O EMPREGO DA ANÁLISE HARMÔNICA NO ESTUDO DA
INCIDÊNCIA DA FERRUGEM ALARANJADA DO CAFEEIRO
(*Hemileia vastatrix* Berk et Br) NO ESTADO DE M. GERAIS.

GILNEI DE SOUZA DUARTE
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. HUMBERTO DE CAMPOS

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Estatística e Experimentação Agronômica.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro, 1981

A meu pai (*in memoriam*)

DEDICO.

A minha mãe

minha esposa

e meus filhos

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras pela liberação para este aperfeiçoamento.

Ao Professor Humberto de Campos pela brilhante orientação.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PICD - CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de estudos concedidas.

Ao Professor Décio Barbin, pelos constantes ensinamentos.

Ao Professor José Vitor Silveira, analista do Centro de Processamento de Dados da Escola Superior de Agricultura de Lavras, pelos programas desenvolvidos para as análises estatísticas.

Aos Professores do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ pelos cursos ministrados.

Aos colegas de curso pela amizade e convivência.

iv.

Aos funcionários do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, em especial ao Sr. Otávio Frassetto.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL	7
3.1. Escolha dos locais	7
3.2. Avaliação do índice de ferrugem	8
4. MÉTODO	10
4.1. Análises individuais	10
4.1.1. Modelo matemático	11
4.1.2. Análise de variância	11
4.1.3. Componentes de variância	13
4.1.4. Testes de significância	14
4.1.5. Equação de regressão	16
4.2. Análise conjunta	16
4.2.1. Modelo matemático	17
4.2.2. Análise de variância	18
4.2.3. Componentes de variância	18
4.2.4. Testes de significância	20
4.2.5. Equação de regressão	22
4.3. Transformação de dados	23
4.4. Teste de Bartlett	24
4.5. Análises estatísticas	25

O EMPREGO DA ANÁLISE HARMÔNICA NO
ESTUDO DA INCIDÊNCIA DA FERRUGEM ALARANJADA
DO CAFEIEIRO (*Hemileia vastatrix* Berk et Br) NO
ESTADO DE MINAS GERAIS

Autor : Gilnei de Souza Duarte

Orientador : Dr. Humberto de Campos

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar uma equação para representar matematicamente a incidência da ferrugem alaranjada do cafeeiro no Estado de Minas Gerais.

Os dados, porcentagem de infecção, foram obtidos das parcelas testemunhas de experimentos realizados em nove localidades do Estado de Minas Gerais: Ponte Nova, Alfenas, Jacutinga, São Gotardo, Santo Antônio do Amparo, Três Pontas, São Sebastião do Paraíso, Machado e Nepomuceno, durante três anos; nas três primeiras localidades as observações se prolongaram até completar seis anos.

Em cada local, foram obtidas médias mensais de porcentagem de infecção, durante os anos estudados, às quais

se aplicou a análise harmônica de acordo com a metodologia usual. A seguir foi esquematizado um modelo matemático a partir do qual foram deduzidas as somas de quadrados e os componentes de variância para a realização da análise harmônica conjunta.

As análises individuais mostraram que em seis localidades o 1º componente harmônico foi significativo; em duas apenas o 3º componente e na localidade restante o 2º componente foi o único a apresentar significância. Em todos os locais a interação de anos com o 1º componente harmônico foi significativa o que indica que esta influência do 1º componente harmônico varia de ano para ano.

Para os locais onde as observações foram realizadas por seis anos, apenas o 1º componente harmônico foi significativo, apesar de sua interação com anos persistir significativa.

A análise conjunta para as localidades estudadas durante três anos, mostrou que os três primeiros componentes harmônicos foram significativos, nos fornecendo a equação :

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 18,4646 + 1,8853. \cos (30.j) - 13,6027. \sin (30.j) \\ & - 0,0899. \cos (60.j) + 0,7681 . \sin (60.j) \\ & + 2,0922. \cos (90.j) + 1,4086 . \sin (90.j)\end{aligned}$$

Este mesmo resultado foi obtido para a análise realizada com as localidades do Sul de Minas, sendo a equação neste caso :

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 14,8241 + 2,6234 \cdot \cos (30.j) - 12,1097 \cdot \text{sen} (30.j) - \\ & - 0,1422 \cdot \cos (60.j) - 0,1060 \cdot \text{sen} (60.j) + \\ & + 1,9746 \cdot \cos (90.j) + 1,2502 \cdot \text{sen} (90.j) .\end{aligned}$$

No entanto quando se fez a análise conjunta para os locais onde as observações foram feitas por seis anos, apenas o 1º componente harmônico foi significativo, sendo a equação que representa a incidência da ferrugem do cafeeiro, neste caso:

$$\hat{Y}_j = 11,7232 - 0,5821 \cos (30.j) - 11,2523 \text{ sen} (30.j)$$

Os resultados obtidos mostraram que o 1º componente harmônico (onda anual) é o principal responsável pela variação na incidência de ferrugem do cafeeiro e também que o máximo desta incidência ocorre nos meses de maio e junho e o mínimo em novembro e dezembro.

THE HARMONIC ANALYSIS APPLICATION IN THE STUDY
OF COFFEE LEAF RUST (*Hemileia vastatrix* Berk et Br)
INCIDENCE IN MINAS GERAIS STATE.

Author: Gilnei de Souza Duarte

Adviser: Dr. Humberto de Campos

S U M M A R Y

The present work was developed to determine an equation that could represent mathematically the coffee leaf rust incidence in Minas Gerais State.

The data consisted of the percentage of infected leaves. They were collected from the control plots of experiments carried out in nine localities of Minas Gerais State: Ponte Nova, Alfenas, Jacutinga, São Gotardo, Santo Antônio do Amparo, Três Pontas, São Sebastião do Paraíso, Machado and Nepomuceno, during three years. In the first three localities the observations have been extended up over six years.

The average of the percentage of infection were determined monthly from each locality during the studied years. The harmonic analysis was applied to this data following the usual methodology. After this a mathematical model was deve-

loped with the objective of determining the sum of squares and the variance components to work out the series of harmonic analysis.

A single analysis showed us that in six localities the first harmonic component was significant. In two of them only the third harmonic and in the remaining locality only the second harmonic was significant.

The interaction between years and the first harmonic was significant for all the localities. This means that the influence of the first harmonic changes from year to year.

In the places where the data were taken for six years the first harmonic component was the only one significant, even the interaction between years and the first harmonic remains significant.

The harmonic analysis for all localities during the three years of study, showed that the first three harmonic components were significant ;

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 18,4646 + 1,8853 \cdot \cos (30.j) - 13,6027 \cdot \sin (30.j) \\ & - 0,0899 \cdot \cos (60.j) + 0,7681 \cdot \sin (60.j) \\ & + 2,0922 \cdot \cos (90.j) + 1,4086 \cdot \sin (90.j)\end{aligned}$$

the same results have been attained with harmonic analysis for the southern localities of Minas Gerais State :

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 14,8241 + 2,6234 \cdot \cos (30.j) - 12,1097 \cdot \sin (30.j) \\ & - 0,1422 \cdot \cos (60.j) - 0,1060 \cdot \sin (60.j) \\ & + 1,9746 \cdot \cos (90.j) + 1,2502 \cdot \sin (90.j)\end{aligned}$$

For other side, when we made the harmonic analysis for the three places where the data were taken for six years, the first harmonic was again the only one significant. For this case the equation that shows the incidence of coffee leaf rust is :

$$\hat{Y}_j = 11,7232 - 0,5821 \cdot \cos (30.j) - 11,2523 \cdot \sin(30.j)$$

The results showed that the first harmonic is the main factor of the variation in the coffee leaf rust incidence. They showed also that the maximum incidence occurs in May and June and the minimum occurs in November and December.

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem do cafeeiro, nos países onde surgiu, causou sempre consideráveis danos à cultura, prejudicando seu desenvolvimento. No Brasil, segundo CHAVES (1978), o prejuízo provocado pela ferrugem sobre a produção anual está em torno de 20%.

RAYNER (1960), previa que a ocorrência de ferrugem do café nas Américas seria um grande desastre, em virtude das condições climáticas favoráveis e também pela grande suscetibilidade que as principais variedades e progênies cultivadas, apresentam à ferrugem.

O Estado de Minas Gerais que, segundo CAIXETA (1978), vem participando com um crescente percentual na produção brasileira, viu-se então sob a iminência de ter sua produção comprometida.

Inúmeros experimentos foram então instalados em diversas localidades do Estado de Minas Gerais com a finalidade de determinar quais os fungicidas mais apropriados para o controle da ferrugem e também quais as épocas e dosagens mais propícias para estas aplicações.

DUARTE (1974), a partir de experimentos de controle da ferrugem na Zona da Mata, MG., verificou que há uma periodicidade em sua incidência durante o ano, a qual pode ser representada pela curva do seno

$$Y_j = 1,1917 + 0,2893u_{1j} - 0,3678v_{1j}$$

onde:

Y_j = porcentagem de infecção

$u_{1j} = \cos (c \cdot j)$ $c = 2 \pi / J$
 $j = 0, 1, 2, \dots, 11$

$v_{1j} = \sin (c \cdot j)$

Observou ainda, que a ferrugem atingia o máximo de incidência no mês de junho e o mínimo em dezembro. Ressaltou, entretanto, que a equação de regressão obtida tinha aplicação restrita, uma vez que os dados disponíveis eram relativos a apenas um ano agrícola (1972/73).

Pretende-se, no presente trabalho, a partir de experimentos instalados em nove localidades cafeicultoras do Estado de Minas Gerais durante vários anos, utilizando-se a re

3.

gressão periódica ou análise harmônica como é mais conhecida atualmente, determinar uma equação que represente matematicamente a incidência da ferrugem do cafeeiro, com a finalidade de auxiliar o controle químico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

BROOKS e CARRUTHERS (1953), citam que certos eventos no universo, principalmente aqueles em conexão com os movimentos dos corpos celestes, se repetem sistematicamente a p^os um período de tempo fixo e assim sua ocorrência pode ser prevista precisamente. Assim é que certos fenômenos periódicos se repetem em intervalos de algumas horas enquanto que ou tros demoram centenas de anos. No caso de alguns fenômenos me teorológicos e biológicos, entretanto, não se pode precisar e xatamente sua ocorrência, mesmo sabendo-se que os mesmos são periódicos.

Comentam ainda, que uma periodicidade pode ser simples, isto é, composta de uma simples curva do seno ou en tão conter dois ou mais componentes harmônicos. Curvas sím

ples do seno são raras na prática, sendo que mesmo a variação diária da temperatura tem, geralmente, uma apreciável segunda harmônica.

PANOFSKY e BRIER (1958), mostram que qualquer curva pode ser representada como a soma de uma série de diferentes curvas do seno; assim é que doze valores mensais podem ser adequadamente representados por seis curvas do seno. A curva com frequência 1, isto é, com um máximo e um mínimo é a 1^a harmônica; ela descreve a variação anual. A curva com frequência 2, ou 2^a harmônica, tem dois máximos e dois mínimos e descreve a variação semestral e assim sucessivamente.

BLISS (1958), apresentou um trabalho sobre análise harmônica aplicada à Biologia e Climatologia, no qual justifica o método, relatando que muitas vezes os dados não se adaptam a uma regressão polinomial, devido ao fato de seguirem uma tendência claramente periódica. Salientou ainda que se os dados mudam simetricamente durante o ciclo estudado a curva do seno

$$Y_j = a_0 + a_1 \cos (c.j) + b_1 . \text{sen} (c.j)$$

representa bem o fenômeno em estudo; em caso contrário, mais termos (2^a, 3^a, etc., harmônicas) são adicionados, até que o ajuste desejado seja encontrado; mostra ainda como obter os coeficientes de regressão, além de fornecer meios de se realizar a análise de variância bem como de determinar os componentes de variância para a aplicação dos testes estatísticos.

AMARAL (1968), realizou um trabalho no qual a análise harmônica é aplicada a dados pluviométricos (precipitaações mensais em Pelotas, RS, 1900/51 e em Morro Velho, MG, 1855/1951). No 1º caso os três primeiros componentes harmônicos (ondas anual, semestral e quadrimestral) foram significativos enquanto que no 2º caso apenas o 1º componente harmônico (onda anual) foi significativo.

ANDERSON (1971) , apresentou a teoria sobre funções periódicas, fornecendo a base para um estudo completo sobre a análise harmônica.

PEREIRA (1978), utilizou a regressão periódica para dados pluviométricos em Grajaú, MA, durante o período 1914-68, obtendo significância até o 3º componente harmônico ($r^2 = 99,75\%$).

COELHO (1980), aplicando a análise harmônica a dados de produção de citros durante nove anos verificou que as ondas de 2,25 anos e 3 anos são as de maior importância.

CHALFOUN (1980), salienta que o início de desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro, em três localidades estudadas, não coincidiu com o início do período chuvoso, não sendo este, isoladamente, um parâmetro indicativo para se prever a elevação do índice de doença na lavoura. A época de maior desenvolvimento da doença ocorreu no período de 5 a 6 meses após o início da estação chuvosa, isto é, de janeiro/fevereiro até abril/maio quando então condições de baixas temperaturas passaram a limitar o processo de infecção nas lavouras.

3. MATERIAL

3.1. Escolha dos locais

O presente trabalho, desenvolveu-se em lavouras situadas em nove municípios do Estado de Minas Gerais, conforme Figura 1, pertencentes a regiões tradicionalmente cafeicultoras, onde a ferrugem vem se constituindo em um dos mais importantes fatores responsáveis pela diminuição da produtividade nas lavouras.

Os cafezais, onde foram feitas as observações, eram constituídos de plantas da variedade Mundo Novo, com idade acima de quatro anos.

FIGURA 1 - Situação geográfica das nove localidades do Estado de Minas Gerais, onde foram instalados os experimentos de controle da ferrugem.

