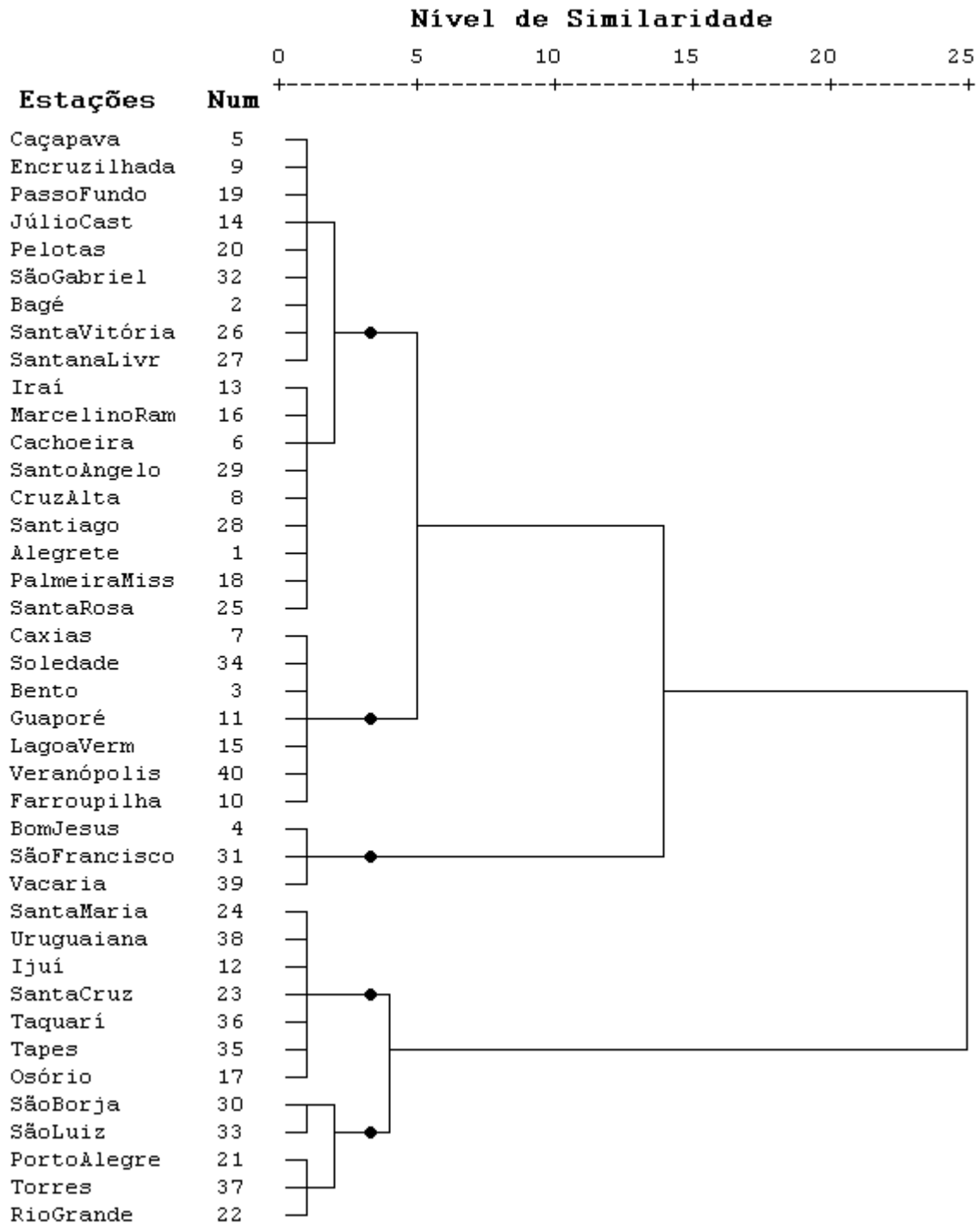
b: Trimestre 2

FIGURA 3: Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: b) trimestre 2.

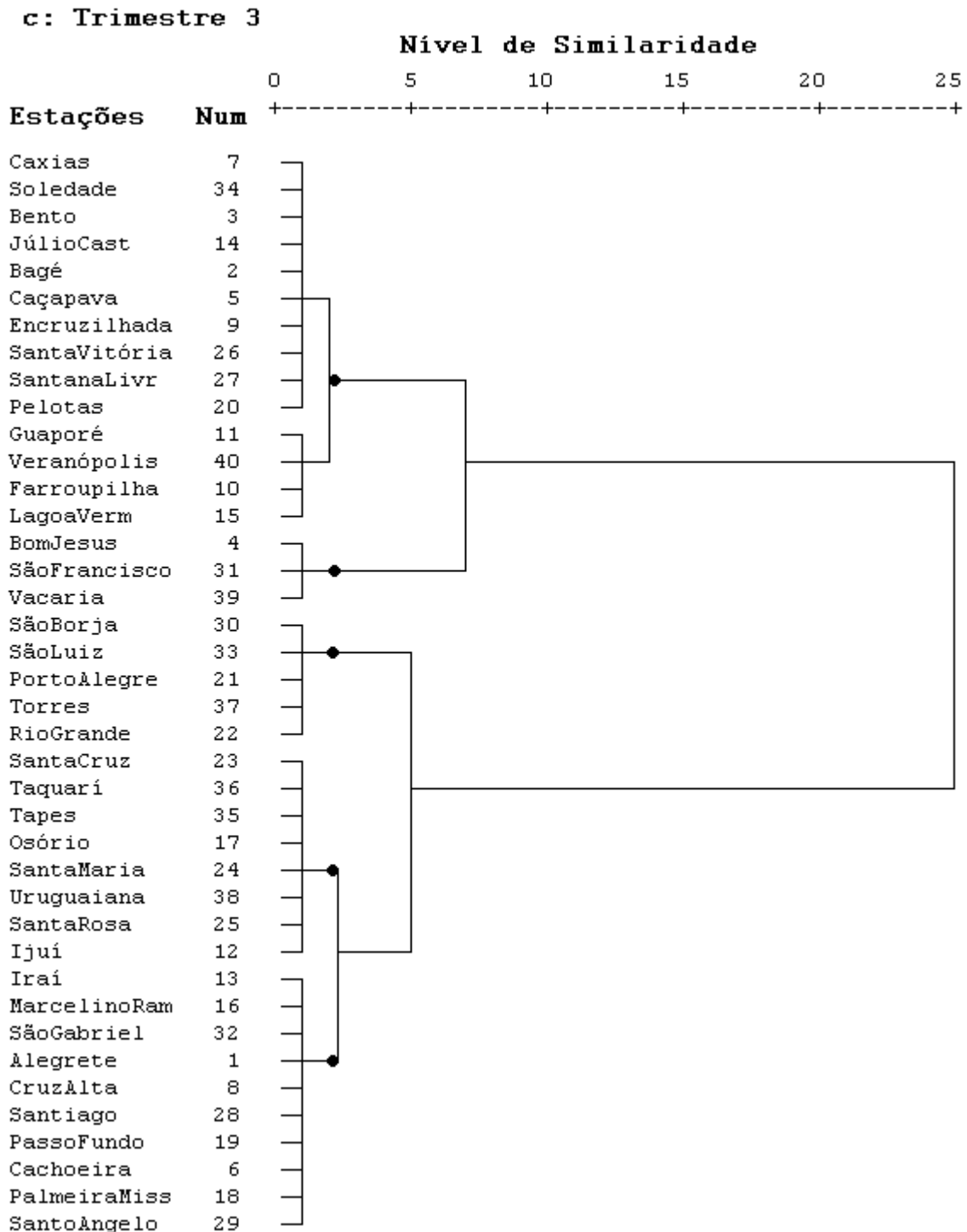


FIGURA 4: Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: c) trimestre 3

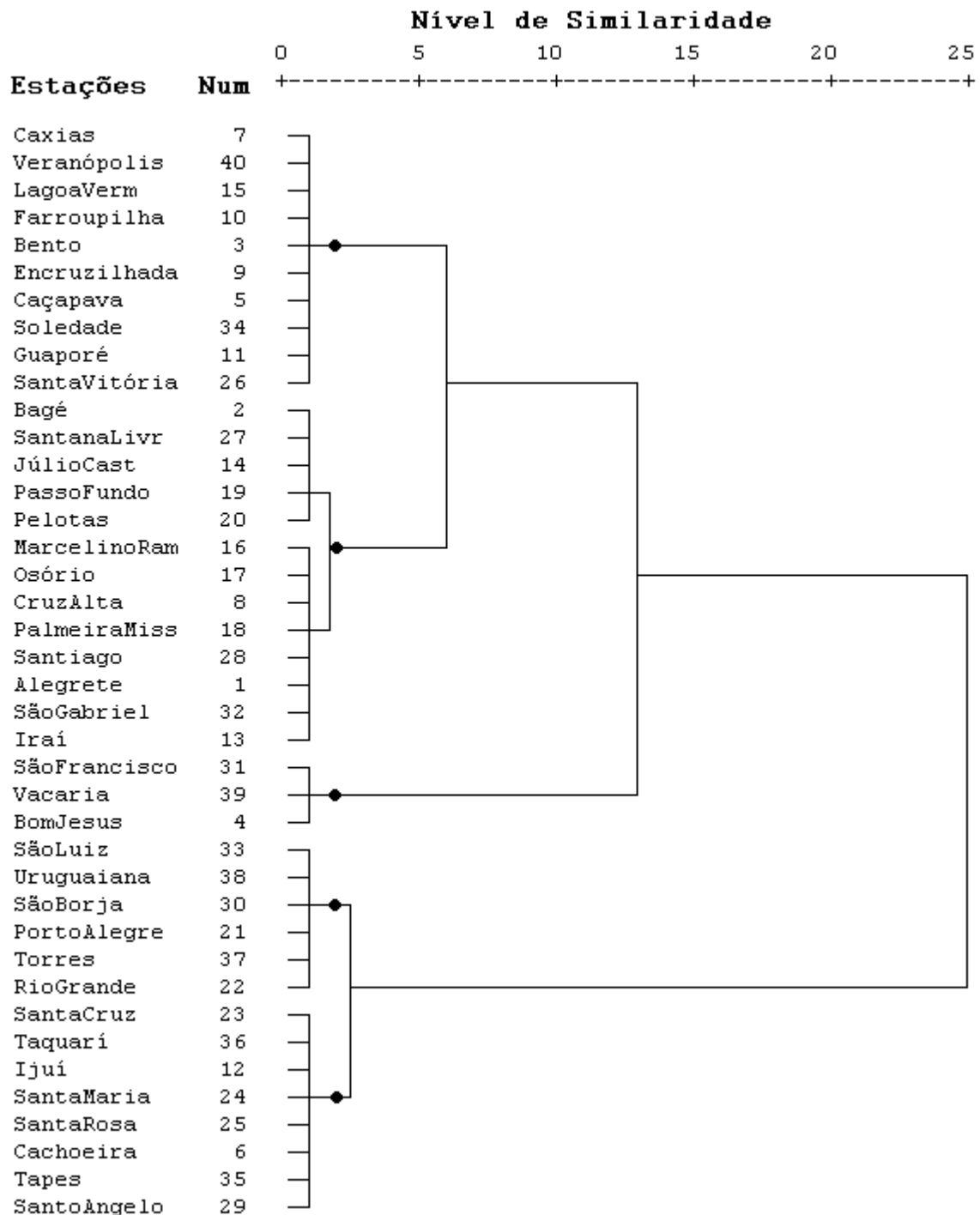
d: Trimestre 4

FIGURA 5: Dendrograma com dados padronizados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 40 estações meteorológicas do RS, no período de 1913 a 2002, obtidos pelo método de Ward: d) trimestre 4

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram as regiões homogêneas de temperaturas mínimas médias trimestrais, do Estado do RS, destacando-se aquela que contém a estação meteorológica de Pelotas, a qual foi objeto de estudo neste trabalho. Os limites das áreas no mapa foram feitos apenas para permitir uma visualização das regiões. Foram obtidos, seguindo a mesma metodologia adotada por Diniz (2002), pelo contorno dos municípios vizinhos a cada estação meteorológica abrangida pela região, não sendo este nenhum critério objetivo e não representando isolinhas.



FIGURA 6: Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas: a) trimestre 1



FIGURA 7: Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas: b) trimestre 2



FIGURA 8: Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas: c) trimestre 3



FIGURA 9: Regiões Homogêneas do Estado do RS com relação às temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 2002, com destaque para a que contém a estação meteorológica de Pelotas: d) trimestre 4

Há que se ressaltar, ainda, que a distribuição das estações não seguiu nenhum critério científico, estando elas mais concentradas nas regiões de maior densidade populacional. Se houvesse uma distribuição mais uniforme e, sobretudo, se houvesse um número maior de estações, de modo a cobrir os grandes espaços vazios no mapa,

especialmente na parte sul do Estado, certamente a caracterização das regiões homogêneas estaria mais bem definida, com limites diferentes dos aqui apresentados.

As regiões homogêneas evidenciam a distribuição topográfica da temperatura na parte norte do Estado, com um gradiente de temperatura no sentido leste-oeste, contrapondo-se ao gradiente de altitude, desde o Baixo Vale do Uruguai até a Serra do Nordeste, como pode ser observado no mapa topográfico apresentado na figura 10. Em várias situações, apareceu nitidamente a maior influência da altitude em relação à localização geográfica, como é o caso da Depressão Central, do Baixo Vale do Uruguai e da Serra do Nordeste.

