

**GIVANILDO DE GOIS**

**CARACTERIZAÇÃO DA SECA E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO  
DA CULTURA DO MILHO PARA AS DIFERENTES REGIÕES DO  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia Agrícola, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G616c  
2005

Gois, Givanildo de, 1971-

Caracterização da seca e seus efeitos na produção da cultura do milho para as diferentes regiões do Estado de Minas Gerais / Givanildo de Gois. – Viçosa : UFV, 2005. xxi, 116f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Cláudio Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 72-79.

1. Precipitação (Meteorologia) - Minas Gerais - Estatísticas. 2. Precipitação (Meteorologia) - Variabilidade - Minas Gerais. 3. Plantas - Efeito da seca - Minas Gerais. 4. Milho - Cultivo - Minas Gerais. 5. Milho - Produção - Minas Gerais. 6. Meteorologia agrícola. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 630.2515

**GIVANILDO DE GOIS**

**CARACTERIZAÇÃO DA SECA E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO  
DA CULTURA DO MILHO PARA AS DIFERENTES REGIÕES DO  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Meteorologia Agrícola, para obtenção do  
título de *Magister Scientiae*.**

**APROVADA: 09 de Dezembro de 2005**

---

PhD. Gilberto Chohaku Sedyama  
(Conselheiro)

---

PhD. Rubens Leite Vianello  
(Conselheiro)

---

Ds. Brauliro Gonçalves Leal

---

PhD. José Maria Nogueira da Costa

---

PhD. Luiz Cláudio Costa  
(Orientador)

## **BIOGRAFIA**

GIVANILDO DE GOIS, filho de Cícero Pereira da Silva e Josefa Maria de Gois, nasceu em 29 de maio de 1971, na cidade do Maceió – AL.

Em 1998, iniciou o Curso de Graduação em Meteorologia na Universidade Federal de Alagoas, graduando-se em maio de 2003.

Em agosto de 2003, iniciou o Curso de Pós-Graduação ao nível de Mestrado em Meteorologia Agrícola, com área de concentração em Agrometeorologia, na Universidade Federal de Viçosa, apresentando a dissertação para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em defesa pública em 09 de Dezembro de 2005.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Cícero Pereira da Silva e Josefa Maria de Gois, a minha noiva Patricia da Silva Monteiro, a minha amiga Luciene da Silva França, a tia Joana, a Sete, a

Teresinha da Silva Monteiro, a José Carlos Monteiro da Silva, a Adelaide dos Santos Balbino pelo incentivo e carinho que sempre a me dedicaram nos momentos de indecisão e fraqueza diante dos obstáculos, razões pelas quais minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos Gilson de Gois, Givanilson de Gois, Gilvaneide de Gois, Gilvânea de Gois, a minha tia Ana Maria de Gois Moraes, pelo incentivo e apoio nos momentos mais difíceis desta jornada de minha vida.

A Antonio Pereira da Silva, Valdecir Pereira da Silva, a minha avó Anália Maria da Conceição (**in memorian**) e meu tio José Olímpio Pereira da Silva (**in memorian**).

Aos meus sobrinhos Lucas Gabriel da Silva Gois, Leandro Givanilson da Silva Gois e a Stephane Ticiane de Gois, que chegaram para trazer muitas alegrias e felicidades

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus acima de tudo e todos, pela coragem e inspiração superior na minha passagem por esta vida.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado, nesta renomada Instituição de Ensino Superior.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa, em parte do Curso.

Ao professor e orientador, PhD. Luiz Cláudio Costa, pelo o apoio e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Meteorologia Agrícola, em especial aos Professores: Marcos Heil Costa, Sérgio Zolnier, José Maria, Gilberto Sedyama, Maria José Hatem Souza, e especialmente ao professor Aristides Ribeiro que durante o Curso aprendi a admirar como administrador e professor.

Ao Professor José de Lima Filho, pelo apoio e orientação no momento mais importante e crucial de minha vida.