3.2. Avaliação do Índice de ferrugem

Os dados foram provenientes das parcelas testemunhas de dois experimentos (época de aplicação e dose do fungicida) instalados por técnicos da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), para controle da ferrugem, nos nove municípios já citados, durante um período de 3 até 6 anos.

Cada parcela era constituída de 20 plantas úteis; as 8 repetições nos dois experimentos, estavam bem distribuídas na lavoura em virtude do fato de que é grande a variabilidade na intensidade de ataque de ferrugem dentro da mesma.

Quinzenalmente ou mensalmente, foram feitas coletas de 10 folhas por planta, à altura de seu terço médio . Posteriormente, contou-se o número de folhas com ferrugem , determinando se a sua porcentagem, pois segundo RAYNER (1961), na prática, a porcentagem de infecção dá uma boa medida do efeito da incidência da enfermidade sobre o cafeeiro.

Com este procedimento, obteve-se, para cada local, uma média mensal de porcentagem de infecção de ferrugem, durante os anos estudados (Apêndices 1 e 2).

4. MÉTODO

Procurou-se tratar os dados de duas maneiras :

1^a - Aplicar a análise harmônica nos nove locais estudados, durante três anos e a seguir realizar a análise conjunta para os locais de variâncias homogêneas.

2^a - Aplicar a análise harmônica nos três locais onde o estudo se prolongou até completar seis anos e a seguir realizar a análise conjunta também para locais.

4.1. Análises individuais

A aplicação da análise harmônica neste caso foi feita da maneira usual conforme metodologia descrita por BLISS (1958).

4.1.1. Modelo matemático

O modelo matemático para cada um dos locais estudados foi :

$$Y_{ij} = m + a_i + \sum_{z=1}^h (\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj}) + t_j + \sum_{z=1}^h (a_{zi} u_{zj} + b_{zi} v_{zj}) + (at)_{ij}$$

onde :

$$Y_{ij} = \text{porcentagem de infecção} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 0, 1, \dots, 11 \end{array}$$

m = média geral

a_i = efeito do i -ésimo ano

$(\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj})$ = efeito do componente harmônico de ordem z , com $z = 1, 2, \dots, h$

$u_{zj} = \cos (30.z.j)$

$v_{zj} = \sin (30.z.j)$

t_j = desvios de regressão

$(a_{zi} u_{zj} + b_{zi} v_{zj})$ = efeito da interação do ano i com o componente harmônico de ordem z

$(at)_{ij}$ = efeito da interação do ano i com desvios de regressão

4.1.2. Análise de variância

A partir do modelo apresentado em 4.1.1. foram deduzidas as diversas somas de quadrados cujas expressões es-

tão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Esquema da análise de variância para o modelo de regressão até o 3º componente harmônico.

LINHA	CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMAS DE QUADRADOS (S.Q.).
1	Anos (A)	I-1	$(1/J) (\sum A_i^2) - C$
2	1º Comp.Harmônico	2	$[1/(1/2)IJ] \{ [\sum u_{1j} y_{1j}]^2 + [\sum v_{1j} y_{1j}]^2 \} = S_2$
3	2º Comp.Harmônico	2	$[1/(1/2)IJ] \{ [\sum u_{2j} y_{2j}]^2 + [\sum v_{2j} y_{2j}]^2 \} = S_3$
4	3º Comp.Harmônico	2	$[1/(1/2)IJ] \{ [\sum u_{3j} y_{3j}]^2 + [\sum v_{3j} y_{3j}]^2 \} = S_4$
5	Desvios	(J-7)	$(1/I) \cdot \sum y_{.j}^2 - C - S_2 - S_3 - S_4$
6	A x 1º C.H.	2(I-1)	$[1/(1/2)J] \sum_1 \{ [\sum u_{1j} y_{1j}]^2 + [\sum v_{1j} y_{1j}]^2 \} = S_5$
7	A x 2º C.H.	2(I-1)	$[1/(1/2)J] \sum_1 \{ [\sum u_{2j} y_{2j}]^2 + [\sum v_{2j} y_{2j}]^2 \} = S_6$
8	A x 3º C.H.	2(I-1)	$[1/(1/2)J] \sum_1 \{ [\sum u_{3j} y_{3j}]^2 + [\sum v_{3j} y_{3j}]^2 \} = S_7$
9	A x Desvios	(I-1)(J-7)	Por Subtração
TOTAL		IJ-1	$\sum Y_{ij}^2 - C$
10	(A x Ampl.) ₁	I-1	$S_2 + S_5 - \{ \frac{\sum_1 \sqrt{[\sum u_{1j} y_{1j}]^2 + [\sum v_{1j} y_{1j}]^2}}{1/2 (IJ)} \}$
11	(A x ^{FASÉ}) ₁	I-1	$\frac{(r^2 \cdot U - r^2 P + V)}{1/2 J(1 + r^2)}$

onde :

$$U = \sum_1 \{ [\sum_j u_{1j} y_{1j}]^2 \}$$

$$V = \sum_i \{ [\sum_j v_{ij} y_{ij}]^2 \}$$

$$P = \sum_i \{ [\sum_j u_{ij} y_{ij}] [\sum_j v_{ij} y_{ij}] \}$$

$$r = \frac{U - V}{2P} \pm \sqrt{\left(\frac{U - V}{2P} \right)^2 + 1}$$

Nas linhas 10 e 11 temos, como exemplo, o desdobramento da interação A x 1ª C.H.; uma significância de A x Amplitude nos indica que as diferenças entre a ocorrência máxima e mínima variaram nos anos estudados, ao passo que uma significância de A x Fase implica numa maior variação nas épocas de ocorrência do máximo e do mínimo.

4.1.3. Componentes de variância

A partir das expressões das somas de quadrados constantes da Tabela 1, foram deduzidos os componentes de variância (Tabela 2), para a correta aplicação dos testes. Adotou-se a pressuposição de que os efeitos de anos e desvios são aleatórios, satisfazendo as seguintes condições:

$$E(a_i^2) = \sigma_a^2 \quad E(t_j^2) = \sigma_t^2 \quad , \quad E(at)_{ij}^2 = \sigma^2$$

$$E(a_{zi}^2 + b_{zi}^2) = (a_*^2 + b_*^2)_z$$

Tabela 2 - Componentes de variância para as esperanças dos quadrados médios no modelo de regressão até o 3º componente harmônico.

LINHA	E [Q.M.]
1	$\sigma^2 + J\sigma_a^2$
2	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_1 + I\sigma_t^2 + (1/2)IJ(\alpha_1^2 + \beta_1^2)$
3	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_2 + I\sigma_t^2 + (1/2)IJ(\alpha_2^2 + \beta_2^2)$
4	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_3 + I\sigma_t^2 + (1/2)IJ(\alpha_3^2 + \beta_3^2)$
5	$\sigma^2 + I\sigma_t^2$
6	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_1$
7	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_2$
8	$\sigma^2 + (1/2)J(a_*^2 + b_*^2)_3$
9	σ^2

4.1.4. Testes de significância

Os testes de significância foram aplicados de acordo com os componentes de variância (Tabela 2).

Desta forma, para os quadrados médios constantes nas linhas 1, 5, 6, 7 e 8, o denominador apropriado para a aplicação aproximada do teste F é o quadrado médio da interação A x Desvios.

Para os quadrados médios nas linhas 2, 3 e 4 , a aplicação do teste F é mais complicada. Assim é que se os desvios na linha 5 ou a interação nas linhas 6, 7 e 8 não forem significativos e nem estiverem próximos da significância, o componente respectivo pode sair da Tabela 2 e neste caso os componentes restantes determinarão qual o denominador apropriado.

Quando tanto os desvios como a interação de anos com o 1º, 2º ou 3º componente harmônico são significativos, o resíduo apropriado é uma combinação linear de quadrados médios. Assim para o 1º componente harmônico teremos (por exemplo):

$$F = \frac{QM [1^\circ CH] + QMA \times Desvios}{QM Desvios + QM [A \times 1^\circ CH]}$$

Este valor será testado com o F tabelado para n_1 e n_2 graus de liberdade dados pelas fórmulas de Satterthwaite:

$$n_1 = \frac{\frac{[QM 1^\circ CH + QMA \times Desvios]^2}{(QM 1^\circ CH)^2 + [QMA \times Desvios]^2}}{2 \quad (I-1) \quad (J-7)}$$

$$n_2 = \frac{\frac{[QM Desvios + QM (A \times 1^\circ CH)]^2}{(QM Desvios)^2 + [QM(A \times 1^\circ CH)]^2}}{(J - 7) \quad 2 \quad (I-1)}$$

4.1.5. Equação de regressão

Os coeficientes de regressão foram obtidos como se segue :

$$\alpha_z = \frac{\left[\sum_j u_{zj} y_{.j} \right]}{(1/2) \text{ IJ}}$$

$$\beta_z = \frac{\left[\sum_j v_{zj} y_{.j} \right]}{(1/2) \text{ IJ}}$$

Obtidos os coeficientes de regressão pôde então ser determinada a equação :

$$\hat{Y}_j = \bar{Y} + \sum_{z=1}^h [\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj}]$$

onde h é a ordem do último componente harmônico significativo.

Os pontos da equação anterior foram obtidos de acordo com o método de Newton-Raphson para equações não lineares, conforme programa para computação eletrônica constante do Apêndice 5.

4.2. Análise conjunta

Como o principal objetivo do presente trabalho era de se chegar a uma equação que representasse a incidência da ferrugem no Estado de Minas Gerais, procurou-se esquematizar um modelo matemático para a realização da análise conjun-

ta dos locais estudados.

4.2.1. Modelo matemático

$$Y_{ijk} = m + a_i + l_k + (al)_{ik} + \sum_{z=1}^h (\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj}) + t_j + \\ + \sum_{z=1}^h (a_{zi} u_{zj} + b_{zi} v_{zj}) + (at)_{ij} + \sum_{z=1}^h (c_{zk} u_{zj} + \\ + d_{zk} v_{zj}) + (tl)_{jk} + \sum_{z=1}^h (e_{zik} u_{zj} + f_{zik} v_{zj}) + g_{ijk}$$

onde :

Y_{ijk} = incidência de ferrugem no i -ésimo ano no j -ésimo mês e no k -ésimo local

a_i = efeito do i -ésimo ano

l_k = efeito do k -ésimo local

$(al)_{ik}$ = efeito da interação do ano i com o local k

$(\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj})$ = efeito do componente harmônico de ordem z
com $z = 1, 2, \dots, h$

t_j = desvios de regressão

$(a_{zi} u_{zj} + b_{zi} v_{zj})$ = efeito da interação do ano i com o componente harmônico de ordem z

$(at)_{ij}$ = efeito da interação do ano i com desvios

$(c_{zk} u_{zj} + d_{zk} v_{zj})$ = efeito da interação do local k com o componente harmônico de ordem z

$(tl)_{jk}$ = efeito da interação do local k com desvios

$(e_{zik} u_{zj} + f_{zik} v_{zj})$ = efeito da interação do ano i com o local k e com o componente harmônico de ordem z

g_{ijk} = efeito da interação do ano i com o local k e com desvios

4.2.2. Análise de variância

A partir do modelo apresentado em 4.2.1. foram deduzidas as expressões das diversas somas de quadrados, as quais são apresentadas na Tabela 3.

4.2.3. Componentes de variância

A partir do modelo apresentado em 4.2.1., foram deduzidos os componentes de variância (Tabela 4), para a correta aplicação dos testes estatísticos, adotou-se a pressuposição de que os efeitos de anos, locais e desvios são aleatórios, satisfazendo as seguintes condições :

$$\begin{aligned}
 E(a_i^2) &= \sigma_a^2 & E(t_j^2) &= \sigma_t^2 & E(l_k^2) &= \sigma_l^2 & E(at)^2_{ij} &= \sigma_{at}^2 \\
 E(al)^2_{ik} &= \sigma_{al}^2 & E(tl)^2_{jk} &= \sigma_{tl}^2 & E(a_{zi}^2 + b_{zi}^2) &= (a_*^2 + b_*^2)_z \\
 E(c_{zk}^2 + d_{zk}^2) &= (c_*^2 + d_*^2)_z & E(e_{zik}^2 + f_{zik}^2) &= (e_*^2 + f_*^2)_z
 \end{aligned}$$

Tabela 3 - Esquema da análise de variância conjunta para o modelo de regressão até 3º componente harmônico.