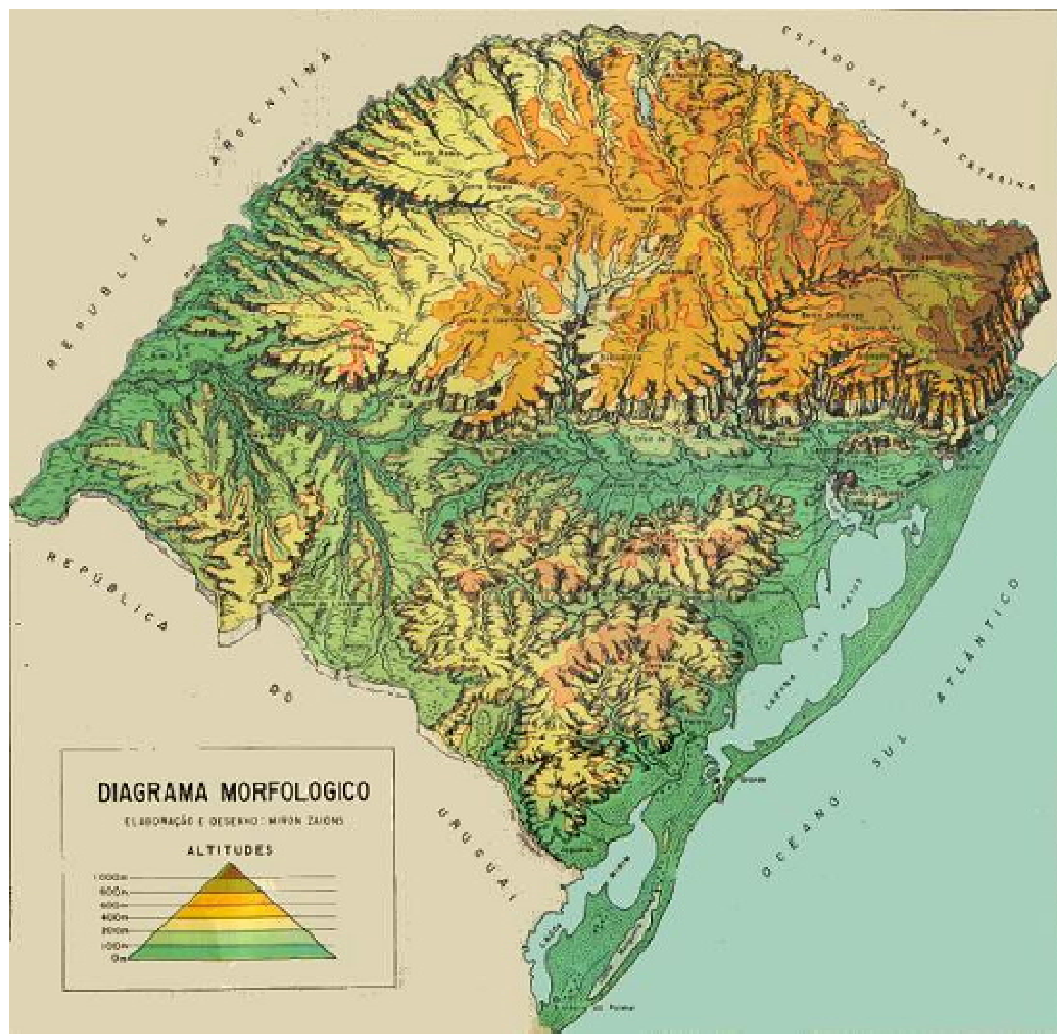


FIGURA10: Mapa topográfico do Rio Grande do Sul Fonte: <http://www.paginadogaucha.com.br/> 23 de março de 2001

Como a proximidade física dos locais não garante afinidade climática entre eles, houve casos, como no trimestre três, correspondente à estação do Inverno, em que aparece a mesma região homogênea em áreas separadas do Estado. De acordo com Nimer (1989), estas duas partes do Estado têm características semelhantes porque estão conjugados os efeitos da entrada de massas de ar polares pelo sul com os da altitude na região mais ao norte. Convém lembrar, ainda, que a variável aqui utilizada representa um valor muito suavizado das temperaturas mínimas diárias, visto que se trata de uma média trimestral e que os menores valores das temperaturas mínimas diárias podem ter ocorrido não no mesmo dia, nas duas partes dessa região homogênea, devido ao deslocamento das massas de ar polares.

A região que abrange um maior número de estações e, portanto, uma maior área, nos quatro trimestres, é a que inclui a estação de Pelotas, escolhida para estudo. Estende-se, para três trimestres, desde o norte, envolvendo o Alto Uruguai, o Planalto Médio, a Campanha e a Serra do Sudeste, até a Região Sul. Essa grande área do Estado apresentou um comportamento similar com relação às temperaturas mínimas médias trimestrais, evidenciando a homogeneidade espacial dessa variável, influenciada pela maior altitude ao norte e pela entrada de massas polares e dos sistemas frontais na parte sul.

A tabela 2 mostra a média das temperaturas mínimas médias trimestrais para cada uma das regiões homogêneas, nos quatro trimestres, organizada na ordem crescente das temperaturas, bem como o desvio padrão correspondente. Observa-se uma diferença significativa, da ordem de 4°C a 5°C, entre as regiões que apresentaram as menores e as maiores temperaturas mínimas médias. Porém, a diferença entre essas temperaturas, em regiões vizinhas, é muito pequena, inferior a 1 °C em alguns casos. Isso mostra que, em outros trabalhos, essas regiões poderiam ser agrupadas, diminuindo-se o número delas, de acordo com os objetivos da pesquisa. Como, neste trabalho, o objetivo foi o de analisar a temperatura mínima numa região homogênea do Estado, este fato não interferiu no desenvolvimento da pesquisa, optando-se por manter o número de regiões determinado inicialmente.

TABELA 2: Média das temperaturas mínimas médias trimestrais (Me) para cada uma das regiões homogêneas e o correspondente desvio padrão (DP), nos quatro trimestres.

Trimestre	Região-01		Região-02		Região-03		Região-04		Região-05	
	Me	DP	Me	DP	Me	DP	Me	DP	Me	DP
01	14,3	0,9	15,6	0,8	16,7	0,9	17,8	0,8	19,2	0,7
02	9,9	1,1	10,0	1,1	11,1	1,1	11,9	1,2	12,6	1,1
03	7,1	1,0	8,8	1,0	9,8	1,0	10,3	1,0	11,0	1,0
04	11,5	1,1	13,5	1,0	14,7	1,0	15,5	1,0	16,0	0,9

Outros pesquisadores, como Diniz (2002), Becker (1992), já haviam determinado regiões homogêneas para o Estado do RS em relação à temperatura.

Diniz utilizou como variável de agrupamento as temperaturas máximas e mínimas anuais e as médias máximas e mínimas mensais para os meses centrais das estações de ano, quais sejam, janeiro, abril, julho e outubro, que, neste trabalho, corresponderiam ao primeiro mês de cada trimestre em estudo. Esse pesquisador optou pela formação de quatro regiões homogêneas, ao contrário do que foi feito nesse trabalho, em que foram determinados cinco grupos. O método utilizado foi o da ligação completa ao invés do método de Ward aqui adotado. Mesmo assim, observa-se uma grande coerência na maioria dos resultados. Observando-se a composição da região homogênea que contém a estação meteorológica de Pelotas, com relação à temperatura mínima média, nos dois trabalhos, observa-se que:

1^o) no trimestre 1, esta região homogênea é composta por 17 estações. Dessas, 12 coincidem com as do mês de janeiro no trabalho de Diniz e as cinco restantes estão situadas numa região geográfica vizinha;

2^o) das 18 estações que compõem o trimestre 2, 16 coincidem com o mês de abril e somente duas não;

3^o) todas as 14 estações que formam a região para o trimestre 3, coincidem com as do mês de julho, embora, no trabalho de Diniz, estejam incluídas três a mais;

4^o) no trimestre 4, o grupo é formado por 12 estações, das quais somente 4 coincidem com as do mês de outubro.

Pode-se concluir, pela coincidência muito grande de estações entre os dois trabalhos, que os meses de janeiro, abril e julho representam bem o comportamento da temperatura mínima média para cada um dos três primeiros trimestres utilizados neste trabalho. O mês de outubro, porém, não representa satisfatoriamente o trimestre outubro-novembro-dezembro. As causas do comportamento atípico deste mês carecem de investigação. Este estudo, porém, não consta dos objetivos deste trabalho.

Na tabela 03 estão relacionadas as estações meteorológicas que compõe a região homogênea onde Pelotas está incluída, para os quatro trimestres em estudo.

TABELA 3: Estações meteorológicas componentes da região homogênea do RS onde Pelotas está incluída, com relação à temperatura mínima média, de 1913 a 2002, para os quatro trimestres.

Trimestre-01	Trimestre-02	Trimestre-03	Trimestre-04
Alegrete	Caçapava	Bento Gonç.	Bagé
Santa Maria	Encruzilhada	Caxias	Santana Liv.
Ijuí	Passo Fundo	Bagé	Júlio de Cast.
Santa Rosa	Júlio de Cast.	Caçapava	Passo Fundo
São Gabriel	Pelotas	Encruzilhada	Pelotas
Iraí	São Gabriel	Sta. Vitória	Marc. Ramos
Marcelino Ram	Bagé	Santana Liv.	Cruz Alta
Caçapava	Sta. Vitória	Pelotas	Palmeira Mis.
Cruz Alta	Santana do Liv	Guaporé	Santiago
Cachoeira	Iraí	Veranópolis	Alegrete
Palmeira/ Miss	Marcelino Ram	Farroupilha	São Gabriel
Santiago	Cachoeira	Lagoa Verm.	Iraí
Santo Ângelo	Sto. Ângelo	Soledade	
Bagé	Cruz Alta	Júlio de Cast.	
Sta. Vitória	Santiago		
Santana Liv.	Alegrete		
Pelotas	Palmeira Mis.		
	Sta. Rosa		
	Ijuí		

4.2 Testes de Normalidade e Homogeneidade das Variâncias

A partir das temperaturas mínimas médias mensais das estações meteorológicas que compõem a região homogênea onde Pelotas está incluída, foram obtidas as médias trimestrais, constituindo-se quatro matrizes com 90 dados cada uma, correspondentes aos 90 anos de observações. Antes de proceder a um estudo do comportamento destes dados, foram aplicados testes para verificar sua normalidade e a homogeneidade de suas variâncias.

Para testar a normalidade dos dados, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk ($W_{0,05;90} = 0,975$). Verificou-se que, para os trimestres 1, 2 e 3 ($W_1 = 0,988$, $W_2 = 0,975$ e $W_3 = 0,982$), o teste foi não significativo ao nível de 5% e que, portanto, os dados seguem a distribuição normal. Para o trimestre 4, o teste foi significativo ao nível de 5%, porém com um valor calculado (0,968) muito próximo do valor tabelado (0,975), o que permitiu considerar esta série como aproximadamente normal.

Para verificar a homogeneidade das variâncias, cada série de dados foi dividida em nove grupos de dez dados, procedendo-se ao cálculo da média e da variância em cada grupo. Aplicou-se o teste de homogeneidade de Cochran ($C_{0,05;9;9} = 0,266$), verificando-se que, para os trimestres 1, 2 e 4 ($C_1 = 0,208$, $C_2 = 0,166$, $C_4 = 0,158$), foi não significativo ao nível de 5%, ou seja, verifica-se a homogeneidade das variâncias. Para o trimestre 3, o teste mostrou-se significativo ao nível de 5%, porém com um valor calculado (0,270) muito próximo do valor tabelado (0,266). Isso permitiu considerar que a homogeneidade de variâncias é verificada, aproximadamente, também para este trimestre.

Desta forma, constatou-se não haver necessidade de se proceder a uma transformação dos dados, trabalhando-se com seus valores originais.

4.3 Análise da Tendência

Nas figuras 11 e 12 estão representados graficamente os dados originais dos quatro trimestres. Uma simples análise visual mostra uma forte evidência de existir

tendência linear nessas séries temporais. Os modelos de regressão linear estimados confirmaram, com significância estatística, essa suposição.