Aos meus amigos do Curso de Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas, especialmente a Paulo Ricardo Teixeira da Silva,

Alexandre Soares dos Santos, Manoel Augusto dos Santos Filho, Cássio Nirlando Barreto pelo incentivo, apoio e companheirismo durante a minha formação acadêmica.

Aos amigos de Pós-Graduação, especialmente a José Luiz Cabral da Silva Júnior, Evaldo de Paiva Lima, José Danilo Filho, Vanda Maria Sales de Andrade, Rommel Benício Costa da Silva, Marcelo Cid de Amorim, Jael Rosignoli, Michelly Monteiro Eleutério, Dalmácio Espíndula Neto, Salomão Medeiros, Murilo Baesso, Silvia Nazaré Monteiro dos Santos, pelo incentivo e companheirismo durante o curso.

Aos amigos e parentes que me incentivaram e financeiramente o início do Curso de Pós-Graduação, Alailson Venceslau Santiago, Maria Luciana da Silva França, José Francisco de Oliveira Júnior, Ericka Voss Chagas, Geraldo Magela Damasceno e a minha tia Ana Maria de Gois Moraes, e minha irmã Gilvânea de Gois, sem os quais não teria vencido esta etapa tão importante de minha vida.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, que contribuíram de forma direta ou indireta para a minha formação acadêmica, pela idoneidade, paciência e dedicação para com os alunos do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia.

*Aquele que não luta pelo que  
quer não merece o que deseja  
Barra de Camaragibe 2006.*

## CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	xv
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1.0 – INTRODUÇÃO.....	1
2.0 – OBJETIVOS.....	4
2.1 – Objetivo Geral.....	4
2.2 – Objetivos Específicos.....	4
3.0 - REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. Definição de seca.....	5
3.2. Aplicações dos Índices de secas.....	6
3.3. Prejuízos financeiros e sociais causados pelas secas.....	9
3.4. A cultura do milho ao longo do tempo.....	11
3.5. Modelos de produtividade agrícola.....	14
4. 0 - MATERIAL E METODOS.....	16
4.1 – Caracterização e Localização da Área de Estudo.....	16
4.2 – Os dados meteorológicos.....	17
4.3 - Distribuição das estações meteorológicas em Minas Gerais.....	19
4.4 - Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI).....	20

4.4.1 - Cálculo do Índice de Anomalia de Umidade ( $Z$ ).....	22
4.4.2 – Classificação de um período de seca.....	24
4.4.3 – Determinação do Fator de Duração ( $X_i$ ).....	25
4.4.4 – Determinação do Coeficiente $C$ .....	27
4.5 - Índice de Precipitação Padronizada (SPI).....	27
4.6 - Método dos Decis (MD).....	31
4.7 – Índice de Porcentagem da Normal (IPN).....	32
4.8 – Sistema de Informações Geográficas (SIG).....	33
4.9 – Critério estatístico para avaliação do modelo resíduo da produção com o índice de seca.....	34
5.0 – Análise da evolução da produtividade das culturas do milho nas diferentes regiões do Estado.....	36
6.0 – RESULTADO E DISCUSSÃO.....	39
6.1 – Variação dos Índices de Seca nas Diferentes Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.....	39
6.1.1 – Análise das correlações entre os índices PDSI, SPI, MD e IPN nas diferentes mesorregiões do Estado de Minas Gerais.....	47
6.1.2 – Análise das ocorrências de eventos de seca detectados pelos diferentes índices nas Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.....	48
6.2 – Análise histórica das ocorrências de secas em Minas Gerais considerando o Método dos Decis.....	51
6.2.1 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Zona da Mata na Série de 1974 a 2003.....	52
6.2.2 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba na Série de 1974 a 2003.....	52
6.2.3 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas na Série de 1974 a 2003.....	53
6.2.4 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Campo das Vertentes na Série de 1974 a 2003.....	54
6.2.5 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Oeste de Minas na Série de 1974 a 2003.....	55
6.2.6 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Vale do Rio Doce na Série de 1974 a 2003.....	56