CAUSAS DE VARIAÇÃO		G.L.	SOMAS DE QUADRADOS (SQ)
Anos (A)	(I - 1)		$(1/JK) [\sum y_{i..}^2] - c$
Locais (L)	(K - 1)		$(1/IJ) [\sum y_{.jk}^2] - c$
A x L	(I - 1)(K - 1)		$(1/J) [\sum_{jk} y_{i..}^2] - c - sqa - sqL$
1º CH	2		$(1/2) IJK \{ [\sum_{ij} v_{1ij} y_{.j}]^2 + [\sum_{ij} v_{1ij} y_{.j}]^2 \}$
2º CH	2		$(1/2) IJK \{ [\sum_{ij} v_{2ij} y_{.j}]^2 + [\sum_{ij} v_{2ij} y_{.j}]^2 \}$
3º CH	2		$(1/2) IJK \{ [\sum_{ij} v_{3ij} y_{.j}]^2 + [\sum_{ij} v_{3ij} y_{.j}]^2 \}$
Desvios	(J - 7)		$(1/IK) [\sum y_{.ij}^2] - c - sq \ 1º \ CH - sq \ 2º \ CH - sq \ 3º \ CH$
A x 1º CH	2(I - 1)		$[1/(1/2) JK] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{1ij} y_{ij})^2 + (\sum_{ij} v_{1ij} y_{ij})^2] - sq \ 1º \ CH$
A x 2º CH	2(I - 1)		$[1/(1/2) JK] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{2ij} y_{ij})^2 + (\sum_{ij} v_{2ij} y_{ij})^2] - sq \ 2º \ CH$
A x 3º CH	2(I - 1)		$[1/(1/2) JK] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{3ij} y_{ij})^2 + (\sum_{ij} v_{3ij} y_{ij})^2] - sq \ 3º \ CH$
A x Desvios	(J - 7)(I - 1)		$(1/K) [\sum_{ij} y_{ij}^2] - c - sq \ A \times 1º \ CH - sq \ A \times 2º \ CH - sq \ A \times 3º \ CH$
L x 1º CH	2(K - 1)		$[1/(1/2) IJ] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{1ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{1ij} y_{ijk})^2] - sq \ 1º \ CH$
L x 2º CH	2(K - 1)		$[1/(1/2) IJ] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{2ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{2ij} y_{ijk})^2] - sq \ 2º \ CH$
L x 3º CH	2(K - 1)		$[1/(1/2) IJ] \sum_{jk} [(\sum_{ij} v_{3ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{3ij} y_{ijk})^2] - sq \ 3º \ CH$
L x Desvios	(J - 7)(K - 1)		$(1/I) [\sum_{jk} y_{ijk}^2] - c - sq \ L \times 1º \ CH - sq \ L \times 2º \ CH - sq \ L \times 3º \ CH$
L x A x 1º CH	2(I - 1)(K - 1)		$[1/(1/2) J] \sum_{ik} [(\sum_{ij} v_{1ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{1ij} y_{ijk})^2] - sq \ 1º \ CH - sq \ L \times 1º \ CH - sq \ A \times 1º \ CH$
L x A x 2º CH	2(I - 1)(K - 1)		$[1/(1/2) J] \sum_{ik} [(\sum_{ij} v_{2ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{2ij} y_{ijk})^2] - sq \ 2º \ CH - sq \ L \times 2º \ CH - sq \ A \times 2º \ CH$
L x A x 3º CH	2(I - 1)(K - 1)		$[1/(1/2) J] \sum_{ik} [(\sum_{ij} v_{3ij} y_{ijk})^2 + (\sum_{ij} v_{3ij} y_{ijk})^2] - sq \ 3º \ CH - sq \ L \times 3º \ CH - sq \ A \times 3º \ CH$
L x A x Desvios	(J - 7)(I - 1)(K - 1)		S U B T R A Ç Ã O
T O T A L	IJK - 1		$\sum y_{ijk}^2 - c$

4.2.4. Testes de significância

A partir da Tabela 4 podemos esquematizar os testes estatísticos que, geralmente, são feitos através da composição de quadrados médios.

No caso dos componentes harmônicos a aplicação do teste F aproximado é feita da seguinte maneira :

$$F = \frac{QMCH_z + QM[A \times \text{Desvios}] + QM[L \times \text{Desvios}] + QM[L \times A \times CH_z]}{QM\text{Desvios} + QM[A \times CH_z] + QM[L \times CH_z] + QM[L \times A \times \text{Desvios}]}$$

sendo CH_z = componente harmônico de ordem z

Este valor é testado com o tabelado $F_\alpha (n_1; n_2)$, onde os graus de liberdade são dados pelas fórmulas de Satterthwaite ($J = 12$):

$$n_1 = \frac{[QMCH_z + QMA \times \text{Desvios} + QML \times \text{Desvios} + QML \times A \times CH_z]^2}{\frac{(QMCH_z)^2}{2} + \frac{(QMA \times \text{Desvios})^2}{5(I-1)} + \frac{(QML \times \text{Desvios})^2}{5(K-1)} + \frac{(QML \times A \times CH_z)^2}{2(I-1)(K-1)}}$$

$$n_2 = \frac{[QM\text{Desvios} + QM(A \times CH_z) + QM(L \times CH_z) + QM(L \times A \times \text{Desvios})]^2}{\frac{(QM\text{Desvios})^2}{5} + \frac{(QMA \times CH_z)^2}{2(I-1)} + \frac{(QML \times CH_z)^2}{2(K-1)} + \frac{(QML \times A \times \text{Desvios})^2}{5(I-1)(K-1)}}$$

Para os desvios de regressão o teste apropriado

é :

$$F = \frac{QM\text{Desvios} + QML \times A \times \text{Desvios}}{QML \times \text{Desvios} \times QMA \times \text{Desvios}}$$

Tabela 4 - Componentes de variância para a análise conjunta : modelo de regressão até o 3º componente harmônico.

C.V.	ESPERANÇAS DOS QUADRADOS MÉDIOS [E(QM)]			
Anos (A)	σ^2	$+ K\sigma_{at}^2$	$+ J\sigma_{al}^2$	$+ JK\sigma_a^2$
Locais (L)	σ^2	$+ I\sigma_{lt}^2$	$+ J\sigma_{al}^2$	$+ IJ\sigma_l^2$
A x L	σ^2		$J\sigma_{al}^2$	
1º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_1]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_1]/2 + K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_1]/2 + IK\sigma_t^2$	$+ IJK(\alpha_1^2 + \beta_1^2)/2$
2º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_2]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_2]/2 + K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_2]/2 + IK\sigma_t^2$	$+ IJK(\alpha_2^2 + \beta_2^2)/2$
3º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_3]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_3]/2 + K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_3]/2 + IK\sigma_t^2$	$+ IJK(\alpha_3^2 + \beta_3^2)/2$
Desvios	σ^2	$+ I\sigma_{lt}^2$	$+ K\sigma_{at}^2$	$+ IK\sigma_t^2$
A x 1º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_1]/2$	$+ K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_1]/2$	
A x 2º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_2]/2$	$+ K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_2]/2$	
A x 3º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_3]/2$	$+ K\sigma_{at}^2$	$+ JK[(a_n^2 + b_n^2)_3]/2$	
A x Desvios	σ^2	$+ K\sigma_{at}^2$		
L x 1º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_1]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_1]/2$		
L x 2º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_2]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_2]/2$		
L x 3º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_3]/2 + I\sigma_{lt}^2$	$+ IJ[(c_n^2 + d_n^2)_3]/2$		
L x Desvios	σ^2	$+ I\sigma_{lt}^2$		
L x A x 1º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_1]/2$			
L x A x 2º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_2]/2$			
L x A x 3º CH	$\sigma^2 + J[(e_n^2 + f_n^2)_3]/2$			
L x A x Desvios	σ^2			

Sendo os graus de liberdade para a obtenção do F tabelado determinados a partir das fórmulas de Satterthwaite:

$$n_1 = \frac{[QM \text{ Desvios} + QML \times A \times \text{Desvios}]^2}{\frac{(QM \text{ Desvios})^2}{5} + \frac{(QML \times A \times \text{Desvios})^2}{5(I-1)(K-1)}}$$

$$n_2 = \frac{[QML \times \text{Desvios} + QMA \times \text{Desvios}]^2}{\frac{(QML \times \text{Desvios})^2}{5(K-1)} + \frac{(QMA \times \text{Desvios})^2}{5(I-1)}}$$

Para as outras fontes de variação a aplicação dos testes foi feita de maneira idêntica.

4.2.5. Equação de regressão

Os coeficientes de regressão são obtidos como se segue :

$$\alpha_z = \frac{[\sum_j u_{zj} y_{.j.}]}{\frac{1}{2} IJK}$$

$$\beta_z = \frac{[\sum_j v_{zj} y_{.j.}]}{\frac{1}{2} IJK}$$

A equação de regressão fica:

$$\hat{Y}_j = \bar{Y} + \sum_{z=1}^h [\alpha_z u_{zj} + \beta_z v_{zj}]$$

onde $\underline{h}$ é a ordem do último componente harmônico significativo.

Os pontos extremos são obtidos de acordo com o método de Newton-Raphson para equações não lineares, conforme programa para computação eletrônica, constante no Apêndice 5.

4.3. Transformação de dados

De acordo com BLISS (1958), a transformação logaritmica de dados percentuais, provenientes de doenças contagiosas, faz com que os mesmos se aproximem da normalidade.

Segundo VAN DER PLANK (1963), a transformação direta das porcentagens determinadas não é certa e sim trabalhar com uma nova variável que seria :

$$Y = \log \frac{x}{1-x}$$

onde $x = X/200$ e $X = n^\circ$ de folhas com ferrugem.

O motivo de se dividir por $1 - x$ se prende ao fato de que, em doenças infecciosas foliares, à medida que a folha vai sendo atacada, menor se torna a área suscetível de infecção.

Pesquisas desenvolvidas através de bolsa de pesquisa concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), comprovaram a justificativa de

VAN DER PLANK. A única alteração feita foi a de somar uma constante 1 a X , em virtude da existência de muitos zeros.

4.4. Teste de Bartlett

BARTLETT (1934) definiu a estatística χ^2 , que sob a condição de homogeneidade de variâncias tem distribuição de qui-quadrado com k-1 graus de liberdade , como se segue :

$$\chi^2 = \frac{1}{C} (f_t \log_e s_p^2 - \sum f_i \log_e s_i^2)$$

onde :

k = número de quadrados médios sendo comparados

C = fator de correção = $1 + \frac{1}{3(k-1)} \cdot (\sum \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f_t})$

f_i = número de graus de liberdade associado com cada quadrado médio.

f_t = $\sum f_i$

s_i^2 = quadrado médio em cada local

$$s_p^2 = \frac{\sum f_i s_i^2}{f_t}$$

Para os locais onde as variâncias foram consideradas homogêneas, foi feita a análise conjunta.

4.5. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no Centro de Processamento de Dados da Escola Superior de Agricultura de Lavras, através dos programas HARMON (Apêndice 3), ANARMON (Apêndice 4) e MINMAX (Apêndice 5), especialmente desenvolvidos para este trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Primeiro caso - Nove locais durante três anos

Neste primeiro caso procurou-se estudar a incidência de ferrugem nos nove locais e em seguida fazer a análise conjunta para aqueles com variâncias homogêneas. No entanto como a região do Sul de Minas é a mais tradicional, principalmente em relação a produção de café que origina bebida de melhor qualidade, procurou-se fazer também uma análise para os locais a ela pertencentes (observado também o requisito de homocedasticidade).

5.1.1. Análises individuais

As médias mensais de porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro, nos anos estudados, estão no Apêndice 1.

Pela Tabela 5 podemos observar que em seis dos nove locais o 1º componente harmônico (onda anual) foi significativo enquanto que em dois locais apenas o 3º componente harmônico (onda quadrimestral) foi significativo; no local restante o 2º componente harmônico (onda semestral) foi significativo.

Um ponto que deve ser ressaltado é que o 1º componente harmônico é o grande responsável pela variação mensal na porcentagem de infecção de ferrugem do café; a não significância em alguns locais talvez se deva ao fato de termos poucos anos estudados, levando conseqüentemente a poucos graus de liberdade para a interação A x 1º CH que é de grande importância na aplicação do teste F para este componente. Uma outra explicação seria a de que há um comportamento diferente do 1º componente harmônico nos anos estudados, o que pode ser facilmente comprovado pela alta significância da interação A x 1º CH, em praticamente todos os locais, logicamente isto leva a valores altos desta interação tornando mais difícil a significância para o 1º componente harmônico. Esta interação é desdobrada no pé da Tabela 5, onde pode-se ver que em dois locais há uma maior variação em amplitude e em três

Tabela 5 - Análise de variância para porcentagem de infecção de ferrugem do café em nove localidades do Estado de Minas Gerais no período 1972/75.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	'LOCAL 1'		'LOCAL 2'		'LOCAL 3'		'LOCAL 4'		'LOCAL 5'		'LOCAL 6'		'LOCAL 7'		'LOCAL 8'		'LOCAL 9'	
	QM		QM		QM		QM		QM		QM		QM		QM		QM	
Anos (A)	2,3911**		2,8189**		0,6210**		3,5264**		1,5874**		1,3912**		1,3680**		0,7434**		1,6589**	
1ª Comp. harm. (1ª CH)	1,3645		1,8554		2,2144*		6,0124*		3,5049		3,2987*		2,6968*		1,2347+		3,7902**	
2ª Comp. harm. (2ª CH)	0,1004		0,1075		-		-		0,3735*		-		-		-		-	
3ª Comp. harm. (3ª CH)	0,0586*		0,2620*		-		-		-		-		-		-		-	
Desvios	0,0115		0,0316		0,0227		0,0633		0,0422		0,0841		0,0354		0,0269		0,0872	
A x 1ª CH	0,3681**		0,8156**		0,4376*		0,5229**		1,2883**		0,6924**		0,3761**		0,2306**		0,2070**	
A x 2ª CH	0,0569		0,0785		-		-		0,0165		-		-		-		-	
A x 3ª CH	0,0079		0,0287		-		-		-		-		-		-		-	
A x Desvios	0,0184		0,0336		0,0781		0,0275		0,0225		0,0406		0,0312		0,0111		0,0443	
r ² (Z)	98,15		96,56		95,58		95,47		96,33		89,71		94,42		91,05		90,62	
(A x Amplitude) ₁	0,1281**		1,3201**		0,2285		0,0622		0,7221**		0,9332**		0,4232**		0,2089**		0,2088**	
(A x Fase) ₁	0,2771**		0,1669*		0,4910**		0,8533**		0,7904**		0,3576**		0,3090**		0,2282**		0,2344**	

* - Significativo a 10%

* - Significativo a 5%

** - Significativo a 1%

locais a variação é maior na época de ocorrência dos pontos extremos. Nos demais locais nota-se um certo equilíbrio nesta influência.

Na Tabela 6, estão as equações de regressão relativas aos nove locais estudados com os respectivos pontos extremos, onde se verifica que o máximo de infecção se dá entre os meses de maio e julho com predominância do mês de junho e o mínimo entre os meses de novembro e janeiro com predominância do mês de dezembro, concordando com DUARTE(1974).