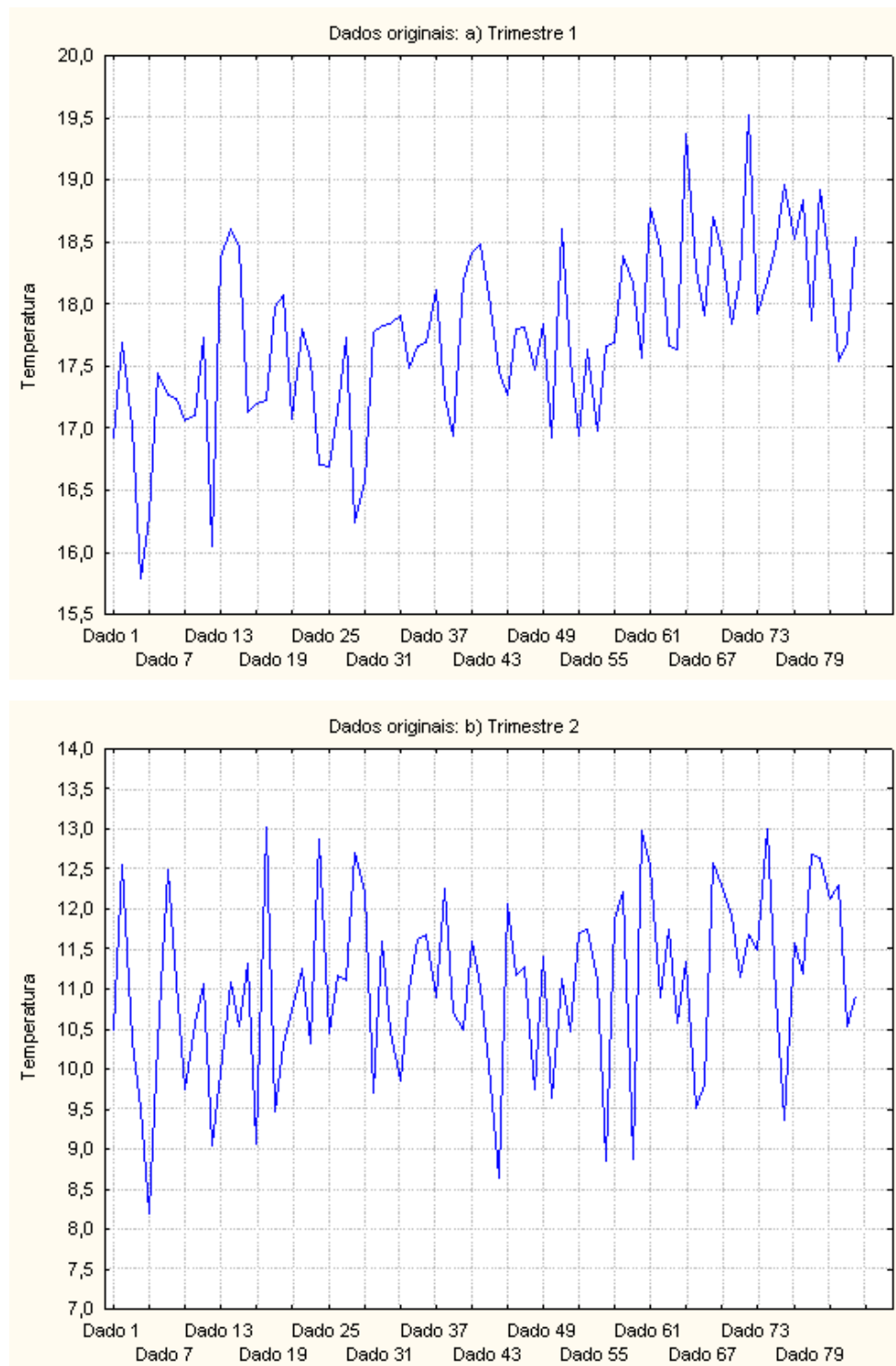


FIGURA 11: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais (em °C) para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002: a) trimestre 1, b) trimestre 2

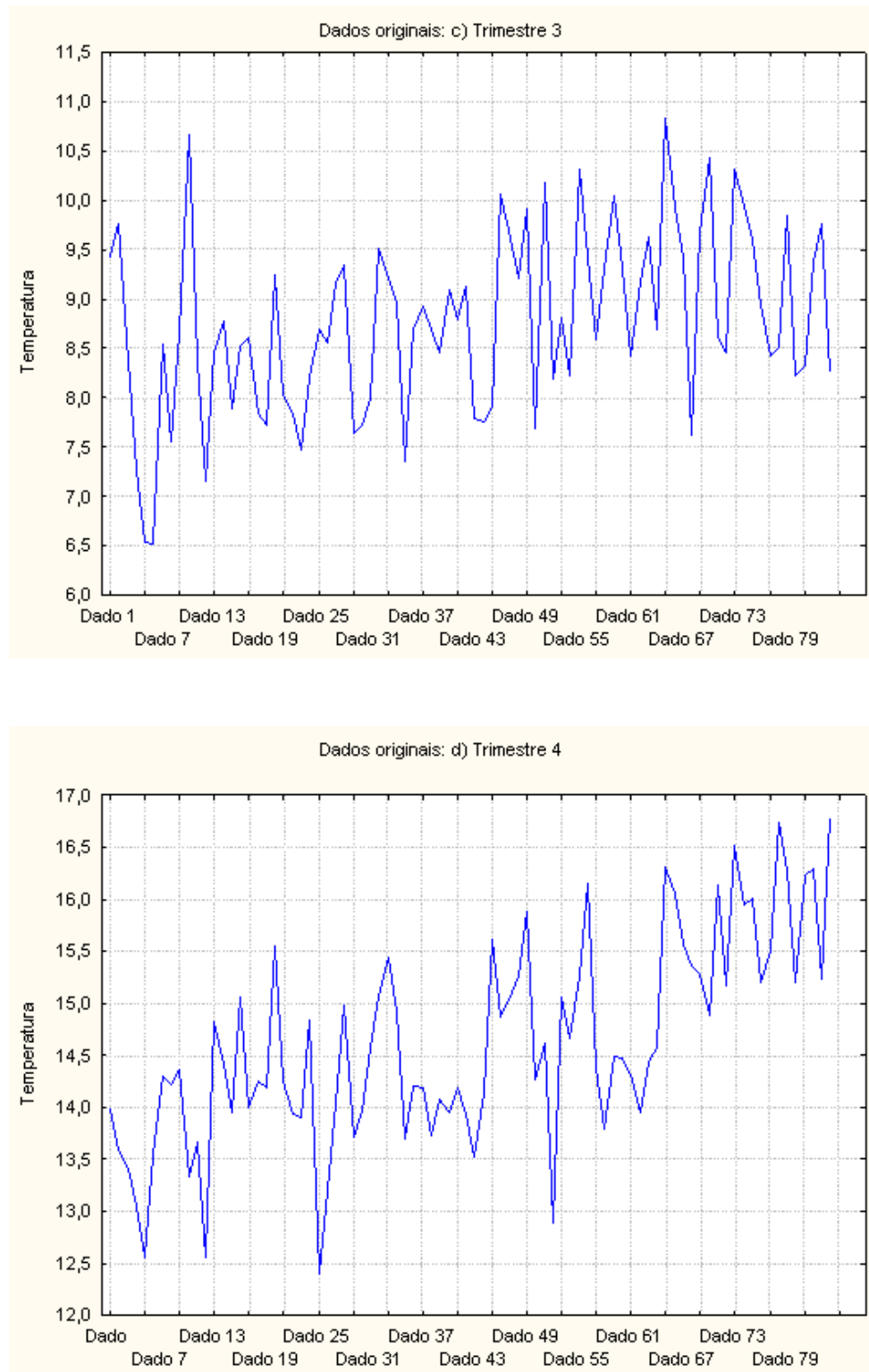


FIGURA 12: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais (em $^{\circ}\text{C}$) para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002: c) trimestre 3, d) trimestre 4

Para eliminar a tendência, foi aplicado o método da regressão. As equações da regressão linear estimadas, para os quatro trimestres, foram

$$\text{a) Trimestre 1: } Y = 17,02 + 0,017 t \quad (61)$$

$$\text{b) Trimestre 2: } Y = 10,49 + 0,012 t \quad (62)$$

$$\text{c) Trimestre 3: } Y = 8,12 + 0,015 t \quad (63)$$

$$\text{d) Trimestre 4: } Y = 13,43 + 0,028 t \quad (64)$$

Os coeficientes angulares em cada equação de regressão linear mostraram que, em 100 anos, a temperatura média mínima trimestral apresentou um aumento de $1,2^{\circ}\text{C}$ a $2,8^{\circ}\text{C}$, conforme o trimestre considerado.

Mesmo não constando dos objetivos deste trabalho, a investigação das possíveis causas desta elevação gradativa das temperaturas mínimas médias mensais no Estado merece, sem dúvida, uma atenção especial. Limitar-se-á a tecer somente alguns comentários, sem tomar nenhuma posição conclusiva sobre este fato.

Podem-se apontar, inicialmente, os erros na coleta dos dados, as mudanças, prováveis, de equipamentos ocorridas ao longo dos 90 anos de observações, a modificação do ambiente que envolve as estações, a mudança de localização de algumas, a urbanização ocorrida nas proximidades das estações, como algumas causas que podem ter influenciado nesse aumento das temperaturas mínimas.

Convém salientar igualmente que, no período de estudo, houve a ocorrência de 28 casos de “El Niño” (Fonte: Berlato, 2003), fenômeno que, por aumentar as precipitações no Estado, impede, pelo aumento de nebulosidade, a perda radiativa de calor, produzindo temperaturas mínimas maiores.

O grande aumento nas lavouras de arroz irrigado neste período, passando dos 79 mil hectares, aproximadamente, em 1921, para 234 mil em 1950, 589 mil em 1980 e 955 mil em 2002 (Fonte: <http://www.irga.rs.gov.br/arquivo/serie.pdf>), pode, também, ser citado como um dos possíveis fenômenos relacionados com esta tendência positiva das temperaturas mínimas. É sabido que a decomposição de matéria orgânica, acelerada neste tipo de lavoura, emite o gás metano, que é um dos elementos cuja presença na atmosfera retêm a radiação emitida pela superfície terrestre, mantendo, assim, uma temperatura mais elevada.

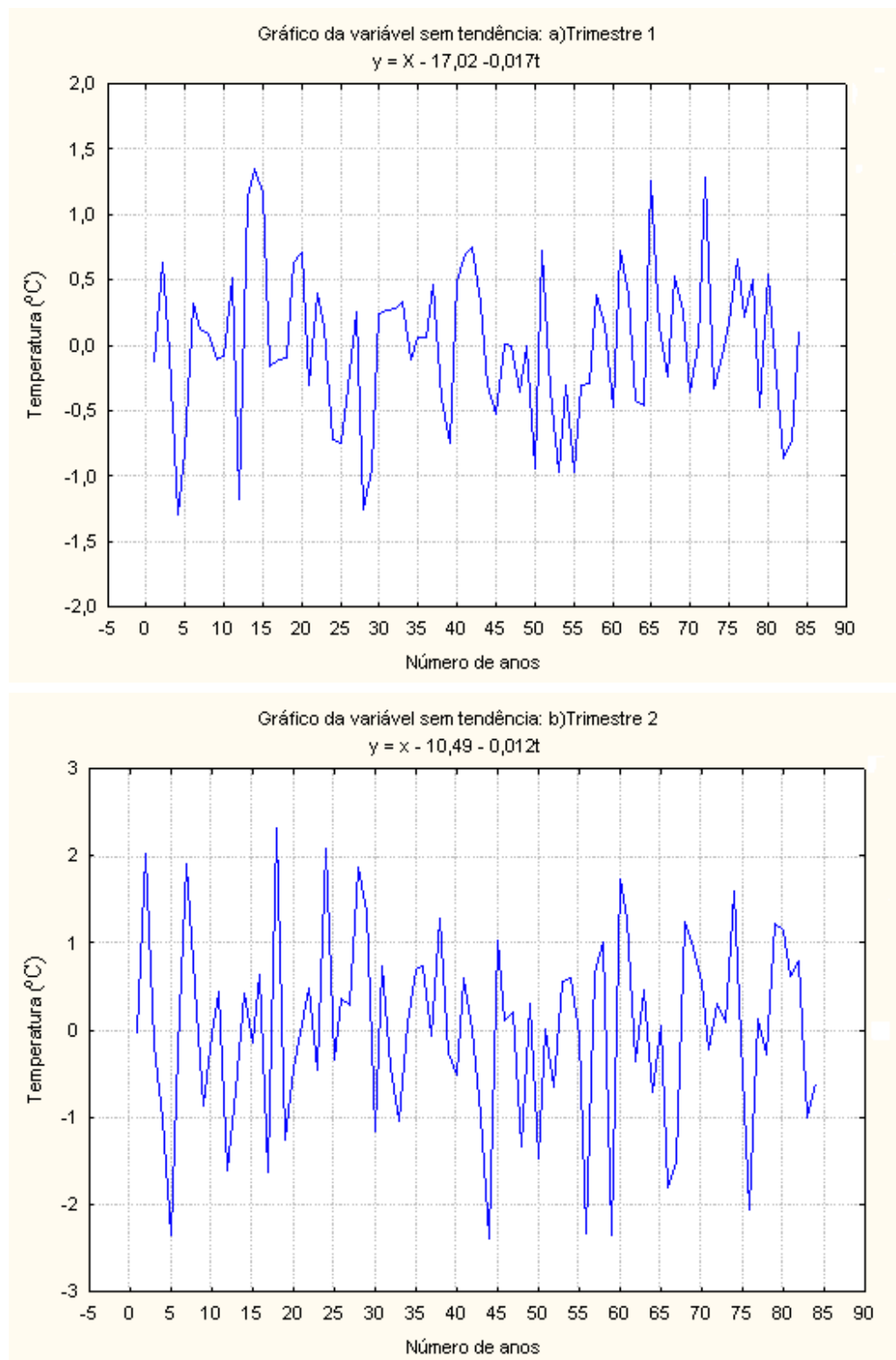


FIGURA 13: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002, após a eliminação da tendência: a) trimestre 1, b) trimestre 2