6.2.7 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Vale do Jequitinhonha na Série de 1974 a 2003.....	58
6.2.8 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte na Série de 1974 a 2003.....	59
6.2.9 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Central Mineira na Série de 1974 a 2003.....	60
6.3 – Análise da variação espacial do Método dos Decis (MD), no período de outubro a dezembro, para a série de 1974 a 2003.....	61
6.4 – Variação da produção de milho na série histórica de 1974 a 2003.....	63
6.4.1 – Avaliação do desempenho do índice de seca agrícola na cultura do milho, nas Mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte.....	65
7.0 – RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS.....	69
8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72
APÊNDICES.....	80
APÊNDICE (A).....	81
APÊNDICE (B).....	83
APÊNDICE (C).....	89
APÊNDICE (D).....	99
APÊNDICE (E).....	113

## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Percentuais da utilização do milho nos Estados Unidos, segundo o consumo humano, animal e industrial.....	12
2	Identificação das estações Meteorológicas do INMET utilizadas em Minas Gerais.....	18
3	Classificação dos períodos secos e úmidos do PDSI.....	25
4	Equações dos fatores de Duração ( $X_i$ ), para cada uma das mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	84
5	Valores da Equação 22 para o fator de duração ( $X_i$ ), para cada uma das mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	85
6	Valores de $Z_i$ , $\sum Z$ , $X_i$ , $X_{i-1}$ e $C$ , nos meses em que $\Delta X_i = 0$ , nos 23 municípios estudados inseridos nas 12 mesorregiões.....	86
6	Continuação Valores de $Z_i$ , $\sum Z$ , $X_i$ , $X_{i-1}$ e $C$ , nos meses em que $\Delta X_i = 0$ , nos 23 municípios estudados inseridos nas 12 mesorregiões.....	87
7	Valores do fator de duração ( $X_i$ ) (Equação 25) para cada mesorregião do estado de Minas Gerais.....	88
8	Classificação dos períodos secos e úmidos do SPI, segundo McKEE (1993).....	31
9	Escala de classificação do Método dos Decis (MD), GIBBS E MAHER (1967).....	32

10	Escala de classificação do Índice de Porcentagem da Normal (IPN).....	33
11	Correlações dos diferentes índices de seca, PDSI, SPI, MD e IPN, nas mesorregiões de estudo.....	48
12	Ocorrência dos eventos de seca detectados pelos os índices PDSI, SPI, MD e IPN ao longo da série de 1974 a 2003 no período de outubro a janeiro, em Minas Gerais.....	50
13	Ocorrência dos eventos de secas, detectadas pelo método dos decis ao longo da série de 1974 a 2003, nas nove mesorregião da área de estudo.....	51
14 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Zona da Mata, na série de 1974 a 2003.....	100
14 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Zona da Mata, na série de 1974 a 2003.....	52
15 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba, na série de 1974 a 2003.....	101
15 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba, na série de 1974 a 2003.....	53
16 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, na série de 1974 a 2003.....	102
16 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, na série de 1974 a 2003.....	54
17 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Campo das Vertentes, na série de 1974 a 2003.....	103
17 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Campo das Vertentes, na série de 1974 a 2003.....	55
18 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Oeste de Minas, na série de 1974 a 2003.....	104
18 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Oeste de Minas, na série de 1974 a 2003.....	56
19 (a)	Duração e intensidade das secas, na Mesorregião Vale do Rio Doce, na série de 1974 a 2003.....	106
19 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Vale do Rio Doce, na série de 1974 a 2003.....	57
20 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Vale do Jequitinhonha, na série de 1974 a 2003.....	108
20 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Vale do Jequitinhonha, na série de 1974 a 2003.....	58