Um problema que pode estar mascarando a incidência da ferrugem durante o ano é a desfolha que ocorre após um ataque intenso desta doença; neste caso há o surgimento de folhas novas que logicamente não estão infectadas aparentemente, pois o período de incubação nas nossas condições varia de 35 a 45 dias, estando então a ferrugem potencialmente ativa na área mesmo não estando visível. Talvez fosse conveniente neste período estudar-se novos métodos de amostragem que a detectasse em termos potenciais.

5.1.2. Análise conjunta geral

5.1.2.1. Teste de Bartlett e análise de variância.

Antes de se proceder à análise de variância foi aplicado o teste de Bartlett. Esta aplicação foi feita tanto para QMA x Desvios como para QMA x 1º CH.

Tabela 6 - Equações de regressão para nove localidades do Estado de Minas Gerais e respectivos pontos extremos. Período 1972/75.

LOCAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO			MÁXIMO	MÍNIMO
P. Nova	$\hat{Y}_j = 2,0635 + 0,0108 u_{1j} - 0,3892 v_{1j} + 0,0977 u_{2j} - 0,0401 v_{2j} + 0,0626 u_{3j} + 0,0509 v_{3j}$			Maio	Novembro
Alfenas	$\hat{Y}_j = 1,7300 - 0,0422 u_{1j} - 0,4521 v_{1j} + 0,1083 u_{2j} + 0,0146 v_{2j} + 0,1112 u_{3j} + 0,1294 v_{3j}$			Maio	Novembro
Jacutinga	$\hat{Y}_j = 2,0741 + 0,0055 u_{1j} - 0,4960 v_{1j}$			Junho	Dezembro
S. Gotardo	$\hat{Y}_j = 2,3577 - 0,0840 u_{1j} - 0,8130 v_{1j}$			Maio	Novembro
S.A. Amparo	$\hat{Y}_j = 2,4260 + 0,3057 u_{1j} - 0,5440 v_{1j} + 0,1279 u_{2j} + 0,1585 v_{2j}$			Julho	Janeiro
T. Pontas	$\hat{Y}_j = 2,2538 + 0,2973 u_{1j} - 0,5275 v_{1j}$			Junho	Dezembro
S.S. Paraíso	$\hat{Y}_j = 2,0458 + 0,1957 u_{1j} - 0,5112 v_{1j}$			Junho	Dezembro
Machado	$\hat{Y}_j = 2,3172 + 0,1109 u_{1j} - 0,3534 v_{1j}$			Junho	Dezembro
Nepomuceno	$\hat{Y}_j = 2,4658 + 0,0484 u_{1j} - 0,6471 v_{1j}$			Junho	Dezembro

$$u_{zj} = \cos (30^\circ - z \cdot j)$$

$$v_{zj} = \sin (30^\circ - z \cdot j)$$

A homogeneidade de variâncias foi conseguida com a retirada dos locais 8 e 9, quando então obtivemos :

a) para QMA x 1º CH

$$\chi^2 = 2,48 \text{ n.s.} \qquad \chi^2_{0,05}(6) = 12,59$$

b) para QMA x Desvios

$$\chi^2 = 13,39 \text{ n.s.} \qquad \chi^2_{0,01}(6) = 16,81$$

Com a retirada destes dois locais a proporção entre variâncias ficou sendo de 3,5:1 no 1º caso e de 4,2:1 no 2º caso, o que está dentro das especificações de BOX (1954).

Feita esta verificação foi feita a análise conjunta para os sete locais a qual pode ser vista na Tabela 7, mostrando que :

- Os três primeiros componentes harmônicos foram significativos, sendo responsáveis por, respectivamente 93,04; 3,39 e 3,19% da variação mensal na incidência de ferrugem.

- Destes três componentes harmônicos, apenas o primeiro (onda anual) tem seu comportamento variável nos anos e locais estudados.

- A incidência de ferrugem variou significativamente nos anos e locais estudados.

TABELA 7 - Análise harmônica conjunta para sete localidades do
Estado de Minas Gerais no período 1972/75.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	Q.M.	F
Anos (A)	2	10,4410	17,49**
Locais (L)	6	1,9751	3,58*
A x L	12	0,5438	19,56**
1º CH	2	18,5266	5,55*
2º CH	2	0,6747	4,93**
3º CH	2	0,6356	9,19**
Desvios	5	0,0299	0,83
A x 1º CH	4	2,9393	9,42**
A x 2º CH	4	0,0476	0,72
A x 3º CH	4	0,0020	0,30
A x Desvios	10	0,0546	1,96
L x 1º CH	12	0,4034	1,56
L x 2º CH	12	0,0561	1,27
L x 3º CH	12	0,0218	0,85
L x Desvios	30	0,0153	0,55
L x A x 1º CH	24	0,2603	9,36**
L x A x 2º CH	24	0,0508	1,83*
L x A x 3º CH	24	0,0433	1,56
L x A x Desvios	60	0,0278	
T O T A L	251		

$$r^2 = 99,62\%$$

5.1.2.2. Equação de regressão

A equação de regressão que representa a incidência de ferrugem do cafeeiro no Estado de Minas Gerais é:

$$\hat{Y}_j = 2,1359 + 0,0984 \cos(30.j) - 0,5333 \sin(30.j) + \\ + 0,1012 \cos(60.j) + 0,0217 \sin(60.j) + \\ + 0,0684 \cos(90.j) + 0,0736 \sin(90.j)$$

Mínimo de infecção para $j = 2,9$ (novembro)

Máximo de infecção para $j = 8,7$ (maio)

Esta equação foi obtida com os dados transformados, sendo que as estimativas obtidas através dela teriam que sofrer uma nova transformação para voltar aos dados originais. Por este motivo é que procurou-se apresentar a equação já em relação aos dados originais:

$$\hat{Y}'_j = 18,4646 + 1,8853 \cos(30.j) - 13,6037 \sin(30.j) - \\ - 0,0899 \cos(60.j) + 0,7681 \sin(60.j) + \\ + 2,0922 \cos(90.j) + 1,4086 \sin(90.j)$$

Mínimo de infecção para $j = 2,8$ (novembro)

Máximo de infecção para $j = 8,6$ (maio)

a qual nos leva às mesmas conclusões que a anterior. Sua representação gráfica é apresentada na Figura 2.

Deve ser ressaltado neste caso, que a representação gráfica, obtida a partir da equação referente aos dados transformados é praticamente a mesma que a apresentada na Figura 2

Figura 2 - Representação gráfica da incidência de ferrugem do cafeeiro no Estado de Minas Gerais. Período 1972/75.

Na Tabela 8 estão as médias mensais, observadas e estimadas, da porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro no Estado de Minas Gerais.

Tabela 8 - Incidência média mensal de ferrugem (%), observada e estimada, no Estado de Minas Gerais no período 1972/75.

j	MÊS	$\bar{Y}_j$	$\hat{\bar{Y}}_j$
0	set.	23,93	22,35
1	out.	14,46	15,32
2	nov.	5,84	6,24
3	dez.	4,76	3,54
4	jan.	6,23	7,21
5	fev.	10,79	10,73
6	mar.	15,03	14,40
7	abr.	22,29	22,84
8	maio	32,10	32,10
9	jun.	33,78	33,57
10	jul.	28,83	28,48
11	ago.	23,53	24,78

5.1.3. Análise conjunta - Sul de Minas

5.1.3.1. Teste de Bartlett e análise de variância

A homogeneidade de variâncias neste caso foi obtida com a retirada da localidade Machado ($\chi^2 = 0,72$ para A x 19 CH e $\chi^2 = 4,25$ para A x Desvios).

A análise conjunta realizada com quatro locais (São Sebastião do Paraíso, Jacutinga, Três Pontas e Alfenas), está esquematizada na Tabela 9.

Os resultados, muito semelhantes aos anteriores (Tabela 8), nos mostram que:

- Os três primeiros componentes harmônicos foram responsáveis por, respectivamente, 92,94; 3,27 e 3,34% da variação mensal na incidência de ferrugem.

- O primeiro componente harmônico (onda anual) teve um comportamento variável nos anos estudados..

- A incidência da ferrugem variou significativamente nos anos e locais estudados.

5.1.3.2. Equação de regressão

A equação de regressão, obtida em relação aos dados originais, que representa a incidência de ferrugem do cafeeiro no Sul do Estado de Minas Gerais é:

Tabela 9 - Análise harmônica conjunta para o Sul do Estado de Minas Gerais. Período 1972/75.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	Q.M.	F
Anos (A)	2	4,7964	8,85**
Locais (L)	3	1,7061	3,52*
A x L	6	0,4676	28,69**
1º CH	2	9,3493	4,44 ⁺
2º CH	2	0,3292	2,58
3º CH	2	0,3356	4,83**
Desvios	5	0,0179	0,35
A x 1º CH	4	1,8889	8,64**
A x 2º CH	4	0,1267	0,92
A x 3º CH	4	0,0278	0,34
A x Desvios	10	0,0761	4,67**
L x 1º CH	6	0,2387	1,54
L x 2º CH	6	0,0350	0,51
L x 3º CH	6	0,0387	0,73
L x Desvios	15	0,0210	1,29
L x A x 1º CH	12	0,1443	8,85**
L x A x 2º CH	12	0,0789	4,84**
L x A x 3º CH	12	0,0539	3,31**
L x A x Desvios	30	0,0163	
T O T A L	143		

+ Significativo a 10%

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

$$r^2 = 99,55\%$$

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 14,8241 + 2,6234 \cos(30.j) - 12,1097 \sin(30.j) - \\ & - 0,1422 \cos(60.j) - 0,1060 \sin(60.j) + \\ & + 1,9746 \cos(90.j) + 1,2502 \sin(90.j)\end{aligned}$$

Mínimo de infecção para $j = 2,7$ (mês de novembro)

Máximo de infecção para $j = 8,8$ (mês de maio)

Na Figura 3, temos a representação gráfica desta incidência.

Figura 3 - Representação gráfica da incidência de ferrugem do cafeeiro no Sul do Estado de Minas Gerais. Período 1972/75.

Na Tabela 10, estão as médias mensais, observadas e estimadas, da porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro no Sul do Estado de Minas Gerais.

Tabela 10 - Incidência média mensal de ferrugem (%), observada e estimada, no Sul do Estado de Minas Gerais, no período 1972/75.

J	MÊS	$\bar{Y}_j$	$\hat{\bar{Y}}_j$
0	set.	20,16	19,28
1	out.	11,63	12,13
2	nov.	3,23	3,65
3	dez.	2,75	1,61
4	jan.	4,13	5,16
5	fev.	7,96	7,77
6	mar.	10,75	10,08
7	abr.	16,32	17,19
8	maio	26,39	25,95
9	jun.	28,36	28,33
10	jul.	24,84	24,81
11	ago.	21,38	21,92

5.2. Segundo caso - Três locais durante seis anos

Nas localidades de Ponte Nova, Jacutinga e Alfenas o estudo se prolongou por mais três anos a fim de que o efeito de época fosse melhor investigado.

5.2.1. Análises individuais

As médias mensais de porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro, nos anos estudados, estão no Apêndice 2.

Pela Tabela 11, podemos ver que o 1º componente harmônico (onda anual), é o responsável pela variação mensal na incidência de ferrugem do cafeeiro. Isto já estava bem evidenciado quando se estudou esta incidência por apenas três anos e com o aumento do número de anos foi apenas ratificado.

A interação $A \times 1^\circ CH$, altamente significativa, mostrou que este efeito do 1º componente harmônico é diferente nos anos estudados, o que entretanto não impediu de se tirar conclusões gerais sobre a incidência da ferrugem. Fazendo-se um estudo ano a ano verificou-se que o 1º componente harmônico só foi realmente significativo no período 1973/1976 o que logicamente provocou a significância para a interação $A \times 1^\circ CH$. No pé da tabela 11 podemos ver que de ano para ano houve uma maior variação na amplitude, em relação à época de ocorrência dos pontos extremos.

Na tabela 12, estão as equações de regressão relativas aos três locais estudados, com os respectivos pontos extremos.

Tabela 11 - Análise de variância para porcentagem de infecção de ferrugem do café em três localidades do Estado de Minas Gerais no período 1972/78.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	LOCAL 1	LOCAL 2	LOCAL 3
		QM	QM	QM
Anos (A)	5	0,9780**	1,0430**	0,9352**
1º Comp. Harm. (1º CH)	2	6,3275*	4,6094*	5,1158*
Desvios	9	0,0744	0,0501	0,0368
A x 1º CH	10	0,6826**	0,9768**	0,2724**
A x Desvios	45	0,0478	0,0856	0,0526
r^2 (%)		94,97	95,34	96,86
A x Amplitude	5	1,7371**	3,3462**	1,2144**
A x Fase	5	1,1844**	1,5639**	0,8417**

Tabela 12 - Equações de regressão para três localidades do Estado de Minas Gerais e respectivos pontos extremos. Período 1972/78.

LOCAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	MÁXIMO	MÍNIMO
Ponte Nova	$\hat{Y}_j = 2,0715 - 0,1907u_{1j} - 0,5614v_{1j}$	maio	novembro
Alfenas	$\hat{Y}_j = 1,6880 - 0,0445u_{1j} - 0,5041v_{1j}$	maio	novembro
Jacutinga	$\hat{Y}_j = 1,8649 + 0,1054u_{1j} - 0,5226v_{1j}$	junho	dezembro

5.2.2. Análise conjunta

5.2.2.1. Teste de Bartlett e análise de variância

Pela aplicação do Teste de Bartlett, verificou-se que as variâncias eram homogêneas ($\chi^2 = 1,39$ para A x 1ª CH e $\chi^2 = 1,20$ para A x Desvio) e então procedeu-se à análise de variância para os três locais, a qual pode ser vista na Tabela 13.