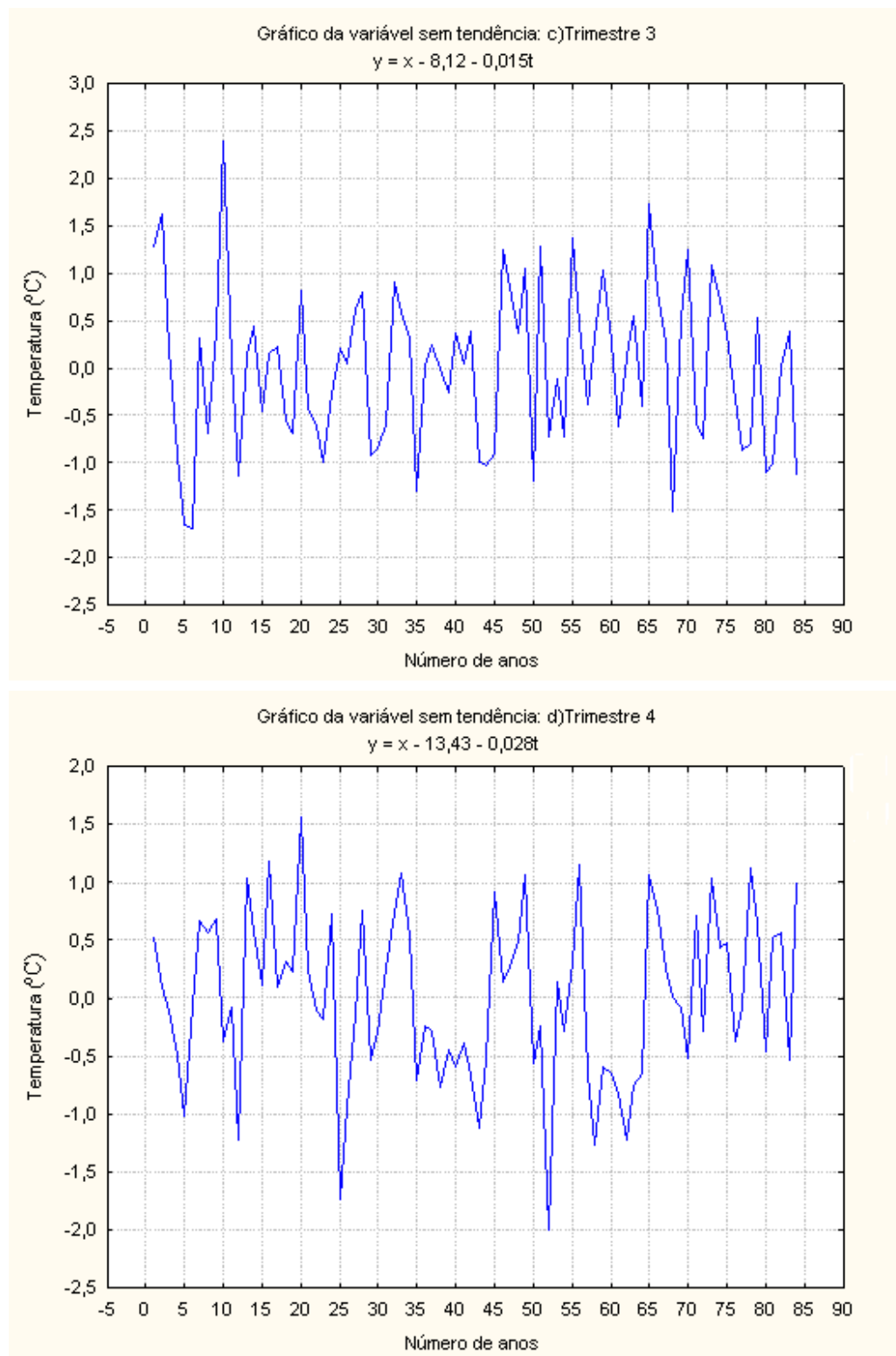


FIGURA 14: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Estado do RS em estudo, de 1913 a 2002, após a eliminação da tendência: c) trimestre 3, d) trimestre 4

Mas a consideração mais importante a ser feita é, sem dúvida, a de um alerta, pois, pode esse ser mais um indicador que aponta para a confirmação do tão falado “aquecimento global”. Estaria o clima global sendo modificado pela ação do homem com uma velocidade bem maior do que aconteceria devido às causas naturais da evolução? O uso da energia nuclear, os enormes desmatamentos, a grande queima de combustíveis, a emissão de gases poluentes pelas indústrias estariam realmente causando, pelo efeito estufa, um aumento acelerado da temperatura do nosso Planeta, de tal ordem que possa provocar, em breve, efeitos catastróficos?

Mesmo que o estudo desenvolvido neste trabalho tenha levado em consideração somente as temperaturas mínimas e não as máximas ou médias, essa tendência positiva da temperatura mínima, embora possa ser atribuída a fenômenos puramente locais, não pode ser desvinculada do possível aumento global das temperaturas. Sobre isso há um consenso cada vez maior entre os cientistas.

Neste momento, porém, o objetivo foi o de eliminar a tendência nos dados das séries temporais em estudo, como condição, apontada por grande parte da bibliografia consultada, para aplicação da análise espectral.

Nas figuras 13 e 14 estão representados os dados após eliminada a tendência.

4.4 Análise Espectral

4.4.1 Periodograma

A série de dados sem tendência foi submetida a uma análise espectral baseada na Transformada de Fourier Discreta. As figuras 15 e 16 mostram os periodogramas obtidos através de software estatístico apropriado. Apresentam no eixo horizontal as frequências e no eixo vertical os valores do periodograma calculados conforme equação (53), ou seja, foram obtidos os coeficientes seno e cosseno de cada onda e, a partir deles, determinou-se o valor do periodograma. Em cada periodograma, observam-se alguns picos destacados, indicando as possíveis periodicidades existentes.

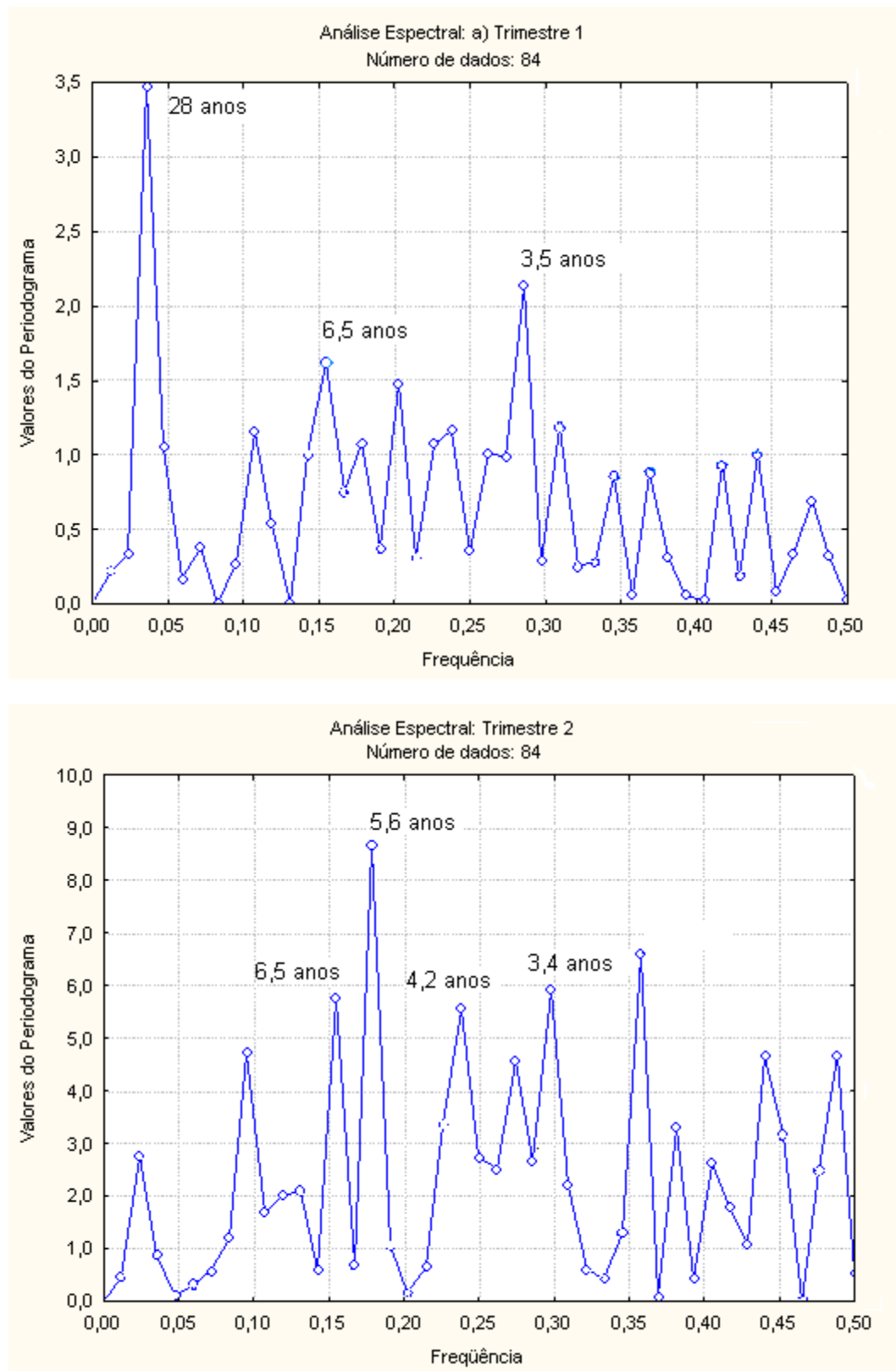


FIGURA 15: Periodogramas indicando os picos mais destacados, em anos:
a) trimestre 1; b) trimestre 2;

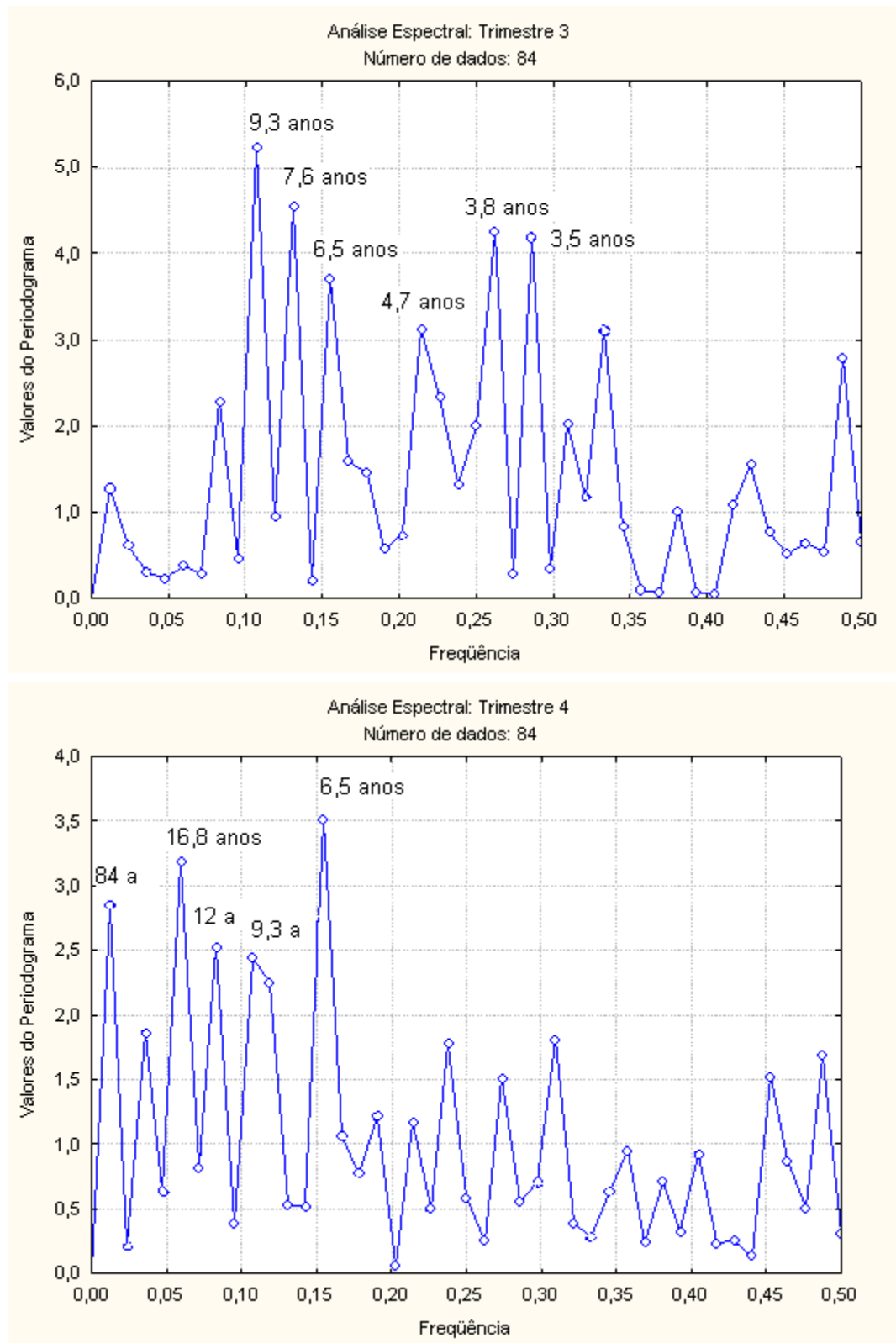


FIGURA 16: Periodogramas indicando os picos mais destacados, em anos:
c) trimestre 3; d) trimestre 4

4.4.2 Modelos

A seleção das ondas foi feita com base na magnitude das ordenadas no periodograma e na observação dos valores da função de densidade espectral. Incluiu-se nos modelos um número de ondas que garanta a representatividade dos dados sem torná-los demasiadamente complexos.

Os modelos foram constituídos pelas componentes periódicas ($\cos \omega_n$ e $\sin \omega_n$) que tiveram coeficientes significativos, segundo a técnica da regressão linear múltipla. As estimativas dos parâmetros (coeficientes) foram testadas pelo teste t, no nível de probabilidade de 5 %.

Na versão final dos modelos, conforme equação 56, foi acrescentada a expressão da tendência linear, que fora eliminada dos dados originais, na busca da estacionariedade exigida pela análise espectral.