21 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na série de 1974 a 2003.....	110
21 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na série de 1974 a 2003.....	59
22 (a)	Duração e intensidade das secas na Mesorregião Central Mineira, na série de 1974 a 2003.....	111
22 (b)	Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Central Mineira, na série de 1974 a 2003.....	60
23	Resultados estatísticos (EQM, EMA, d, $\sigma$ e $r^2$ ) utilizados para identificar o melhor índice de seca agrícola na Mesorregião da Zona da Mata.....	66
24	Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião Zona da Mata do estado de Minas Gerais.....	114
25	Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião do Triângulo/Alto Paranaíba do estado de Minas Gerais.....	115
26	Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte do estado de Minas Gerais.....	116

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Evolução do crescimento da produção de milho, entre 1978 a 2001 no Brasil. Fonte: Santiago 2001 – CONAB.....	13
2 (a)	Mesorregiões geográficas do Estado de Minas Gerais.....	17
2 (b)	Distribuição geográfica das estações meteorológicas utilizadas no estado de Minas Gerais.....	19
3	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Norte de Minas).....	81
4	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Vale do Jequitinhonha).....	81
5	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Vale do Mucuri).....	81
6	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Vale do Rio Doce).....	81
7	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Central Mineira).....	81
8	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Metropolitana de Belo Horizonte).....	81
9	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Zona da Mata).....	82
10	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Campo das Vertentes).....	82
11	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Sul/Sudoeste de Minas).....	82
12	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Oeste de Minas).....	82
13	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Triângulo e Alto Paranaíba).....	82

14	Diagrama de dispersão dos valores de Z acumulados durante os períodos mais secos (Nordeste de Minas).....	82
15	Esquema conceitual do modelo baseado, nas diferenças entre a produção observada e estimada pela curva de tendência tecnológica.....	37
16	Esquema conceitual do modelo resíduo da produção e índice de seca baseado nas diferenças entre a produção observada e os pontos da curva de tendência tecnológica.....	38
17 (a)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Zona da Mata no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	40
17 (b)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Vale do Jequitinhonha no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	40
17 (c)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	41
17 (d)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003....	42
17 (e)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Campo das Vertentes no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	43
17 (f)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Oeste de Minas no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	44
17 (g)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Vale do Rio Doce no período de outubro a janeiro de 1974 –	45
17 (h)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.....	46
17 (i)	Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Central Mineira no período de outubro a janeiro de 1974 a 2003.....	47
18 (a)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.....	90
18 (b)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais.....	91
18 (c)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Sul e Sudoeste do Estado de Minas Gerais.....	92
18 (d)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais.....	93
18 (e)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, DECIL e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Oeste de Minas..	94

18 (f)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Vale do Rio Doce.....	95
18 (g)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, DECIL e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Vale do Jequitinhonha.....	96
18 (h)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	97
18 (i)	Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Central Mineira.....	98
19 (a)	Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1970 a 1980.....	61
19 (b)	Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1980 a 1990.....	62
19 (c)	Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1990 a 2000.....	63
20 (a)	Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Zona da Mata, de 1974 a 2003.....	64
20 (b)	Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba, de 1974 a 2003.....	64
20 (c)	Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Metropolitana Belo Horizonte, de 1974 a 2003.....	65
21	Variação do comportamento do Método dos Decis (MD), na Mesorregião Zona da Mata, para a série de 1974 a 2003.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

TT = Tendência Tecnológica

ESRI = Environmental Systems Institute

FAO = Food and Agriculture Organization

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IPR = Índice de Preço Recebido

IMP = Instituto de Meteorologia de Portugal

IEA = Instituto de Economia Agrícola

IBGE = Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística

INMET = Instituto Nacional de Meteorologia

CONAB = Companhia Nacional de Abastecimento

$ET_r$  = Evapotranspiração real

$ET_m$  = Evapotranspiração máxima

$R^2$  = Coeficiente de determinação

$r$  = Coeficiente de correlação

$EQM$  = Erro quadrado médio

$O_i$  = Valores observados (índice de seca)