Tabela 13 - Análise harmônica conjunta para três localidades do Estado de Minas Gerais. Período 1972/78.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	Q.M.	F
Anos (A)	5	1,7627	2,70
Locais (L)	2	2,6526	4,26*
A x L	10	0,5968	10,95**
1ª CH	2	15,2328	10,62**
Desvios	9	0,0850	1,21
A x 1ª CH	10	0,9419	1,74
A x Desvios	45	0,0769	1,41
L x 1ª CH	4	0,4100	0,87
L x Desvios	18	0,0382	0,70
L x A x 1ª CH	20	0,4950	9,08*
L x A x Desvios	90	0,0545	
T O T A L	215		

$$r^2 = 97,55\%$$

Apenas o 1º componente harmônico foi significativo, sendo responsável por 97,55% da variação na incidência da ferrugem do cafeeiro.

Um aspecto importante a salientar é que, a incidência de ferrugem não variou significativamente nos anos estudados e também que o comportamento do 1º componente harmônico foi praticamente o mesmo nos anos estudados, o que não aconteceu nos casos anteriores. Isto se deve, provavelmente, ao fato da análise ter sido realizada com maior número de anos.

5.2.2.2. Equação de regressão

A equação de regressão neste caso é representada por:

$$\hat{Y}_j = 1,8748 - 0,0433 u_{1j} - 0,5294 v_{1j}$$

a qual apresenta um máximo para $j = 8,8$ (maio) e um mínimo para $j = 2,8$ (novembro).

Em relação aos dados originais a equação passa a ser:

$$\hat{Y}'_j = 11,7232 - 0,5821 u_{1j} - 11,2523 v_{1j}$$

a qual está representada graficamente na Figura 4, os pontos extremos são os mesmos da equação com os dados transformados.

Na Tabela 14, estão as médias mensais, observadas e estimadas, da porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro nos anos estudados.

Figura 4 - Representação gráfica da incidência da ferrugem do
cafeeiro no Estado de Minas Gerais. Período 1972/
78.

Tabela 14 - Incidência média mensal de ferrugem (%), observada e estimada, no Estado de Minas Gerais. Período 1972/78.

j	MÊS	$\bar{Y}_j$	$\hat{\bar{Y}}_j$
0	set.	8,45	11,14
1	out.	5,02	5,59
2	nov.	1,72	1,69
3	dez.	1,84	0,47
4	jan.	4,75	2,27
5	fev.	6,88	6,60
6	mar.	8,61	12,31
7	abr.	15,43	17,85
8	maio	25,06	21,76
9	jun.	23,96	22,98
10	jul.	22,02	21,18
11	ago.	16,94	16,85

6. CONCLUSÕES

A partir das análises efetuadas no presente trabalho pode se chegar às seguintes conclusões:

6.1. Análises individuais

- O 1º componente harmônico (onda anual) é o principal responsável pela variação mensal na porcentagem de infecção de ferrugem do cafeeiro. Esta afirmativa se evidencia quando o número de anos estudados é maior.

- O máximo de infecção de ferrugem se dá predominantemente no mês de junho e o mínimo em dezembro.

6.2. Análises conjuntas

- Estudando-se a incidência da ferrugem em sete localidades do Estado de Minas Gerais, durante três anos, chegou-se à seguinte equação:

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 18,4646 + 1,8853 \cos(30.j) - 13,6027 \sin(30.j) - \\ & - 0,0899 \cos(60.j) + 0,7681 \sin(60.j) + \\ & + 2,0922 \cos(90.j) + 1,4086 \sin(90.j)\end{aligned}$$

onde os três primeiros componentes harmônicos foram responsáveis por, respectivamente 93,04, 3,39 e 3,19% da variação mensal nesta incidência.

- Estudando-se a incidência da ferrugem em quatro localidades do Sul de Minas, durante três anos, chegou-se à equação:

$$\begin{aligned}\hat{Y}_j = & 14,8241 + 2,6234 \cos(30.j) - 12,1097 \sin(30.j) - \\ & - 0,1422 \cos(60.j) - 0,1060 \sin(60.j) + \\ & + 1,9746 \cos(90.j) + 1,2502 \sin(90.j)\end{aligned}$$

onde os três primeiros componentes harmônicos foram responsáveis por, respectivamente, 92,94, 3,27 e 3,34% da variação mensal nessa incidência.

- Estudando-se a incidência da ferrugem em três localidades do Estado de Minas Gerais, durante seis anos, chegou-se à equação:

$$\hat{Y}_j = 11,7232 - 0,5821 \cos(30.j) - 11,2523 \sin(30.j)$$

sendo este primeiro componente harmônico responsável por 97,55% da variação na incidência da ferrugem do cafeeiro.

- Em todos os três casos, o máximo de infecção de ferrugem se dá no mês de maio e o mínimo no mês de novembro.

- O 1º componente harmônico é o principal responsável pela variação mensal na incidência de ferrugem do cafeeiro, fato que também se evidencia quando o número de anos estudados é maior.

7. LITERATURA CITADA

AMARAL, E., 1968. Análise Harmônica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 3:7-43. (Boletim Técnico nº 56 do IEEAS).

ANDERSON, T.W., 1971. The Statistical Analysis of Time Series. New York. John Wiley and Sons. 704 p.

BARTLETT, M.S., 1934. The Problem in Statistics of Testing Several Variances. Proc. Camb. Phil. Soc., 30:164-173.

BLISS, C.I., 1958. Periodic Regression in Biology and Climatology. Bol. 615, Connecticut Agr. Exp. Station. New Haven.

BOX, G.E.P., 1954. Some Theorems on Quadratic Forms Applied in the Study of Analysis of Variance Problems. Ann. Math. Stat. Baltimore, 25:290-302.

BROOKS, C.E.P. e N. CARRUTHERS, 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology. Her Majesty's Stationery Office. London, 412 p.

CAIXETA, G.Z.T., 1978. Importância sócio-econômica da cafeicultura em Minas Gerais. Inf. Agropec. Belo Horizonte, 4: 3-5.

CHALFOUN, S.M., 1980. Importância da Chuva e da Temperatura do Ar na Incidência da Ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br) em Cafeeiros, de Três Localidades do Estado de Minas Gerais. Lavras, 50 p. (Dissertação de Mestrado).

CHAVES, G.M., 1978. O Catimor. Inf. Agropec. Belo Horizonte, 38:24-7.

COELHO, H., 1980. Emprego da Análise Harmônica a Dados de Produção de Citros (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Piracicaba, ESALQ/USP, 65 p. (Dissertação de Mestrado).

- DUARTE, G.S., 1974. Curva Epidemiológica da Ferrugem Alaranjada do Cafeeiro na Zona da Mata-M.G. Piracicaba, ESALQ/USP, 65 p. (Dissertação de Mestrado).
- PANOFSKY, H.A. e G.W. BRIER, 1958. Some Applications of Statistics to Meteorology. Pennsylvania State University Press, 224 p.
- PEREIRA, N.S. de C., 1978. Regressão Periódica Aplicada a Dados Pluviométricos Mensais do Município de Grajaú-MA. Piracicaba, ESALQ/USP, 66 p. (Dissertação de Mestrado).
- RAYNER, R.W., 1960. Rust disease of coffee. World crops. 12: 222-24.
- RAYNER, R.W., 1961. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk et Br). Ann. Appl. Biol., 49:497-505.
- VAN DER PLANK, J.E., 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press. New York.

8. APÊNDICES

Apêndice 1 - Índices de ferrugem do café expressos em porcentagem média de folhas infectadas em nove locais do Estado de Minas Gerais, período 1972/75.

ANO	LOCAL	MÊS											
		SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.
1972/73	P. Nova	21,48	22,98	16,81	18,68	18,69	25,50	23,19	26,37	34,20	34,75	25,63	16,75
	Alfenas	16,68	14,94	0,25	1,19	1,58	10,10	6,06	4,62	7,81	7,06	6,85	4,91
	Jacutinga	2,44	1,90	2,16	8,68	4,53	9,59	14,81	21,25	17,97	15,47	16,64	12,00
	S. Gotardo	27,86	13,32	2,67	1,78	7,92	32,91	49,94	61,53	83,90	71,60	54,52	46,94
	S.A. Amparo	83,06	69,34	55,72	42,00	17,00	24,59	26,56	26,53	34,19	29,68	28,88	26,50
	T. Pontas	46,25	29,62	11,60	8,47	17,84	34,44	34,12	31,78	37,62	34,81	27,81	24,50
	S.S. Paraíso	14,94	9,88	8,91	10,62	14,62	6,40	17,78	16,97	28,22	32,28	20,77	25,31
	Machado	29,38	31,84	17,31	11,82	11,34	11,96	19,11	16,54	18,69	27,60	25,68	23,54
	Nepomuceno	48,95	17,07	6,81	9,97	8,32	22,62	43,75	19,12	60,25	42,25	39,38	36,06
1973/74	P. Nova	12,06	3,67	0,68	1,06	3,19	12,88	13,00	21,38	20,32	21,94	14,12	13,44
	Alfenas	3,00	3,64	0,06	0,10	2,94	11,00	13,16	44,62	65,37	58,60	37,80	18,72
	Jacutinga	12,25	7,10	2,09	1,72	3,50	13,81	13,50	28,12	50,66	49,66	47,12	50,03
	S. Gotardo	32,12	11,62	2,00	2,69	13,06	28,90	49,18	70,90	82,73	78,88	47,46	26,91
	S.A. Amparo	21,60	10,06	1,53	0,22	1,08	4,44	16,97	45,94	58,16	63,60	49,84	47,69
	T. Pontas	23,94	12,82	4,22	0,72	0,34	2,90	8,72	13,10	48,38	60,28	69,34	51,95
	S.S. Paraíso	18,97	8,29	0,88	0,44	2,53	4,47	15,28	15,02	37,03	45,06	29,50	40,19
	Machado	24,68	17,16	6,68	6,88	6,77	12,82	24,68	45,90	60,40	59,06	32,48	27,94
	Nepomuceno	30,75	22,38	6,44	5,44	15,29	39,00	48,00	53,00	65,81	77,62	63,19	54,67
1974/75	P. Nova	11,83	3,94	0,00	0,00	0,06	0,44	2,34	4,12	4,75	9,25	15,34	11,31
	Alfenas	3,37	1,10	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,53	1,32	1,10	0,78	0,54
	Jacutinga	32,73	19,62	2,00	0,66	0,82	1,94	3,72	9,96	6,88	13,28	12,28	4,75
	S. Gotardo	9,00	3,50	0,75	0,06	0,06	0,47	2,38	1,68	9,75	19,04	27,94	23,19
	S.A. Amparo	41,60	25,75	3,72	0,44	0,28	0,94	3,16	13,90	29,40	40,34	43,56	24,84
	T. Pontas	42,13	24,84	5,50	0,33	0,62	0,38	1,25	7,73	11,12	10,88	12,18	15,03
	S.S. Paraíso	25,19	5,75	1,16	0,06	0,18	0,44	0,44	2,12	4,28	11,88	16,97	8,62
	Machado	21,03	10,53	5,32	2,16	2,84	4,66	4,78	11,12	13,03	12,78	17,94	19,61
	Nepomuceno	22,69	7,38	0,25	0,44	3,50	0,38	8,31	13,96	23,12	29,62	36,62	43,72

Apêndice 2 - Índices de ferrugem do café expressos em porcentagem média de folhas infectadas em três locais do Estado de Minas Gerais, período 1975/78.

ANO	MÊS LOCAL	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.
1975/76	P. Nova	3,75	0,00	0,00	0,75	4,50	6,12	15,67	28,75	55,38	48,25	29,38	20,42
	Alfenas	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	5,50	12,50	24,69	24,31	22,56
	Jacutinga	2,00	0,88	0,38	0,12	0,62	1,12	2,54	8,88	17,75	19,56	16,88	20,00
1976/77	P. Nova	0,38	0,88	6,50	8,92	26,25	18,88	18,75	17,25	18,50	18,62	10,62	6,12
	Alfenas	8,33	2,44	3,81	3,62	5,38	3,75	3,81	4,75	9,29	6,44	4,62	2,25
	Jacutinga	7,88	9,50	2,25	3,31	4,44	8,06	8,31	10,75	13,75	25,44	35,38	34,19
1977/78	P. Nova	2,62	0,00	0,00	0,00	2,00	9,38	16,75	25,50	64,88	49,38	76,12	43,75
	Alfenas	0,12	1,50	0,12	0,38	4,19	19,00	19,50	42,81	51,04	19,62	8,00	7,19
	Jacutinga	20,88	5,06	0,88	0,38	0,69	0,94	1,12	1,94	8,04	10,94	13,88	14,88