A tabela 4 mostra as ondas selecionadas nos quatro trimestres, indicando a frequência angular, o período, os coeficientes (significativos) estimados dos cossenos e senos, os valores do periodograma e da função de densidade espectral correspondentes.

TABELA 4: Cossenos e senos, significativos pelo teste t (5 %), usados na composição dos modelos para as temperaturas mínimas médias de 1913 a 1996, para os quatro trimestres: a) trimestre 1; b) trimestre 2; c) trimestre 3; d) trimestre 4.

a) trimestre 01

Freq. Ang.	Período	Cosseno	Seno	Periodograma	Densid. Esp.
0,2244	28,0	-0,2703	-	3,4744	1,9000
1,7952	3,5	-	0,1963	2,1379	1,3391
0,9724	6,5	0,1940	-	1,6227	1,1872

Intercepto: -0,0044

b) trimestre 02

Freq. Ang.	Período	Cosseno	Seno	Periodograma	Dens. Esp.
1,1220	5,6	0,3649	-	8,6661	4,5021
1,8700	3,4	0,3515	-	5,9189	4,0067
0,9724	6,5	-	0,3448	5,7641	3,2625
1,4960	4,2	-	0,3003	5,5615	4,0667

Intercepto: 0,0181

c) trimestre 03

Freq. Ang.	Período	Cosseno	Seno	Periodograma	Dens. Esp.
0.6732	9,3	0,3298	-	5.2272	2,9185
0,8228	7,6	-	0,2893	4,5428	2,6210
1,6456	3,8	-	0,2974	4,2551	2,6445
1,7952	3,5	-0,3136	-	4,1814	2,2412
0,9724	6,5	0,2432	-	3,7011	2,2954
1,3464	4,7	-	-0,2669	3,1322	2,2076

Intercepto = 0,0092

d) trimestre 04

Freq. Ang.	Período	Cosseno	Seno	Periodograma	Dens. Esp.
0,9724	6,5	0,2456	-	3,5155	1,9960
0,3740	16,8	0,2242	-	3,1819	1,9272
0,0748	84,0	0,2331	-	2,8395	1,4855
0,5236	12,0	-0,1927	-	2,5273	1,6188
0,6732	9,3	0,2028	-	2,4434	1,8353

Intercepto = 0,0024

Dentre as ondas escolhidas, relacionadas na tabela 4, observa-se que a de período igual a 6,5 anos é a única que se destacou nos quatro trimestres. As de 3,5 anos e de 9,3 anos apareceram em dois dos trimestres, e as demais, em apenas um. Estas periodicidades, estatisticamente significativas, sugerem um certo padrão de comportamento da variável estudada nos quatro trimestres, embora nos modelos indicados, com três, quatro, cinco e seis ondas, tenham pequena participação.

Algumas periodicidades aqui encontradas coincidem com as determinadas por Nordemann (1998) ao analisar a série dos valores do nível do rio Paraguai, de 1900 a 1995, em Ladário, MS. Em ambos os trabalhos apareceram periodicidades de 3,8; 6,5 e 28 anos entre as mais destacadas. Mesmo relacionada a fenômenos distintos e em locais relativamente distantes, essa coincidência merece investigação. Da mesma forma, a relação entre as frequências mais significativas encontradas no presente trabalho com algum outro fenômeno poderá ser objeto de estudos futuros.

Os modelos, resultantes da análise espectral, constituídos pelas componentes periódicas (cosseno e seno) das ondas senoidais selecionadas que se apresentaram como significativas na regressão linear múltipla, incluindo-se a tendência, foram os seguintes:

a) Trimestre 01.

$$\hat{X}_t = -0,0044 - 0,2703 \cos 0,2244t + 0,1963 \sin 1,7952t + 0,1940 \cos 0,9724t + 17,02 + 0,017(t+1) \quad r^2 = 0,22 \quad (65)$$

b) Trimestre 02

$$\hat{X}_t = 0,0181 + 0,3649 \cos 1,1220t + 0,3448 \sin 0,9724t + 0,3515 \cos 1,8700t + 0,3003 \sin 1,1496t + 10,51 + 0,012(t+1) \quad r^2 = 0,20 \quad (66)$$

c) Trimestre 03

$$\hat{X}_t = 0,0092 + 0,3298 \cos 0,6732t + 0,2893 \sin 0,8228t + 0,2974 \sin 1,6456t - 0,3136 \cos 1,7952t + 0,2432 \cos 0,9724t - 0,2669 \sin 1,3464t + 8,13 + 0,015(t+1) \quad r^2 = 0,36 \quad (67)$$

d) Trimestre 04

$$\hat{X}_t = 0,0024 + 0,2456 \cos 0,9724t + 0,2242 \cos 0,3740t + \\ + 0,2331 \cos 0,0748t - 0,1927 \cos 0,5236t + 0,2028 \cos 0,6732t \quad r^2 = 0,22 \quad (68) \\ + 13,43 + 0,028(t + 1)$$

para $t = 0, 1, 2, \dots, 83$.

Os coeficientes de determinação (r^2) representam quanto da variação dos dados está explicada pelo modelo. Seus valores apresentaram-se relativamente baixos, mas poderiam ser aumentados pela inclusão de mais variáveis no modelo, o que, certamente, acarretaria perda de simplicidade. Por outro lado, mesmo com essa representatividade, os modelos apresentaram-se como adequados, segundo a análise dos resíduos, seja pela avaliação das autocorrelações dos resíduos ou por sua performance, medida pelo teste t .

Os erros de previsão das estimativas (RMSE), obtidos pelos modelos, foram da ordem de 0,56°C, 1,01°C, 0,70 °C e 0,65 °C, respectivamente, para os quatro trimestres. Pode-se observar que seus valores são bastante baixos, com exceção do segundo, o que mostra, novamente, a validade dos modelos.

A comparação entre os valores observados e os estimados pelo modelo pode ser observada nas figuras de 17 a 20. Nelas estão representadas, também, as estimativas de previsão para os anos de 1997 a 2002, não participantes da formulação dos modelos.

Como podemos observar nesses gráficos, os modelos reproduziram, de uma maneira muito satisfatória, os dados, acompanhando tanto a tendência como as flutuações dos mesmos. Não conseguiram, entretanto, expressar as maiores discrepâncias, fato que, geralmente, ocorre com a maioria dos modelos (Morettin, 1979; Baptista da Silva, 1977). O gráfico correspondente ao primeiro trimestre, por exemplo, permite visualizar claramente uma periodicidade de 28 anos destacada.

Com relação às previsões para os últimos seis anos, de 1997 a 2002, observa-se, igualmente, que os modelos propostos conduziram a bons resultados em alguns trimestres, como é o caso do trimestre três, e apenas a satisfatórios em outros.

O trimestre três foi o que apresentou, visualmente, os melhores ajustes. Como corresponde ao inverno, cujas temperaturas mínimas médias têm uma distribuição muito mais homogênea do ponto de vista espacial, conduziu, provavelmente, ao melhor ajuste verificado no modelo prognóstico tanto no período de desenvolvimento, quanto no de teste (1997 a 2002).

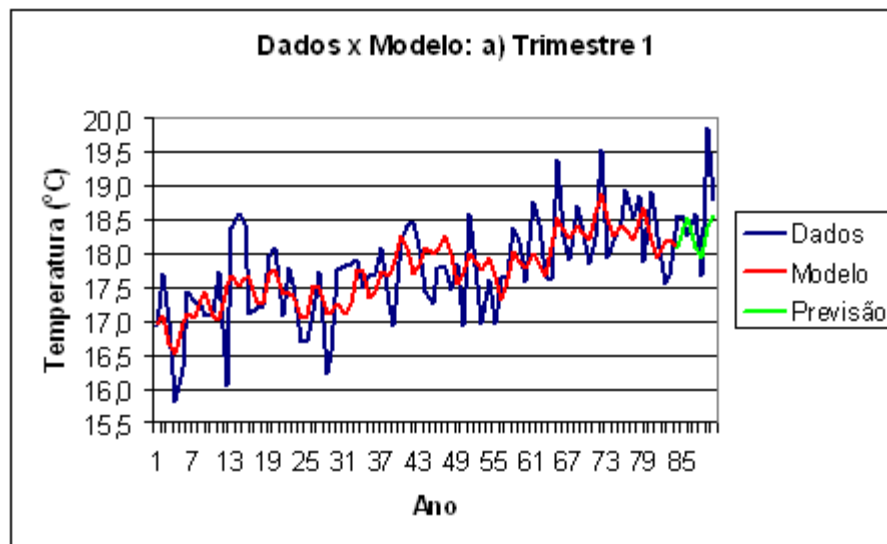


FIGURA 17: Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002: a) trimestre 1,

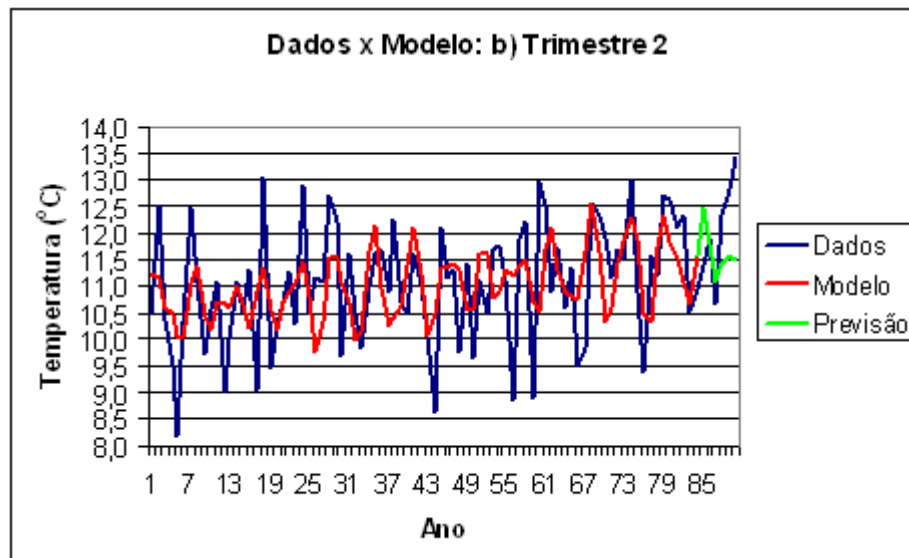


FIGURA 18: Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002: b) trimestre 2,

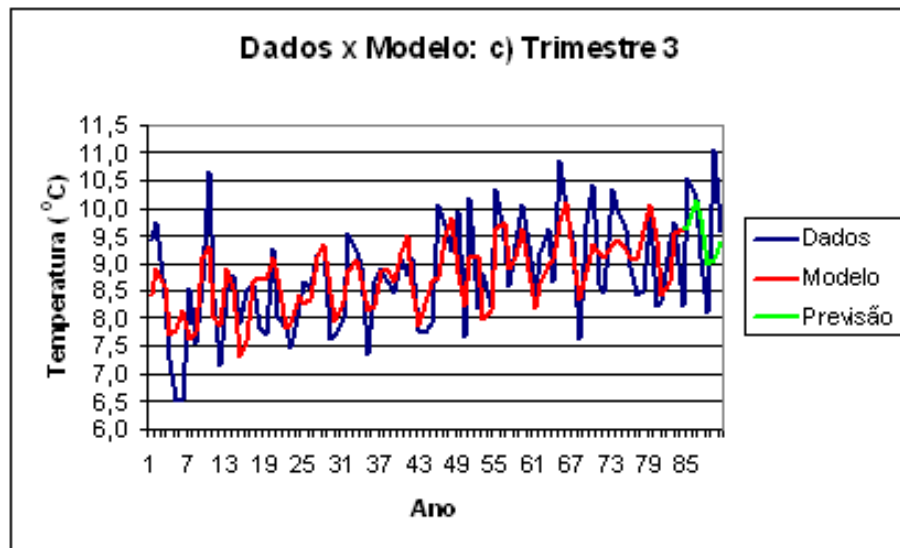


FIGURA 19: Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002: c) trimestre 3,

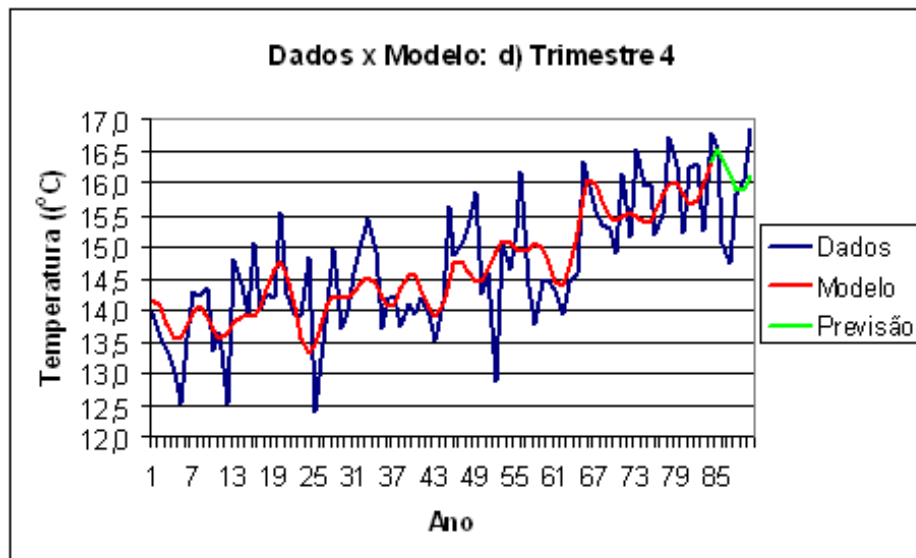


FIGURA 20: Dados observados, valores estimados pelos modelos de 1913 a 1996 e previsão para os anos de 1997 a 2002: d) trimestre 4,

Como um gráfico nem sempre fornece uma boa visão da comparação entre os valores, pois depende muito da escala utilizada, apresentam-se, nas tabelas 5 e 6, os valores observados, os valores estimados pelo modelo e os resíduos correspondentes ao primeiro e terceiro trimestre, respectivamente. Observa-se que a maior parte dos

resíduos tem módulo inferior a 1°C e todos inferiores a 2°C . Na parte referente à previsão, os últimos seis valores das tabelas, somente dois no primeiro trimestre e um no terceiro são superiores a 1°C .

TABELA 5: Valores observados, valores estimados pelo modelo e resíduos.
Trimestre 1

tempo	dado	modelo	resíduo	tempo	dado	modelo	resíduo
1	16,92	16,96	-0,04	46	17,80	18,04	-0,25
2	17,69	17,09	0,60	47	17,81	18,28	-0,47
3	17,01	16,67	0,34	48	17,47	18,01	-0,54
4	15,79	16,53	-0,74	49	17,84	17,54	0,30
5	16,30	16,94	-0,65	50	16,92	17,70	-0,77
6	17,45	17,11	0,33	51	18,60	18,00	0,60
7	17,27	17,06	0,21	52	17,55	17,85	-0,30
8	17,24	17,32	-0,08	53	16,94	17,78	-0,84
9	17,07	17,43	-0,37	54	17,63	17,93	-0,30
10	17,11	17,07	0,04	55	16,98	17,67	-0,69
11	17,73	17,03	0,69	56	17,66	17,32	0,34
12	16,05	17,53	-1,47	57	17,69	17,62	0,07
13	18,37	17,69	0,68	58	18,39	18,01	0,37
14	18,60	17,52	1,09	59	18,17	17,88	0,29
15	18,45	17,64	0,81	60	17,56	17,80	-0,24
16	17,13	17,66	-0,53	61	18,77	17,99	0,78
17	17,20	17,27	-0,07	62	18,45	17,86	0,59
18	17,23	17,25	-0,02	63	17,67	17,67	-0,01
19	17,97	17,70	0,27	64	17,64	18,10	-0,47
20	18,07	17,74	0,33	65	19,37	18,53	0,84
21	17,07	17,40	-0,33	66	18,27	18,35	-0,08
22	17,79	17,39	0,41	67	17,91	18,21	-0,31
23	17,55	17,38	0,17	68	18,70	18,40	0,29
24	16,70	17,04	-0,34	69	18,44	18,33	0,12
25	16,69	17,08	-0,38	70	17,84	18,19	-0,36
26	17,14	17,53	-0,39	71	18,22	18,59	-0,37
27	17,73	17,51	0,22	72	19,52	18,89	0,63
28	16,24	17,12	-0,88	73	17,93	18,54	-0,61
29	16,56	17,14	-0,58	74	18,18	18,27	-0,09
30	17,77	17,26	0,51	75	18,46	18,43	0,04
31	17,82	17,09	0,73	76	18,96	18,36	0,60
32	17,84	17,25	0,59	77	18,53	18,21	0,32
33	17,91	17,75	0,16	78	18,84	18,51	0,33
34	17,49	17,71	-0,22	79	17,87	18,66	-0,79
35	17,67	17,34	0,32	80	18,91	18,20	0,71
36	17,69	17,46	0,23	81	18,27	17,93	0,34
37	18,11	17,72	0,39	82	17,54	18,16	-0,62
38	17,25	17,66	-0,41	83	17,68	18,20	-0,51
39	16,94	17,84	-0,90	84	18,55	18,10	0,46
40	18,19	18,25	-0,06	85	18,53	18,38	0,15
41	18,41	18,11	0,30	86	18,24	18,51	-0,27
42	18,49	17,69	0,79	87	18,59	18,09	0,50
43	18,07	17,82	0,24	88	17,68	17,96	-0,28
44	17,46	18,11	-0,65	89	19,87	18,37	1,50
45	17,26	18,01	-0,75	90	18,81	17,01	1,80

TABELA 6: Valores observados, valores estimados pelo modelo e resíduos.
Trimestre 3

tempo	dado	modelo	resíduo	tempo	dado	modelo	resíduo
1	9,42	8,40	1,02	46	10,07	8,74	1,32
2	9,77	8,87	0,90	47	9,69	9,45	0,24
3	8,38	8,57	-0,19	48	9,22	9,82	-0,60
4	7,27	7,71	-0,44	49	9,92	8,81	1,11
5	6,54	7,79	-1,24	50	7,69	8,24	-0,56
6	6,51	8,14	-1,62	51	10,18	9,08	1,10
7	8,55	7,65	0,90	52	8,18	9,15	-0,96
8	7,55	7,74	-0,19	53	8,81	7,98	0,83
9	8,65	9,07	-0,42	54	8,22	8,16	0,07
10	10,66	9,30	1,36	55	10,32	9,63	0,68
11	8,37	8,02	0,34	56	9,42	9,76	-0,34
12	7,16	7,88	-0,72	57	8,59	8,87	-0,28
13	8,45	8,91	-0,46	58	9,31	9,11	0,21
14	8,77	8,54	0,23	59	10,05	9,61	0,44
15	7,90	7,32	0,57	60	9,31	8,87	0,44
16	8,52	7,62	0,90	61	8,42	8,19	0,23
17	8,60	8,68	-0,07	62	9,18	8,61	0,57
18	7,84	8,76	-0,92	63	9,62	8,97	0,65
19	7,72	8,71	-0,99	64	8,70	9,06	-0,37
20	9,24	9,12	0,12	65	10,83	9,74	1,09
21	8,02	8,76	-0,74	66	9,93	10,09	-0,16
22	7,84	7,86	-0,01	67	9,42	9,14	0,28
23	7,48	7,90	-0,43	68	7,63	8,35	-0,72
24	8,21	8,41	-0,19	69	9,68	8,81	0,87
25	8,70	8,26	0,43	70	10,42	9,34	1,09
26	8,56	8,34	0,23	71	8,62	9,18	-0,56
27	9,15	9,13	0,02	72	8,47	9,11	-0,65
28	9,35	9,31	0,04	73	10,32	9,36	0,96
29	7,64	8,47	-0,83	74	9,94	9,42	0,52
30	7,72	7,96	-0,24	75	9,62	9,27	0,35
31	8,00	8,32	-0,33	76	8,94	9,07	-0,14
32	9,51	8,86	0,65	77	8,42	9,06	-0,64
33	9,21	9,04	0,16	78	8,50	9,60	-1,10
34	8,96	8,70	0,25	79	9,85	10,07	-0,22
35	7,35	8,16	-0,80	80	8,23	9,40	-1,17
36	8,69	8,26	0,43	81	8,33	8,42	-0,09
37	8,92	8,85	0,08	82	9,38	8,68	0,70
38	8,69	8,87	-0,18	83	9,76	9,51	0,24
39	8,45	8,65	-0,20	84	8,26	9,61	-1,35
40	9,09	9,18	-0,09	85	10,51	9,66	0,85
41	8,79	9,49	-0,70	86	10,19	10,13	0,05
42	9,13	8,61	0,52	87	9,12	9,83	-0,71
43	7,79	7,89	-0,10	88	8,13	8,97	-0,84
44	7,75	8,29	-0,54	89	11,05	9,05	2,01
45	7,90	8,65	-0,75	90	9,58	9,40	0,18

Utilizando os modelos propostos, foi feita a projeção do comportamento da temperatura mínima média trimestral para trinta anos, de 2003 a 2032, para os quatro trimestres. Nas figuras 21 e 22 estão representadas graficamente essas expectativas das temperaturas mínimas médias trimestrais. No eixo horizontal está representada a ordem dos anos, no qual o primeiro dado corresponde ao ano de 2003 e o trigésimo, ao ano de 2032.

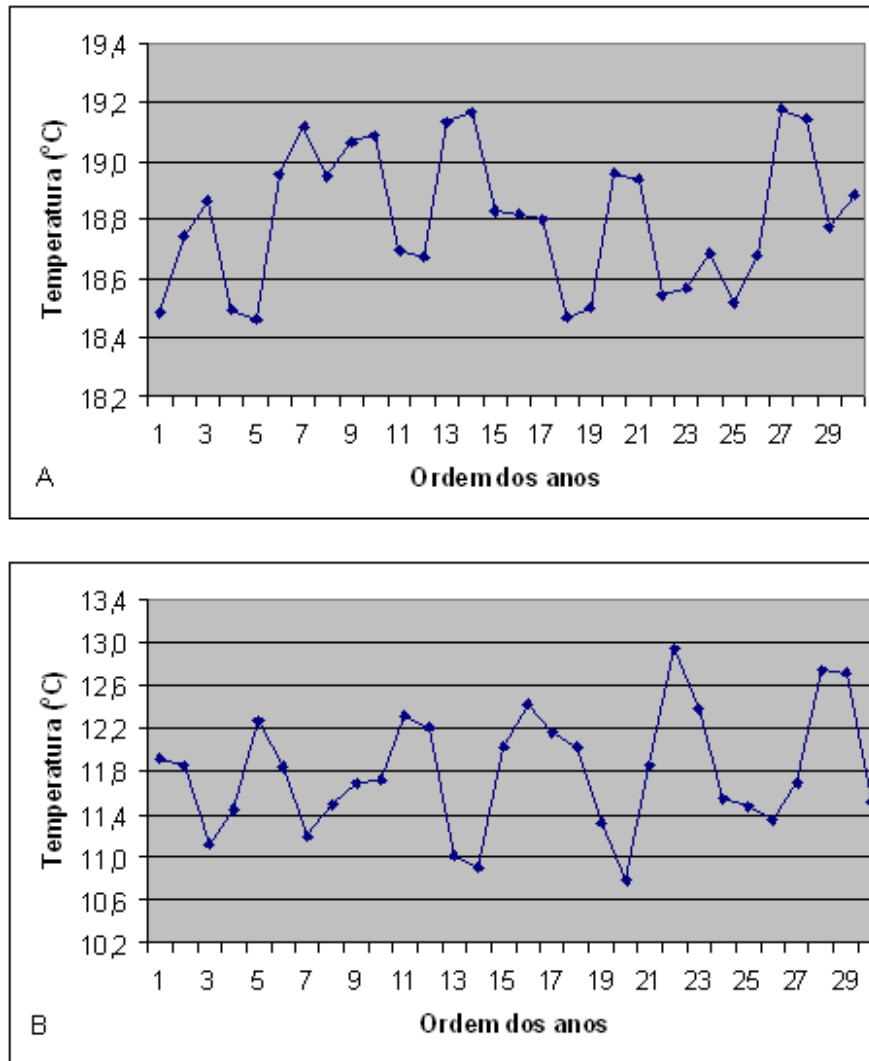


FIGURA 21: Projeções das temperaturas mínimas médias trimestrais na região homogênea do RS que contém a estação de Pelotas, para trinta anos, de 2003 a 2032, para: A) Trimestre 1 e B) Trimestre 2.

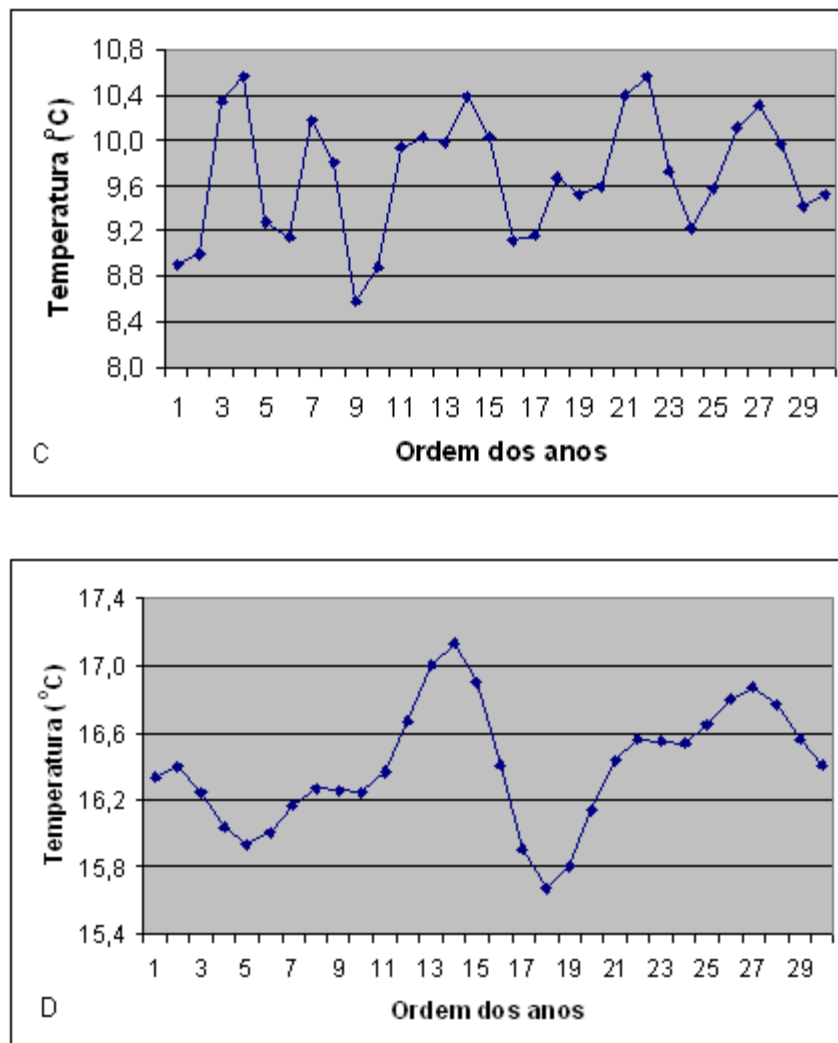


FIGURA 22: Projeções das temperaturas mínimas médias trimestrais na região homogênea do RS que contém a estação de Pelotas, para trinta anos, de 2003 a 2032, para: C) Trimestre 3 e D) Trimestre 4

Para o primeiro trimestre do ano, janeiro, fevereiro e março, a expectativa da temperatura mínima média trimestral é a de ter um valor em torno de $18,8^{\circ}\text{C}$, com um desvio padrão (s) de $0,24^{\circ}\text{C}$. Em alguns períodos, os valores esperados são menores do que essa média, como nos anos de 2006 e 2007 e no período de 2020 e 2021. Temperaturas mínimas maiores do que a média são esperadas para os anos de 2009, 2015, 2016, 2029 e 2030.