Apêndice 3 - Programa HARMON. Realiza a análise harmônica para cada local nos diversos anos estudados.

```

FJRTRAN IV-PLUS V02-51      14:02:45      03-NOV-81      PAGE 1
HARMON.FTN      /CK/TR:ALL/WR

0001      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
0002      BYTE TIT(30)
0003      REAL*8 Q(8,12), LB(12), LD(8)
0004      COMMON/PR/ PP(6),QQ(6),APP(6),AQQ(6),S1,S2,S3,NA
0005      DATA Z/0.000/, FNM/12.000/
0006      1 READ(1,2,END=1000) TIT
0007      2 FORMAT( 80A1 )
0008      READ(1,*,END=1000) NA, NV
0009      WRITE(2,3) TIT
0010      3 FORMAT(1H1,/,10X,80A1,/,3X,'* DADOS *',/1X,'ANO\MES',/3X,'SET',5X,
1'OUT',5X,'NGV',5X,'DEZ',5X,'JAN',5X,'FEV',5X,'MAR',5X,'ABR',5X,
2'MAI',5X,'JUN',5X,'JUL',5X,'AGO' )
0011      DO 4 I = 1,12
0012          IF( I .LE. 8 ) LD(I) = Z
0013          IF( I .GT. 6 ) GO TO 4
0014              PP(I) = Z
0015              QQ(I) = Z
0016              AQQ(I) = Z
0017              APP(I) = Z
0018      4 LB(I) = Z
0019      SQT = Z
0020      SQA = Z
0021      SS = Z
0022      DO 10 I = 1,NA
0023          READ(1,*) ( Q(I,J), J = 1,12 )
0024          DO 5 J = 1,12
0025              A = Q(I,J)
0026              SS = SS + A
0027              LB(J) = LB(J) + A
0028              SQT = SQT + 4*A
0029      5 LD(I) = LD(I) + A
0030          SQA = SQA + LD(I)**2
0031          WRITE(2,6) I, ( Q(I,J), J = 1,12 ), LD(I)
0032      6 FORMAT(1X,I2,12F8.2,' \ ',F10.2 )
0033      10 CONTINUE
0034      SQM = Z
0035      DO 11 I = 1,12
0036      11 SQM = SQM + LB(I)**2
0037      FNA = DFLOAT( NA )
0038      C = SS*SS/(FNA*FNM)
0039      WRITE(2,12) LB, SS
0040      12 FORMAT(1X,99(' '),'+',11(' '),/3X,12F8.2,' \ ',F10.2 )
0041      WRITE(2,13)
0042      13 FORMAT(/,10X,'QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA',/1X,'C.V.',12X,
1'G.L.',7X,'S.Q.',14X,'Q.M.',13X,'F',/)
0043      S1 = SQT - C
0044      S2 = SQA / FNM - C
0045      S3 = SQM / FNA - C
0046      S4 = S1 - S2 - S3
0047      A1 = FNA - 1.000
0048      A2 = FNM - 1.000
0049      QMR = S4 / (A1*A2 )
0050      WRITE(2,15) (NA-1),S2,(S2/A1),( (S2/A1)/QMR )
0051      15 FORMAT(1X,'ANDS',12X,I3,F16.4,F18.4,F12.4 )
0052      WRITE(2,17) S3, (S3 / A2 ), ( (S3/A2) / QMR )
0053      17 FORMAT(1X,'MESES',12X,'11',F16.4,F18.4,F12.4 )

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51
HARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

14:02:45 03-NOV-81

PAGE 2

```

0054      WRITE(2,19) 11*(NA-1), S4, QMR
0055      19 FORMAT(1X,'ANOS X MESES',4X,I3,F16.4,F18.4 )
0056      WRITE(2,21) (12*NA-1), S1
0057      21 FORMAT( 1X, 65(' '),/1X,'TOTAL',10X,I4,F16.4 )
0058      A = DFLJAT( 6*NA )
0059      DO 500 I = 1,5
0060          FI1 = DFLJAT(I) * 0.5235937756 DO
0061          DO 100 J = 1,12
0062              SS = DFLJAT( J - 1 ) * FI1
0063              PP(I) = PP(I) + LB(J) * COS( SS )
0064              QQ(I) = QQ(I) + LB(J) * SIN( SS )
0065      100 CONTINUE
0066          PP(I) = PP(I)**2/A
0067          QQ(I) = QQ(I)**2/A
0068          DO 300 KK = 1,NA
0069              SS1 = Z
0070              SS2 = Z
0071              DO 200 J = 1,12
0072                  SS = DFLJAT( J - 1 ) * FI1
0073                  SS1 = SS1 + Q(KK,J) * COS( SS )
0074                  SS2 = SS2 + Q(KK,J) * SIN( SS )
0075      200 CONTINUE
0076          APP(I) = APP(I) + SS1**2
0077          AQQ(I) = AQQ(I) + SS2**2
0078      300 CONTINUE
0079          APP(I) = APP(I) / 6.0 DO = PP(I)
0080          AQQ(I) = AQQ(I) / 6.0 DO = QQ(I)
0081      500 CONTINUE
0082      DO 700 I = 1,12,2
0083          PP(6) = PP(6) + LB(I) - LB(I+1)
0084      700 CONTINUE
0085          PP(6) = PP(6)**2 / (2.000 * A )
0086          DO 300 J = 1,NA
0087              SS1 = Z
0088              DO 750 I = 1,12,2
0089                  SS1 = SS1 + J(J,I) - Q(J,I+1)
0090      750 CONTINUE
0091          APP(6) = APP(6) + SS1**2
0092      800 CONTINUE
0093          APP(6) = APP(6) / 12.000 = PP(6)
0094          WRITE(2,900)
0095      900 FORMAT(/12X,'DESCRIBAMENTO COMPLETO',/3X,'C.V.',10X,'G.L.',11X,
1'S.Q.',17X,'Q.M.',/ )
0096      K = NA - 1
0097      SS = DFLJAT( K )
0098      WRITE(2,901) K, S2, S2/SS
0099      901 FORMAT(2X,'ANOS',12X,I2,F20.4,F21.4 )
0100      WRITE(2,903) S3, S3/11.000
0101      903 FORMAT(2X,'MESES',11X,'11',F20.4,F21.4 )
0102      DO 930 I = 1,5
0103          WRITE(2,910) I, PP(I), PP(I), I, QQ(I), QQ(I)
0104      910 FORMAT(3X,'P',I1,14X,'1',F20.4,F21.4,/3X,'Q',I1,14X,'1',
1 F20.4,F21.4 )
0105      930 CONTINUE
0106      WRITE(2,931) PP(6), PP(6)
0107      931 FORMAT(3X,'P6',14X,'1',F20.4,F21.4 )

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51 14:02:45 03-NOV-81 PAGE 3
 HARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0108      DO 950 I = 1,5
0109          WRITE(2,935) I, K, APP(I), APP(I)/SS, I, K, AQQ(I), AQQ(I)/SS
0110      935  FORMAT(2X,'ANDS X P',I1,7X,I2,F20.4,F21.4,/2X,'ANDS X Q',I1,
0111          1 7X,I2,F20.4,F21.4 )
0111      950 CONTINUE
0112          WRITE(2,951) K, APP(6), APP(6)/SS
0113      951  FORMAT(2X,'ANDS X P6',7X,I2,F20.4,F21.4 )
0114          WRITE(2,955) (12*NA - 1 ), S1
0115      955  FORMAT(1X,62('-'),/1X,'TOTAL',12X,I2,F20.4 )
0116          WRITE(2,960)
0117      960  FORMAT(1H1,/12X,'* * *  QUADROS  FINAIS  * * *',/)
0118          CALL HARMON( NV )
0119          GO TO 1
0120      1000 CALL EXIT
0121          END

```

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
SCODE1	006066 1563	RW,I,CON,LCL
\$PDATA	000010 4	RW,D,CON,LCL
\$IDATA	001306 355	RW,D,CON,LCL
\$VARS	002172 573	RW,D,CON,LCL
\$TEMPS	000006 3	RW,D,CON,LCL
PR	000332 109	RW,D,OVR,GBL

TOTAL SPACE ALLOCATED = 012136 2607

OK2:[1,1]HARMON,LP:=OK2:[1,1]HARMON/TR/CK/LI:1

FORTRAN IV-PLUS V02-51 14:05:50 03-NOV-81 PAGE 1
 SUBHAR.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0001      SUBROUTINE HARMON( NV )
0002      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
0003      REAL*8 SPQ(6),SAN(6),GLPQ(6),GLAN(6),F(6),QMP(6),QMAN(6)
0004      COMMON/PR/ PP(6),QQ(6),APP(6),AQQ(6),S1,S2,S3,NA
0005      A = DFLOAT( NA - 1 )
0006      B = 2.0D0 * A
0007      DO 100 IND = 1,NV
0008          DO 10 I = 1,IND
0009              SPQ(I) = PP(I) + QQ(I)
0010              SAN(I) = APP(I) + AQQ(I)
0011              GLPQ(I) = 2.0D0
0012              GLAN(I) = B
0013              QMP(I) = SPQ(I)/GLPQ(I)
0014              QMAN(I) = SAN(I)/GLAN(I)
0015              F(I) = 2MP(I)/QMAN(I)
0016      10  CONTINUE
0017          K = IND + 1
0018          SPQ(K) = PP(6)
0019          SAN(K) = APP(6)
0020          IF( K .GT. 5 ) GO TO 21
0021          DO 20 I = K,5
0022              SPQ(K) = SPQ(K) + ( PP(I) + QQ(I) )
0023              SAN(K) = SAN(K) + ( APP(I) + AQQ(I) )
0024      20  CONTINUE
0025      21  GLPQ(K) = 11.0D0 - 2.0D0 * DFLOAT( IND )
0026          GLAN(K) = A * GLPQ(K)
0027          QMP(K) = SPQ(K)/GLPQ(K)
0028          QMAN(K) = SAN(K)/GLAN(K)
0029          F(K) = QMP(K)/QMAN(K)
0030          WRITE(2,22)
0031      22  FORMAT(/,6X,'C. V.',6X,'G.L.',11X,'S.Q.',14X,'Q.M.',15X,'F',/)
0032          WRITE(2,23) A, S2, S2/A
0033      23  FORMAT(1X,'ANDS',10X,F5.0,2F18.4 )
0034          WRITE(2,25) S2, S3/11.0D0
0035      25  FORMAT(1X,'MESES',11X,'11.',2F18.4 )
0036          DO 30 I = 1,IND
0037              WRITE(2,27) I, GLPQ(I),SPQ(I),QMP(I),F(I)
0038      27  FORMAT(1X,I1,'O. C. H.',5X,F5.0,3F18.4 )
0039      30  CONTINUE
0040          WRITE(2,31) GLPQ(K), SPQ(K),QMP(K), F(K)
0041      31  FORMAT(1X,'DESVIOS',7X,F5.0,3F18.4 )
0042          DO 40 I = 1,IND
0043              WRITE(2,35) I, GLAN(I),SAN(I),QMAN(I)
0044      35  FORMAT(1X,'ANDS X',I2,'O. CH',F6.0,2F18.4 )
0045      40  CONTINUE
0046          WRITE(2,41) GLAN(K), SAN(K), QMAN(K)
0047      41  FORMAT(1X,'ANDS X DESVIOS',F5.0,2F18.4 )
0048          WRITE(2,45) (12*NA - 1), S1
0049      45  FORMAT(1X,73('-',)/1X,'TOTAL',9X,I4,'.',F18.4 )
0050      100 CONTINUE
0051      RETURN
0052      END

```

PROGRAM SECTIONS

FORTRAN IV-PLUS V02-51
SUBHAR.FTN /CK/TR:ALL/WR

14:05:50 03-NOV-81

PAGE 2

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
\$CODE1	003206 835	RW,I,CON,LCL
\$IDATA	000442 145	RW,D,CON,LCL
\$VARS	000546 179	RW,D,CON,LCL
\$TEMPS	000002 1	RW,D,CON,LCL
PR	000332 109	RW,D,OVR,GBL

TOTAL SPACE ALLOCATED = 004752 1269

OK2:SUBHAR,LP:=OK2:SUBHAR/TR/CK/LI:1

Apêndice 4 - Programa ANARMON. Realiza a análise harmônica conjunta.

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51      10:04:23      14-OCT-81      PAGE 1
ANARMON.FTN      /CK/TR:ALL/WR

0001      SUBROUTINE IQ(NT, NM, NA)
0002      REAL*8 M(250,12)
0003      COMMON/TT/ M
0004      WRITE(2,10)
0005      10 FORMAT(3X,'ANO SETEMBRO OUTUBRO NOVEMBRO DEZEMBRO JANEIRO',
      *' FEVEREIRO MARCO ABRIL MAIO JUNHO ',
      *' JULHO AGOSTO',/)
0006      K = 1
0007      L = 1
0008      DO 100 I = 1,NT
0009      WRITE(2,50) K,L, ( M(I,J), J = 1,NM )
0010      50 FORMAT(1X,I2,'-',I2,12F10.4 )
0011      K = K + 1
0012      IF( MOD(I,NA) .NE. 0 ) GO TO 100
0013      K = 1
0014      L = L + 1
0015      WRITE(2,51)
0016      51 FORMAT(1X,'**** ',120(' ') )
0017      100 CONTINUE
0018      RETURN
0019      END

```

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
\$CODE1	000372 125	RW,I,CON,LCL
\$IDATA	000252 85	RW,D,CON,LCL
\$VARS	000010 4	RW,D,CON,LCL
\$STEMPS	000004 2	RW,D,CON,LCL
TT	056700 12000	RW,D,OVR,GBL

TOTAL SPACE ALLOCATED = 057560 12216

NO FPP INSTRUCTIONS GENERATED

FORTRAN IV-PLUS V02-S1 10:04:35 14-OCT-81
 ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

PAGE 2