Par a o segundo trimestre, a projeção é de uma média da temperatura mínima média de $11,8^{\circ}\text{C}$ com $s = 0,55^{\circ}\text{C}$. Os anos de 2015, 2016 e 2022 são prognosticados como os de temperaturas mínimas menores que a média, e os de 2024, 2030 e 2031 com valores maiores do que a média.

Já para o trimestre três, correspondente aos meses de julho, agosto e setembro, a média esperada é de $9,7^{\circ}\text{C}$ com um desvio padrão $s = 0,54^{\circ}\text{C}$. Os anos de 2003, 2011 e 2012 estão previstos como os de temperaturas mínimas médias menores que a média. O inverno de 2005 apresenta-se como mais ameno, com temperaturas mínimas acima da média. A mesma projeção é feita para os anos de 2006, 2016, 2023 e 2024.

Finalmente, projeta-se uma temperatura mínima média de $16,4^{\circ}\text{C}$ com $s = 0,36^{\circ}\text{C}$ para o quarto trimestre. Neste aparecem dois períodos destacados, um mais quente, de 2015 a 2017 e outro mais frio, de 2019 a 2021; para os demais anos está previsto um valor próximo do médio.

4.4.3 Médias Móveis

Nas figuras 21 e 22 estão representados os gráficos dos dados das temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 1996, bem como os valores estimados pelos modelos para o mesmo período, suavizados pelo filtro de médias móveis com passo 3, conforme descrito no item 2.2.2 (c). Com este procedimento estatístico, foram eliminadas as componentes mais aleatórias, possibilitando uma melhor identificação da componente tendência, assim como das periodicidades encontradas, melhorando, desta forma, a visualização da qualidade do ajuste dos modelos.

Como se pode observar, o ajuste dos modelos foi muito adequado, especialmente no primeiro trimestre, onde aparece uma periodicidade de 28 anos em destaque, e no trimestre três, em que o modelo acompanha bem as frequências das ondas incluídas nos modelos, as flutuações e a tendência dos dados.

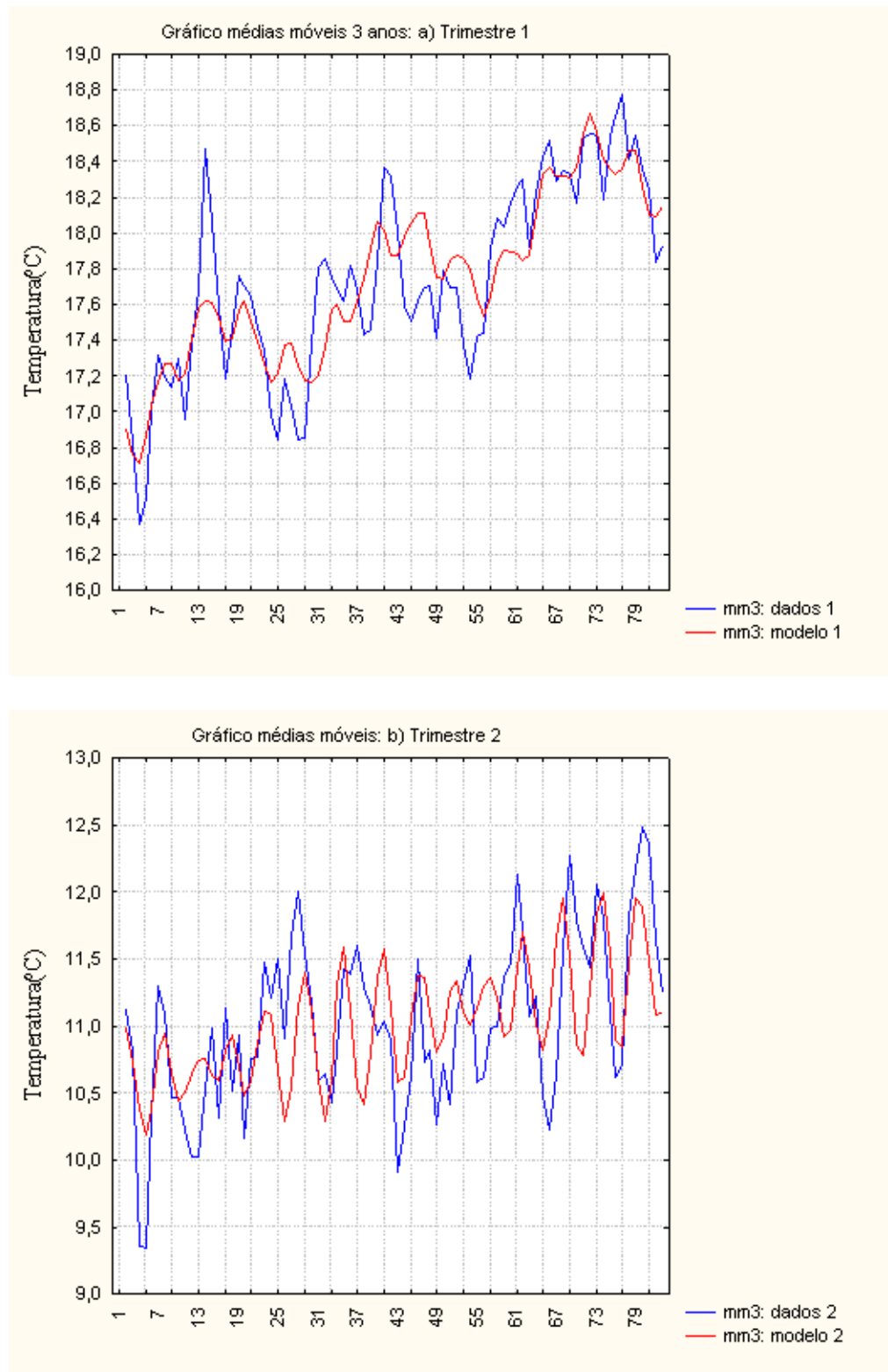


FIGURA 23: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 1996 e dos valores estimados pelos modelos para o mesmo período, alisados pelo filtro de médias móveis de passo 3: a) Trimestre 1; b) Trimestre 2

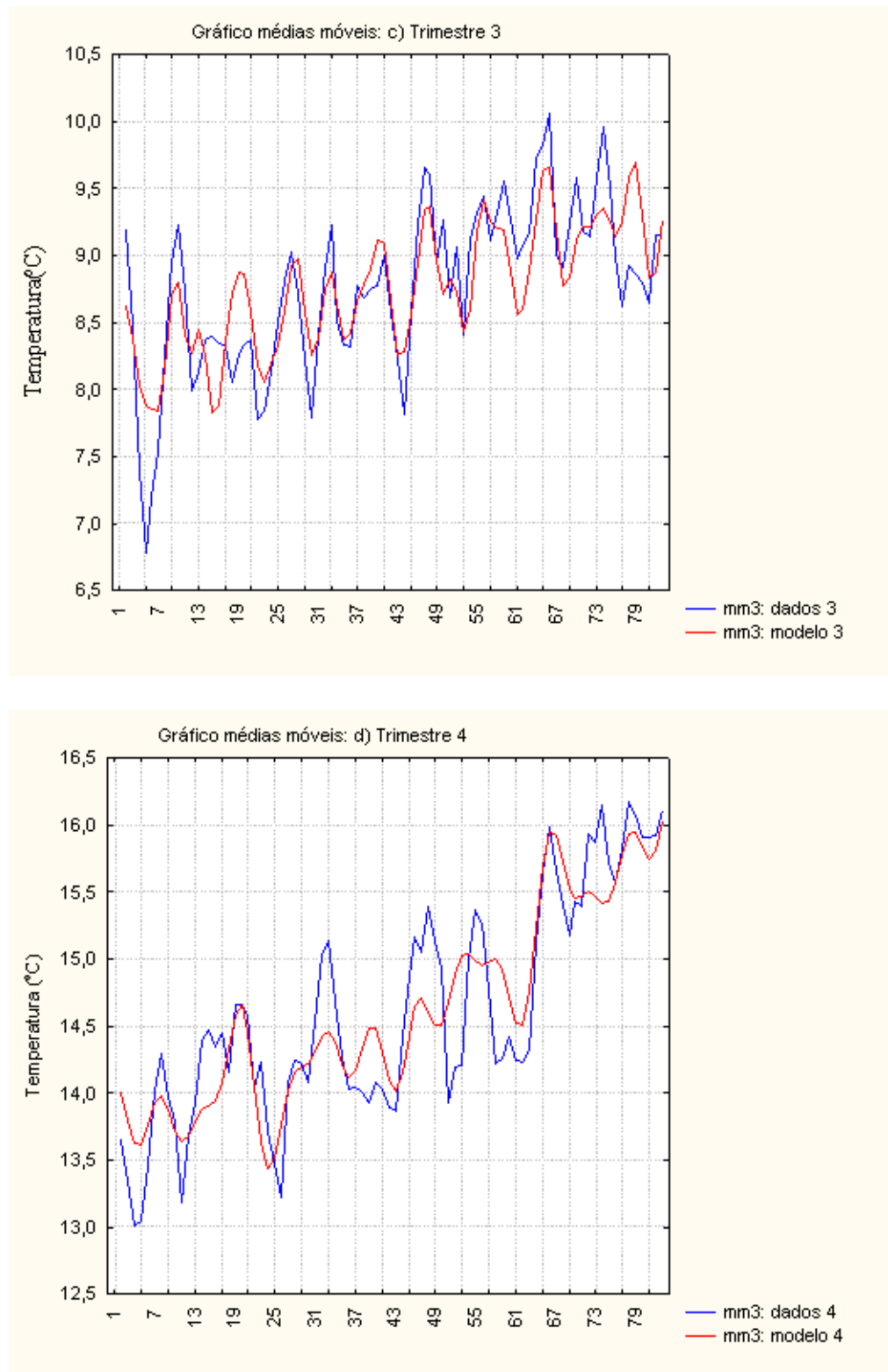


FIGURA 24: Representação gráfica das temperaturas mínimas médias trimestrais de 1913 a 1996 e dos valores estimados pelos modelos para o mesmo período, alisados pelo filtro de médias móveis de passo 3: c) Trimestre 3; d) Trimestre 4

4.4.4 Testes de Ajuste dos Modelos

4.4.4.1 Autocorrelações dos Resíduos

Para verificar o ajuste, procedeu-se a análise dos resíduos pela função de autocorrelação (r_k , $k = 1, 2, 3, \dots, 20$) para cada um dos modelos.

Os resultados dos testes das autocorrelações, que aparecem nas figuras 23 e 24, evidenciaram que os resíduos dos quatro modelos podem ser aceitos como ruído branco, confirmando a validade dos mesmos para representar satisfatoriamente o comportamento das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região em estudo.

De fato, como foi visto no item 3.2.4, pode-se aceitar que um modelo é adequado quando as autocorrelações dos resíduos estiverem dentro do limite $\pm \frac{2}{\sqrt{N}}$, aceitando-se 5% dos valores fora desse intervalo. Neste trabalho, com $N = 84$, este limite corresponde a 0,218.

Pode-se observar na figura 21 que nenhum valor, dos vinte passos, está fora desse intervalo.

Num outro teste, espera-se que as autocorrelações, r_k , estejam no intervalo de $\pm 2\sigma(r_k)$, em 95% dos casos. Na figura 21, estão mostrados os passos (lag k), as autocorrelações r_k (Corr) e o erro padrão dos r_k (S.E.). Somente no trimestre 1, encontra-se um valor, $r_2 = 0,214$, que está fora do intervalo de confiança de 95%.

Pode-se, dessa forma, aceitar os modelos como válidos.

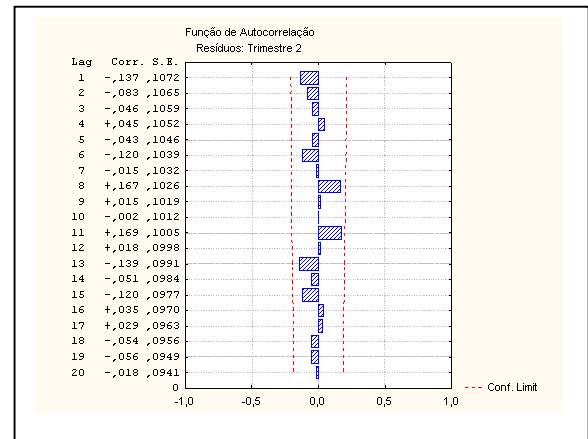
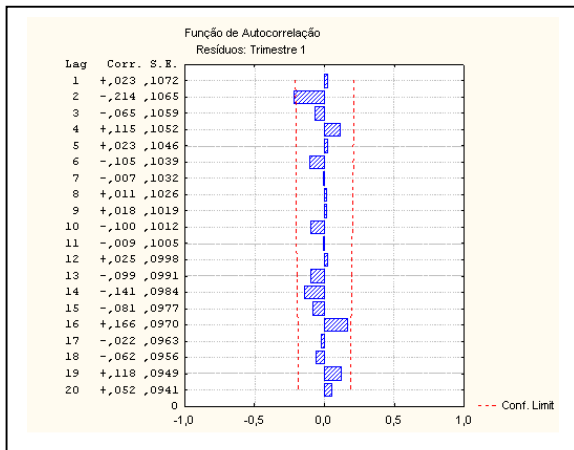


FIGURA 25: Função de autocorrelação dos resíduos do ajuste dos modelos espectrais das temperaturas médias mínimas de 1913 a 1996, para: a) Trimestre 1; b) Trimestre 2

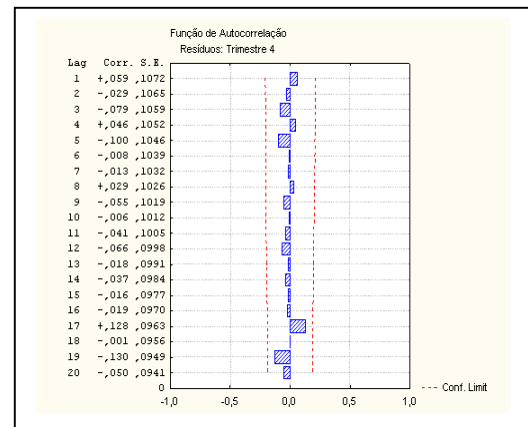
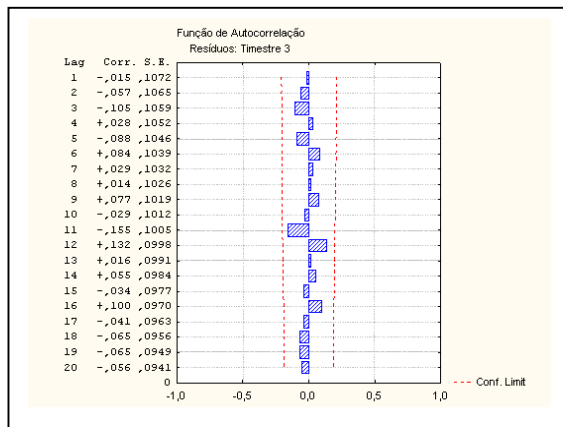


FIGURA 26: Função de autocorrelação dos resíduos do ajuste dos modelos espectrais das temperaturas médias mínimas de 1913 a 1996, para: c) Trimestre 3; d) Trimestre 4

4.4.4.2 Teste t

As performances dos modelos foram avaliadas, também, pelo teste t (Togrul & Togrul, 2002), conforme expressões apresentadas em Material e Métodos, obtendo-se:

no primeiro trimestre: $t = 0,0023$ para modelo

$t = 0,6352$ para modelo + previsão

no segundo trimestre: $t = 0,0327$ para modelo

$t = 0,2581$ para modelo + previsão

no terceiro trimestre: $t = 0,0287$ para modelo

$t = 0,2045$ para modelo + previsão

no quarto trimestre: $t = 0,0007$ para modelo

$t = 0,3055$ para modelo + previsão

Os valores da tabela de t são, aproximadamente, iguais a 1,99, para o nível de significância de 5%, tanto para 83 como para 89 graus de liberdade, de modo a avaliar o modelo e o modelo+previsão, respectivamente. Como se pode observar, os valores calculados são bem menores do que os da tabela, e quanto menor o valor calculado, melhor a performance do modelo.

Novamente, pode-se concluir que os modelos propostos são válidos para representar as temperaturas mínimas médias trimestrais para a região estudada e podem ser usados, igualmente, para previsões.

4.5 Modelo Suavizado

Para fins de previsão, foi usado, também, um modelo de alisamento, o Alisamento Exponencial Linear de Brown. A escolha do valor da constante de alisamento α foi feita com a utilização de vários valores, optando-se por aquele que forneceu os melhores resultados. 0,5 foi o valor que produziu os menores erros relativos.

Na tabela 8 estão mostrados: a ordem dos noventa anos de observações; as temperaturas mínimas médias para esses noventa anos correspondentes ao primeiro trimestre (X_t); os dados estimados pelo método de alisamento ($\hat{X}_t$), incluindo-se nesta coluna, um valor de previsão para o nonagésimo primeiro dado; os valores do alisamento linear simples ($\bar{X}_t$); os valores do duplo alisamento ($\bar{\bar{X}}_t$); os coeficientes das equações de previsão estimados, $\hat{b}_{1,t}$ e $\hat{b}_{2,t}$ e os resíduos.

TABELA 8: Dados observados, valores estimados pelo modelo de Alisamento Exponencial Linear de Brown com um valor de previsão para o 91º dado, valores do primeiro alisamento e duplamente alisados, coeficientes das equações de previsão e resíduos.

Ano	X_t	$\hat{X}_t$	$\bar{X}_t$	$\bar{\bar{X}}_t$	$\hat{b}_{1,t}$	$\hat{b}_{2,t}$	Resíduo
1	16,92	-	16,92	16,92	-	-	-
2	17,69	-	17,31	17,11	17,50	0,19	-
3	17,01	17,20	17,16	17,14	17,18	0,02	0,19
4	15,79	17,20	16,48	16,81	16,15	-0,33	1,41
5	16,30	15,82	16,39	16,60	16,18	-0,21	-0,48
6	17,45	15,97	16,92	16,76	17,08	0,16	-1,48
7	17,27	17,24	17,10	16,93	17,26	0,17	-0,03
8	17,24	17,43	17,17	17,05	17,29	0,12	0,19
9	17,07	17,41	17,12	17,08	17,15	0,04	0,35
10	17,11	17,19	17,11	17,10	17,13	0,01	0,08
11	17,73	17,14	17,42	17,26	17,58	0,16	-0,58
12	16,06	17,74	16,74	17,00	16,48	-0,26	1,69
13	18,37	16,22	17,55	17,28	17,83	0,28	-2,15
14	18,61	18,11	18,08	17,68	18,48	0,40	-0,50
15	18,45	18,88	18,26	17,97	18,56	0,29	0,43
16	17,13	18,85	17,70	17,83	17,56	-0,14	1,72
17	17,20	17,43	17,45	17,64	17,26	-0,19	0,23
18	17,23	17,06	17,34	17,49	17,19	-0,15	-0,17
19	17,97	17,04	17,66	17,57	17,74	0,08	-0,94
20	18,07	17,82	17,86	17,72	18,01	0,15	-0,25
21	17,07	18,16	17,47	17,59	17,34	-0,13	1,08
22	17,80	17,22	17,63	17,61	17,65	0,02	-0,58
23	17,55	17,67	17,59	17,60	17,58	-0,01	0,12
24	16,70	17,57	17,15	17,37	16,92	-0,23	0,87
25	16,69	16,69	16,92	17,15	16,69	-0,23	0,00
26	17,14	16,46	17,03	17,09	16,97	-0,06	-0,68
27	17,73	16,92	17,38	17,23	17,52	0,15	-0,81
28	16,24	17,67	16,81	17,02	16,60	-0,21	1,43

Ano	X_t	$\hat{X}_t$	$\bar{X}_t$	$\bar{\bar{X}}_t$	$\hat{b}_{1,t}$	$\hat{b}_{2,t}$	Resíduo
29	16,56	16,38	16,69	16,85	16,52	-0,17	-0,18
30	17,77	16,35	17,23	17,04	17,42	0,19	-1,42
31	17,82	17,61	17,52	17,28	17,77	0,24	-0,21
32	17,85	18,01	17,68	17,48	17,89	0,20	0,16
33	17,91	18,09	17,80	17,64	17,95	0,16	0,18
34	17,49	18,11	17,64	17,64	17,65	0,00	0,62
35	17,67	17,65	17,66	17,65	17,66	0,01	-0,02
36	17,69	17,67	17,67	17,66	17,68	0,01	-0,02
37	18,11	17,70	17,89	17,78	18,00	0,11	-0,41
38	17,25	18,12	17,57	17,67	17,47	-0,10	0,87
39	16,94	17,37	17,25	17,46	17,04	-0,21	0,43
40	18,19	16,83	17,72	17,59	17,85	0,13	-1,36
41	18,41	17,98	18,07	17,83	18,31	0,24	-0,43
42	18,49	18,54	18,28	18,05	18,50	0,22	0,06
43	18,07	18,72	18,17	18,11	18,23	0,06	0,66
44	17,46	18,29	17,82	17,06	17,67	-0,15	0,83
45	17,26	17,52	17,54	17,75	17,32	-0,21	0,26
46	17,80	17,11	17,67	17,71	17,63	-0,04	-0,69
47	17,81	17,59	17,74	17,72	17,75	0,01	-0,22
48	17,47	17,77	17,60	17,66	17,54	-0,06	0,30
49	17,84	17,48	17,72	17,69	17,75	0,03	-0,36
50	16,92	17,78	17,32	17,51	17,14	-0,19	0,86
51	18,60	16,96	17,96	17,74	18,19	0,23	-1,65
52	17,55	18,42	17,76	17,75	17,77	0,01	0,87
53	16,94	17,78	17,35	17,55	17,15	-0,20	0,84
54	17,63	16,95	17,49	17,52	17,46	-0,03	-0,68
55	16,98	17,43	17,23	17,38	17,09	-0,14	0,45
56	17,66	16,95	17,45	17,41	17,42	0,03	-0,71
57	17,69	17,52	17,57	17,49	17,64	0,08	-0,17
58	18,39	17,72	17,98	17,73	18,22	0,24	-0,67
59	18,17	18,46	18,07	17,90	18,24	0,17	0,29
60	17,56	18,41	17,82	17,86	17,78	-0,04	0,85
61	18,77	17,73	18,30	18,08	18,51	0,22	-1,04
62	18,45	18,73	18,37	18,23	18,52	0,15	0,28
63	17,67	18,67	18,02	18,12	17,92	-0,10	1,00
64	17,64	17,81	17,83	17,93	17,68	-0,15	0,18
65	19,37	17,53	18,60	18,29	18,91	0,31	-1,84
66	18,27	19,23	18,44	18,36	18,51	0,07	0,95
67	17,91	18,59	18,17	18,27	18,08	-0,10	0,68
68	18,70	17,98	18,43	18,35	18,52	0,08	-0,72
69	18,44	18,60	18,44	18,39	18,48	0,04	0,16
70	17,84	18,53	18,14	18,27	18,01	-0,13	0,69
71	18,22	17,88	18,18	18,22	18,14	-0,04	-0,34
72	19,52	18,09	18,85	18,54	19,16	0,31	-1,42
73	17,93	19,47	18,39	18,46	18,31	-0,07	1,55
74	18,18	18,24	18,29	18,37	18,20	-0,09	0,06
75	18,46	18,11	18,37	18,37	18,38	0,00	-0,35
76	18,96	18,38	18,67	18,52	18,81	0,15	-0,58

Ano	X_t	$\hat{X}_t$	$\bar{X}_t$	$\bar{\bar{X}}_t$	$\hat{b}_{1,t}$	$\hat{b}_{2,t}$	Resíduo
77	18,53	18,96	18,60	18,56	18,64	0,04	0,43
78	18,84	18,68	18,72	18,54	18,80	0,08	-0,16
79	17,87	18,88	18,30	18,47	18,12	-0,17	1,01
80	18,91	17,95	18,60	18,54	18,67	0,07	-0,96
81	18,27	18,74	18,44	18,49	18,39	-0,05	0,47
82	17,54	18,34	17,99	18,24	17,74	-0,25	0,80
83	17,68	17,49	17,84	18,04	17,64	-0,20	-0,19
84	18,55	17,44	18,20	18,12	18,27	0,08	-1,12
85	18,53	18,35	18,36	18,24	18,49	0,12	-0,18
86	18,24	18,61	18,30	18,27	18,33	0,03	0,37
87	18,59	18,36	18,45	18,36	18,53	0,09	-0,23
88	17,68	18,62	18,06	18,21	17,91	-0,15	0,94
89	19,87	17,76	18,97	18,59	19,34	0,38	-2,11
90	18,81	19,72	18,89	18,74	19,04	0,15	0,91
91		19,19					

O desempenho deste modelo foi avaliado pela análise dos desvios. Como pode ser observado na última coluna da tabela 8, a maioria deles é inferior a 1°C, e somente alguns superiores a 2°C. Aplicou-se o “teste t”, obtendo-se o valor 0,049, calculado conforme equação (60). O valor da tabela de t, para o nível de significância de 5%, com 89 graus de liberdade, é 1,99. Como o valor de t calculado foi menor do que o valor tabelado, os desvios constituem-se um ruído branco, e a validade do modelo fica confirmada.

Com relação a previsões, este modelo mostrou-se adequado quando se projetaram valores com horizonte $h = 1$, não sendo tão eficiente para se preverem vários valores futuros, pois ficou evidenciada, neste caso, somente a tendência.

O valor 19,19, nonagésimo primeiro dado que aparece no final da coluna três, corresponde à previsão da temperatura mínima média trimestral para o primeiro trimestre do ano de 2003. Para testar o ajuste deste valor estimado, necessitar-se-ia dos valores observados nas estações componentes da região homogênea estudada, para o ano correspondente. Todavia, até o momento, não foi possível acessar a esses dados, tornando-se impossível apresentar, neste trabalho, uma avaliação dessa estimativa.

Cálculos semelhantes foram feitos para os outros trimestres, porém não foram incluídos neste trabalho.