```

0001      SUBROUTINE TRANSF( NT, NM )
0002      REAL*8 M(250,12) , A
0003      COMMON/TT/ M
0004      DO 100 I = 1,NM
0005          DO 50 J = 1,NM
0006              A = M(I,J)
0007              A = ( A + 1.000 ) * 0.0100
0008              A = A / ( 1.000 - A )
0009              M(I,J) = LOG10( A ) + 3.000
0010          50 CONTINUE
0011      100 CONTINUE
0012      RETURN
0013      END

```

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
\$CODE1	000306 99	RW,I,CON,LCL
\$PDATA	000010 4	RW,D,CON,LCL
\$IDATA	000010 4	RW,D,CON,LCL
\$VARS	000014 6	RW,D,CON,LCL
\$TEMPS	000006 3	RW,D,CON,LCL
TT	056700 12000	RW,D,OVR,G9L

TOTAL SPACE ALLOCATED = 057250 12116

FORTRAN IV-PLUS V02-51 10:04:40 14-OCT-81 PAGE 3
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0001      IMPLICIT REAL*8 ( A-H , O-Z )
0002      BYTE TIT(80)
0003      REAL*8 M(250,12), MESES, LOC, ANO, SV(100), SH(12), TOTF(12)
0004      COMMON/TT/ M
0005      DATA Z,SV,SH/113+0.000/
0006      - 10 READ(1,11,END=10000) TIT
0007      11 FORMAT( 80A1 )
0008      READ(1,*,END=10000) NL, NA, NM, ITR
0009      LOC = DFLOAT(NL)
0010      ANO = DFLOAT(NA)
0011      MESES = DFLOAT(NM)
0012      NT = NL*NA
0013      SQ = Z
0014      SS = Z
0015      DO 12 I = 1,NT
0016          READ(1,*,END=10000) ( M(I,J), J = 1,NM )
0017      12 CONTINUE
0018      WRITE(2,16) TIT
0019      16 FORMAT(1H1,'DADOS ORIGINAIS ** ',80A1,/)
0020      CALL IQ( NT, NM, NA )
0021      IF( ITR .EQ. 1 ) GO TO 14
0022      CALL TRANSF( NT, NM )
0023      WRITE(2,17)
0024      CALL IQ( NT, NM, NA )
0025      14 CONTINUE
0026      17 FORMAT(1H1,'DADOS TRANSFORMADOS ** ',80A1,/)
0027      DO 15 I = 1,NT
0028          DO 13 J = 1,NM
0029              A = M(I,J)
0030              SS = SS + A
0031              SQ = SQ + A*A
0032      13 CONTINUE
0033      15 CONTINUE
0034      DIV = MESES*LOC*ANO
0035      GERAL = SS/DIV
0036      C = SS*GERAL
0037      WRITE(2,1116) GERAL
0038      1116 FORMAT(/1X,'MEDIA. GERAL = ',1PD25.12 )
0039      SQT = SQ - C
0040      SQ = Z
0041      DO 20 I = 1,NT
0042          SS = Z
0043          DO 18 J = 1,NM
0044              SS = SS + M(I,J)
0045      18 CONTINUE
0046          SV(I) = SS
0047          SQ = SQ + SS*SS
0048      20 CONTINUE
0049      SQA = Z
0050      DO 30 I = 1,NA
0051          SS = Z
0052          DO 25 J = 1,NT,NA
0053              SS = SS + SV(J)
0054      25 CONTINUE
0055          SQA = SQA + SS*SS
0056      30 CONTINUE

```

FORTAN IV-PLUS V02-51
ANARHON.FTN /CK/TR:ALL/WR

10:04:40

14-OCT-81

PAGE 4

```

0057      SQA = SQA/(MESES*LOC) - C
0058      SQL = Z
0059      DO 40 I = 1,NL
0060          SS = Z
0061          K = (I-1)*NA + 1
0062          L = NA*I
0063          DO 35 J = K,L
0064              SS = SS + SV(J)
0065      35  CONTINUE
0066          SQL = SQL + SS*SS
0067      40 CONTINUE
0068      SQL = SQL/(MESES*AND) - C
0069      SQAL = SQ/MESES - C - SQA - SQL
0070      SQM = Z
0071      DO 50 I = 1,NM
0072          SS = Z
0073          DO 45 J = 1,NT
0074              SS = SS + M(J,I)
0075      45  CONTINUE
0076          TOTF(I) = SS
0077          SQM = SQM + SS*SS
0078      50 CONTINUE
0079      SQM = SQM/(LOC*AND) - C
0080      SQAM = Z
0081      DO 70 L = 1,NM
0082          DO 60 I = 1,NA
0083              SS = Z
0084              DO 55 J = I,NT,NA
0085                  SS = SS + M(J,L)
0086      55  CONTINUE
0087          SQAM = SQAM + SS*SS
0088      60 CONTINUE
0089      70 CONTINUE
0090      SQAM = SQAM/LOC - C - SQA - SQM
0091      SQLM = Z
0092      DO 95 I = 1,NM
0093          DO 90 II = 1,NL
0094              SS = Z
0095              K = (II-1)*NA + 1
0096              L = NA*II
0097              DO 85 J = K,L
0098                  SS = SS + M(J,I)
0099      85  CONTINUE
0100              SQLM = SQLM + SS*SS
0101      90  CONTINUE
0102      95 CONTINUE
0103      SQLM = SQLM/AND - C - SQL - SQM
0104      SQALM = SQT - SQA - SQL - SQM - SQAL - SQAM - SQLM
0105      KA = NA - 1
0106      KL = NL - 1
0107      KM = NM - 1
0108      WRITE(2,100)
0109      100 FORMAT(1H1,1X,'QUADRO INICIAL',//1X,' C o V o      G o L o ',21X,' S o Q o ',
0110              * 21X,' Q o M o ',/)
0110      WRITE(2,101) KA, SQA, SQA/DFLOAT(KA)
0111      101 FORMAT(1X,' ANOS',I9,1PD25.12,1PD25.12 )

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

10:04:40

14-OCT-81

PAGE 5

```

0112      WRITE(2,102) KL, SQL, SQL/DFLOAT(KL)
0113      102 FORMAT(1X,' LOCAIS',I7,1PD25.12,1PD25.12 )
0114      WRITE(2,103) KM, SQM, SQM/DFLOAT(KM)
0115      103 FORMAT(1X,' MESES',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0116      WRITE(2,104) (KA*KL), 3QAL, 3QAL/DFLOAT(KA*KL)
0117      104 FORMAT(1X,' A X L',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0118      WRITE(2,105) (KA*KM), SQAM, SQAM/DFLOAT(KA*KM)
0119      105 FORMAT(1X,' A X M',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0120      WRITE(2,106) (KL*KM), SQLM, SQLM/DFLOAT(KL*KM)
0121      106 FORMAT(1X,' L X M',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0122      WRITE(2,107) (KA*KL*KM), SQALM, SQALM/DFLOAT(KA*KL*KM)
0123      107 FORMAT(1X,' AXLXM',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0124      WRITE(2,108) (NT*NA-1), SQT
0125      108 FORMAT(1X,64(' '),/1X,' TOTAL',I8,1PD25.12 )
0126      DO 120 I = 1,NM
0127          SH(I) = Z
0128          DO 110 J = 1,NT
0129              SH(I) = SH(I) + M(J,I)
0130      110 CONTINUE
0131      120 CONTINUE
0132      A = 6.2831353071800 / MESES
0133      ANGLE = A
0134      S1 = Z
0135      S2 = Z
0136      S3 = Z
0137      S4 = Z
0138      S5 = Z
0139      S6 = Z
0140      DO 130 I = 1,NM
0141          SS = DFLOAT( I - 1 )
0142          A1 = A*SS
0143          AM1 = 2.000*A1
0144          AM2 = 3.000*A1
0145          S1 = S1 + SH(I) * COS( A1 )
0146          S2 = S2 + SH(I) * SIN( A1 )
0147          S3 = S3 + SH(I) * COS(AM1)
0148          S4 = S4 + SH(I) * SIN(AM1)
0149          S5 = S5 + SH(I) * COS(AM2)
0150          S6 = S6 + SH(I) * SIN(AM2)
0151      130 CONTINUE
0152      A1 = LOC*AND*MESES*0.500
0153      ALFA1 = S1/A1
0154      ALFA2 = S3/A1
0155      ALFA3 = S5/A1
0156      BETA1 = S2/A1
0157      BETA2 = S4/A1
0158      BETA3 = S6/A1
0159      SQA1 = S1*S1 / A1
0160      SQB1 = S2*S2 / A1
0161      SQA2 = S3*S3 / A1
0162      SQB2 = S4*S4 / A1
0163      SQA3 = S5*S5 / A1
0164      SQB3 = S6*S6 / A1
0165      SQD = SQM - SQA1 - SQB1 - SQA2 - SQB2 - SQA3 - SQB3
0166      SS1 = Z
0167      SQ1 = Z

```

```

FJRTRAN IV-PLUS V02-51      10:04:40      14-OCT-81      PAGE 6
ANARMQV.FTN      /CK/TR:ALL/WR

0168      SS2 = Z
0169      SQ2 = Z
0170      SS3 = Z
0171      SQ3 = Z
0172      DO 200 K = 1, NA
0173          DO 190 J = 1, NM
0174              SH(J) = Z
0175              DO 180 I = K, NT, NA
0176                  SH(J) = SH(J) + M(I, J)
0177      180      CONTINUE
0178      190      CONTINUE
0179          S1 = Z
0180          S2 = Z
0181          S3 = Z
0182          S4 = Z
0183          S5 = Z
0184          S6 = Z
0185      DO 195 J = 1, NM
0186          AK = A * DFLJAT( J-1 )
0187          AM1 = 2.000*AK
0188          AM2 = 3.000*AK
0189          S1 = S1 + SH(J) * COS( AK )
0190          S2 = S2 + SH(J) * SIN( AK )
0191          S3 = S3 + SH(J) * COS(AM1)
0192          S4 = S4 + SH(J) * SIN(AM1)
0193          S5 = S5 + SH(J) * COS(AM2)
0194          S6 = S6 + SH(J) * SIN(AM2)
0195      195      CONTINUE
0196          SS1 = SS1 + S1 * S1
0197          SQ1 = SQ1 + S2 * S2
0198          SS2 = SS2 + S3 * S3
0199          SQ2 = SQ2 + S4 * S4
0200          SS3 = SS3 + S5 * S5
0201          SQ3 = SQ3 + S6 * S6
0202      200      CONTINUE
0203          AK = 2.000/(MESES*LOC)
0204          SQAA1 = SS1*AK - SQA1
0205          SQAB1 = SQ1*AK - SQB1
0206          SQAA2 = SS2*AK - SQA2
0207          SQAB2 = SQ2*AK - SQB2
0208          SQAA3 = SS3*AK - SQA3
0209          SQAB3 = SQ3*AK - SQB3
0210          SQAD = SQAM - SQAA1 - SQAB1 - SQAA2 - SQAB2 - SQAA3 - SQAB3
0211          SQA1 = Z
0212          SQA2 = Z
0213          SQA3 = Z
0214          SQA4 = Z
0215          SQA5 = Z
0216          SQA6 = Z
0217      DO 300 I = 1, NL
0218          INI = (I-1)*NA + 1
0219          IFI = I*NA
0220          DO 250 J = 1, NM
0221              SH(J) = Z
0222          DO 240 L = INI, IFI
0223              SH(J) = SH(J) + M(L, J)

```

FORTRAN IV-PLUS V02-S1
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

10:04:40

14-OCT-81

PAGE 7

```

0224      240      CONTINUE
0225      250      CONTINUE
0226          S1 = Z
0227          S2 = Z
0228          S3 = Z
0229          S4 = Z
0230          S5 = Z
0231          S6 = Z
0232      DO 260 J = 1,NM
0233          AK = A*DFLOAT(J-1)
0234          AM1 = 2.000*AK
0235          AM2 = 3.000*AK
0236          S1 = S1 + SH(J)*COS(AK)
0237          S2 = S2 + SH(J)*SIN(AK)
0238          S3 = S3 + SH(J)*COS(AM1)
0239          S4 = S4 + SH(J)*SIN(AM1)
0240          S5 = S5 + SH(J)*COS(AM2)
0241          S6 = S6 + SH(J)*SIN(AM2)
0242      260      CONTINUE
0243          SQLA1 = SQLA1 + S1*S1
0244          SQLB1 = SQLB1 + S2*S2
0245          SQLA2 = SQLA2 + S3*S3
0246          SQLB2 = SQLB2 + S4*S4
0247          SQLA3 = SQLA3 + S5*S5
0248          SQLB3 = SQLB3 + S6*S6
0249      300      CONTINUE
0250          AK = 2.000/(AND*MESES)
0251          SQLA1 = SQLA1*AK - SQA1
0252          SQLB1 = SQLB1*AK - SQB1
0253          SQLA2 = SQLA2*AK - SQA2
0254          SQLB2 = SQLB2*AK - SQB2
0255          SQLA3 = SQLA3*AK - SQA3
0256          SQLB3 = SQLB3*AK - SQB3
0257          SQLD = SQLM - SQLA1 - SQLB1 - SQLA2 - SQLB2 - SQLA3 - SQLB3
0258          SQLAA1 = Z
0259          SQLAB1 = Z
0260          SQLAA2 = Z
0261          SQLAB2 = Z
0262          SQLAA3 = Z
0263          SQLAB3 = Z
0264      DO 400 I = 1,NT
0265          S1 = Z
0266          S2 = Z
0267          S3 = Z
0268          S4 = Z
0269          S5 = Z
0270          S6 = Z
0271      DO 350 J = 1,NM
0272          AK = A*DFLOAT(J-1)
0273          AM1 = 2.000*AK
0274          AM2 = 3.000*AK
0275          S1 = S1 + M(I,J)*COS(AK)
0276          S2 = S2 + M(I,J)*SIN(AK)
0277          S3 = S3 + M(I,J)*COS(AM1)
0278          S4 = S4 + M(I,J)*SIN(AM1)
0279          S5 = S5 + M(I,J)*COS(AM2)

```

FORTTRAN IV-PLUS V02-51 10:04:40 14-OCT-81 PAGE 8
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0280          S6 = S6 + M(I,J)*SIN(AM2)
0281      350      CONTINUE
0282          SQLAA1 = SQLAA1 + S1*S1
0283          SQLAB1 = SQLAB1 + S2*S2
0284          SQLAA2 = SQLAA2 + S3*S3
0285          SQLAB2 = SQLAB2 + S4*S4
0286          SQLAA3 = SQLAA3 + S5*S5
0287          SQLAB3 = SQLAB3 + S6*S6
0288      400      CONTINUE
0289          AK = 2.000 / MESES
0290          SQLAA1 = SQLAA1*AK - SQA1 - SQAA1 - SQLA1
0291          SQLAB1 = SQLAB1*AK - SQB1 - SQAB1 - SQLB1
0292          SQLAA2 = SQLAA2*AK - SQA2 - SQAA2 - SQLA2
0293          SQLAB2 = SQLAB2*AK - SQB2 - SQAB2 - SQLB2
0294          SQLAA3 = SQLAA3*AK - SQA3 - SQAA3 - SQLA3
0295          SQLAB3 = SQLAB3*AK - SQB3 - SQAB3 - SQLB3
0296          SQLAD = SQALM-SQLAA1-SQLAB1-SQLAA2-SQLAB2-SQLAA3-SQLAB3
0297          WRITE(2,700)
0298      700      FORMAT(1H1,/,1X,'QUADRO DE ANALISE',/,1X,' CAUSA          G.L.',21X,
* 'S.Q.',21X,'Q.M.',/)
0299          FA = DFLOAT(KA)
0300          FL = DFLOAT(KL)
0301          WRITE(2,701) KA, SQA, SQA/FA
0302      701      FORMAT(1X,' ANOS',I10,1PD25.12,1PD25.12 )
0303          WRITE(2,702) KL, SQL, SQL/FL
0304      702      FORMAT(1X,' LOCAIS',I8,1PD25.12,1PD25.12 )
0305          WRITE(2,703) (KA*KL), SQAL, SQAL/(FA*FL)
0306      703      FORMAT(1X,' A X L',I9,1PD25.12,1PD25.12 )
0307          WRITE(2,704) SQA1, SQA1
0308      704      FORMAT(1X,' ALFA 1',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0309          WRITE(2,705) SQB1, SQB1
0310      705      FORMAT(1X,' BETA 1',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0311          WRITE(2,706) SQA2, SQA2
0312      1706      FORMAT(1X,' ALFA 2',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0313          WRITE(2,707) SQB2, SQB2
0314      1707      FORMAT(1X,' BETA 2',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0315          WRITE(2,708) SQA3, SQA3
0316      1708      FORMAT(1X,' ALFA 3',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0317          WRITE(2,709) SQB3, SQB3
0318      1709      FORMAT(1X,' BETA 3',7X,'1',1PD25.12,1PD25.12 )
0319          WRITE(2,706) (NM-7), SQD, SQD/DFLOAT(NM-7)
0320      706      FORMAT(1X,' DESVIGS',I7,1PD25.12,1PD25.12 )
0321          WRITE(2,707) KA, SQAA1, SQAA1/FA
0322      707      FORMAT(1X,' A X ALF1',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0323          WRITE(2,708) KA, SQAB1, SQAB1/FA
0324      708      FORMAT(1X,' A X BET1',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0325          WRITE(2,709) KA, SQAA2, SQAA2/FA
0326      2709      FORMAT(1X,' A X ALF2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0327          WRITE(2,710) KA, SQAB2, SQAB2/FA
0328      2710      FORMAT(1X,' A X BET2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0329          WRITE(2,711) KA, SQAA3, SQAA3/FA
0330      2711      FORMAT(1X,' A X ALF3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0331          WRITE(2,712) KA, SQAB3, SQAB3/FA
0332      2712      FORMAT(1X,' A X BET3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0333          WRITE(2,709) KA*(NM-7), SQAD, SQAD/DFLOAT(KA*(NM-7) )
0334      709      FORMAT(1X,' ANOS X DV',I5,1PD25.12,1PD25.12 )

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51 10:04:40 14-OCT-81 PAGE 9
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0335      WRITE(2,710) KL, SQLA1, SQLA1/FL
0336      710 FORMAT(1X,' L X ALF1',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0337      WRITE(2,711) KL, SQLB1, SQLB1/FL
0338      711 FORMAT(1X,' L X BET1',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0339      WRITE(2,3712) KL, SQLA2, SQLA2/FL
0340      3712 FORMAT(1X,' L X ALF2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0341      WRITE(2,3713) KL, SQLB2, SQLB2/FL
0342      3713 FORMAT(1X,' L X BET2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0343      WRITE(2,3714) KL, SQLA3, SQLA3/FL
0344      3714 FORMAT(1X,' L X ALF3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0345      WRITE(2,3715) KL, SQLB3, SQLB3/FL
0346      3715 FORMAT(1X,' L X BET3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0347      WRITE(2,712) KL*(NM-7), SQLD, SQLD/DFLOAT(KL*(NM-7))
0348      712 FORMAT(1X,' LDC X DV',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0349      I = KA*KL
0350      A = DFLOAT(I)
0351      WRITE(2,713) I, SQLAA1, SQLAA1/A
0352      713 FORMAT(1X,' LXAXALF1',I6,1PD25.12,1PD25.12)
0353      WRITE(2,714) I, SQLAB1, SQLAB1/A
0354      714 FORMAT(1X,' LXAXBET1',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0355      WRITE(2,4715) I, SQLAA2, SQLAA2/A
0356      4715 FORMAT(1X,' LXAXALF2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0357      WRITE(2,4716) I, SQLAB2, SQLAB2/A
0358      4716 FORMAT(1X,' LXAXBET2',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0359      WRITE(2,4717) I, SQLAA3, SQLAA3/A
0360      4717 FORMAT(1X,' LXAXALF3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0361      WRITE(2,4718) I, SQLAB3, SQLAB3/A
0362      4718 FORMAT(1X,' LXAXBET3',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0363      A = A*DFLOAT(NM-7)
0364      WRITE(2,715) I*(NM-7), SQLAD, SQLAD/A
0365      715 FORMAT(1X,' LXAXDES',I6,1PD25.12,1PD25.12 )
0366      WRITE(2,716) (NT*NM-1), SQT
0367      716 FORMAT(1X,61('-'),/1X,' TOTAL ',I9,1PD25.12 )
0368      WRITE(2,7710) ALFA1, BETA1
0369      7710 FORMAT(/1X,30('-'),/1X,'ALFA1 = ',1PD25.12,10X,'BETA1 = ',
      * 1PD25.12 )
0370      WRITE(2,7711) ALFA2, BETA2, ALFA3, BETA3
0371      7711 FORMAT(1X,'ALFA2 = ',1PD25.12,10X,'BETA2 = ',1PD25.12,/1X,
      1 'ALFA3 = ',1PD25.12,10X,'BETA3 = ',1PD25.12 )
0372      WRITE(2,3000)
0373      8000 FORMAT(///1X,' J',27X,'YHJ',27X,'YJ1',27X,'YJ2',27X,'YJ3',/)
0374      DO 9000 J = 1,NM
0375          A1 = DFLOAT(J-1)*ANGLE
0376          A2 = 2.0000 * A1
0377          A3 = 3.0000 * A1
0378          TOTF(J) = TOTF(J) / (LDC*ANO)
0379          YJ1 = SERAL + ALFA1 * COS(A1) + BETA1 * SIN(A1)
0380          YJ2 = YJ1 + ALFA2 * COS(A2) + BETA2 * SIN(A2)
0381          YJ3 = YJ2 + ALFA3 * COS(A3) + BETA3 * SIN(A3)
0382          WRITE(2,8500) (J-1), TOTF(J), YJ1,YJ2,YJ3
0383      8500 FORMAT(1X,I2,4(1PD30.6) )
0384      9000 CONTINUE
0385      GO TO 10
0386      10000 CALL EXIT
0387      END

```


FORTRAN IV-PLUS V02-51
ANARMON.FTN /CK/TR:ALL/WR

10:04:40

14-OCT-81

PAGE 10

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
SCODE1	017504 4002	RW,I,CON,LCL
SPDATA	000010 4	RW,D,CON,LCL
SDATA	002636 719	RW,D,CON,LCL
SVARS	003256 855	RW,D,CON,LCL
STEMPS	000026 11	RW,D,CON,LCL
TT	056700 12000	RW,D,OVR,G3L

TOTAL SPACE ALLOCATED = 104556 17591

ANARMON,LP:=ANARMON/TR/CK/LI:1

Apêndice 5 - Programa MINIMAX. Determina os pontos extremos da equação de regressão periódica.

FORTRAN IV-PLUS V02-51 10:21:17 14-OCT-81 PAGE 1
MINMAX.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0001      SUBROUTINE JVH123( T, NH )
0002      IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
0003      REAL*8 NUM, DEN, FI(3), ALFA(3), BETA(3)
0004      COMMON/JVS/ FI, ALFA, BETA
0005      DP(T,F,A,B) = F * ( 3*COS(F*T) - A*SIN(F*T) )
0006      DS(T,F,A,B) = F*F * ( A*COS(F*T) + 3*SIN(F*T) )

      C
0007 100.    CONTINUE
0008          NUM = 0.000
0009          DEN = 0.000
0010          DO 110 I = 1,NH
0011              NUM = NUM + DP( T, FI(I), ALFA(I), BETA(I) )
0012              DEN = DEN + DS( T, FI(I), ALFA(I), BETA(I) )
0013 110      CONTINUE
0014          TN = T + NUM / DEN
0015          IF( ABS( TN - T ) ,LE. 1.0D-9 ) GO TO 200
0016          T = TN
0017          GO TO 100

      C
0018 200.    T = TN
0019          RETURN
0020          END

```

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
\$CODE1	000710 223	RW,I,CON,LCL
\$PDATA	000010 4	RW,D,CON,LCL
\$IDATA	000042 17	RW,D,CON,LCL
\$VARS	000032 13	RW,D,CON,LCL
\$TEMPS	000012 5	RW,D,CON,LCL
JVS	000110 36	RW,D,OVR,G3L

TOTAL SPACE ALLOCATED = 001136 303

```

FORTTRAN IV-PLUS V02-51          10:21:29      14-OCT-81          PAGE 2
MINMAX.FTN      /CK/TR:ALL/WR

0001      IMPLICIT REAL*8(A-H, O-Z)
0002      BYTE TITULO(79), S, CC
0003      INTEGER*4 OBJ
0004      REAL*8 FI(3), ALFA(3), BETA(3)
0005      COMMON/JVS/ FI, ALFA, BETA
0006      FUNC(T,F,A,B) = A*COS(F*T) + B*SIN(F*T)
0007      S = "7
0008      PI = 4.000 * ATAN( 1.000 )
0009      FI(1) = PI / 6.000
0010      FI(2) = PI / 3.000
0011      FI(3) = 0.500 * PI
0012      1  WRITE(1,2)
0013      2  FORMAT(1H1,/1X,79('S'),/1X,'TITULO:' )
0014      READ(1,3,END=1000) TITULO
0015      3  FORMAT( 30A1 )
0016      WRITE(1,4)
0017      4  FORMAT(/1X,'MEDIA GERAL = ',S )
0018      READ(1,*,END=1000) S
0019      WRITE(1,5)
0020      5  FORMAT(/1X,'COMPONENTE HARMONICO: ',S)
0021      READ(1,*,END=1000) NCH
0022      DO 10 I = 1,NCH
0023          WRITE(1,6) I, I
0024      6  FORMAT(/1X,'ALFA',I1,2X,' ', BETA',I1,3X,' ':',S )
0025          READ(1,*,END=1000) ALFA(I), BETA(I)
0026      10 CONTINUE
0027      C
0028      DO 100 IND = 1,NCH
0029          CC = '1'
0030          IF( IND .NE. 1 ) CC = '0'
0031      20  WRITE(2,20) CC, TITULO, IND, IND
0032          FORMAT(A1,/1X,79A1,/1X,I1,'0. HARMONICO',/9X,'T',27X,'Y',I1)
0033          DO 40 I = 1,12
0034              T = DFLOAT(I-1)
0035              Y = G
0036              DO 30 J = 1,IND
0037                  Y = Y + FUNC(T, FI(J), ALFA(J), BETA(J) )
0038      30  CONTINUE
0039      31  WRITE(2,31) INT(T), Y
0040          FORMAT(1X,I9,17X,F12.4 )
0041      32  WRITE(1,32) INT(T), Y
0042          FORMAT(1X,I2,10(' '),F12.4 )
0043      40  CONTINUE
0044      50  WRITE(1,51)
0045          FORMAT(/1X,'MINIMO OU MAXIMO: ? ',S )
0046      51  READ(1,52,END=100) OBJ
0047          FORMAT( A3 )
0048      52  WRITE(1,53) OBJ
0049          FORMAT(/1X,'ESTIMATIVA T PARA O ',A3,'IMO DA FUNCAO: ',S )
0050      53  READ(1,*,END=100) T
0051          CALL JVV123( T, IND )
0052          Y = G
0053          DO 55 J = 1,IND
0054              Y = Y + FUNC( T, FI(J), ALFA(J), BETA(J) )
0055      55  CONTINUE
0056          WRITE(2,57) T, OBJ, Y

```

FORTRAN IV-PLUS V02-51 10:21:29 14-OCT-81 PAGE 3
 MINMAX.FTN /CK/TR:ALL/WR

```

0056      57      FORMAT(/1X,F9.4,5X,A3,'IMO',6X,F12.4 )
0057      WRITE(1,58) S, T, Q3J, Y
0058      58      FORMAT(1X,A1,F8.4,5X,A3,'IMO',6X,F12.4 )
0059      GO TO 50
0060      100      CONTINUE
0061      GO TO 1
0062      1000     STOP '% F I M .'
0063      END

```

PROGRAM SECTIONS

NAME	SIZE	ATTRIBUTES
\$CODE1	002412 645	RW,I,CON,LCL
\$PDATA	000012 5	RW,D,CON,LCL
\$IDATA	000520 163	RW,D,CON,LCL
\$VARS	000176 63	RW,D,CON,LCL
\$TEMPS	000014 6	RW,D,CON,LCL
JVS	000110 36	RW,D,OVR,G3L

TOTAL SPACE ALLOCATED = 003466 923

MINMAX,LP:=MINMAX/TR/CK/LI:1