$P_i$  = Valores estimados (resíduo)

$EMA$  = Erro médio absoluto

$O_t$  = Valores observados (índice de seca)

$P_i$  = Valores estimados (resíduo da produção)

$\sigma$  = Desvio padrão

$d$  = Índice de concordância de WILLMOTT

$O_i$  = Índice de seca

$P_i$  = Resíduo da produção

$\overline{O_i}$  = Valor médio do índice

PDSI = Índice de Severidade de seca de Palmer

SPI = Índice de Precipitação Padronizada

MD = Método dos Decis

IPN = Índice de Porcentagem da Normal

$L_s$  = Perda de água na camada superficial

$L_u$  = Perda de água na camada inferior

$S_s$  = Água armazenada no início do mês na camada superficial do solo

$S_u$  = Água armazenada no início do mês na camada inferior do solo

$ET_p$  = Evapotranspiração potencial

$P$  = Precipitação

$AWC$  = Capacidade máxima de água disponível nas duas camadas de solo

BHCM = Balanço hídrico climático mensal

$PR$  = Recarga potencial

$(S_s + S_u)$  = Quantidade de água disponível nas duas camadas de solo

$PL$  = Perda potencial de água no solo

$PL_s$  = Perda potencial de água na camada superficial do solo

$PL_u$  = Perda potencial de água na camada inferior do solo

$PRO$  = Escoamento superficial potencial

$Z$  = Índice de anomalia de umidade

$\alpha_j$  = Coeficiente de evapotranspiração potencial

$\beta_j$  = Coeficiente de recarga

$\gamma_j$  = Coeficiente de escoamento superficial

$\delta_j$  = Coeficiente de perda de água do solo

$j$  = Meses do ano

$\overline{ET_j}$  = Evapotranspiração potencial média mensal

$\overline{PE_j}$  = Precipitação média mensal

$\overline{R_j}$  = Escoamento médio mensal

$\overline{PR_j}$  = Recarga potencial média mensal

$\overline{RO_j}$  = Escoamento médio mensal

$\overline{PRO_j}$  = Evapotranspiração potencial média mensal

$\overline{L_j}$  = Perda média mensal

$\overline{PL_j}$  = Perda potencial média mensal

$P_{CAFEC}$  = Precipitação climaticamente apropriada

$def$  = Deficiência hídrica

$K_i$  = Fator de ajuste ou ponderação

$\overline{K_i}$  = Fator de ajuste ou ponderação médio

$X_i$  = Fator de duração

$Z_i$  = Índice de anomalia de umidade do mês

$f(x)$  = Função de densidade de probabilidade

$\alpha$  = Parâmetro de forma

$\beta$  = Parâmetro de escala

$x$  = Precipitação

$\Gamma(\alpha)$  = Função gama

$\bar{X}$  = Média aritmética da precipitação pluvial

$Ln$  = Logaritmo neperiano

$N$  = Número de observações.

$P_o$  = Probabilidade de ocorrências de valores nulos

$G(x)$  = Distribuição cumulativa teórica

$Q_p$  = Quantil para cada número  $p$  entre zero e um

$X_0$  = Precipitação

$p_0$  = Ordem quântica

$P$  = Porcentagem da precipitação normal (%)

$Pr p(atual)$  = Precipitação medida em um dado local ou estação

$Pr p(normal)$  = Precipitação normal do local ou estação considerada

IDW = Inverse Distance Weight

$G(x_i)$  = Peso estimado no ponto interpolado

$x_i$  = Peso do  $i$ -ésimo ponto amostrado

$d_i$  = Distância euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado ao ponto atual

$m$  = Expoente da distância euclidiana

$n$  = Número de pontos amostrais vizinhos considerados na interpolação

## RESUMO

GOIS, Givanildo de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2005.  
**Caracterização da seca e seus efeitos na produção da cultura do milho para as diferentes regiões do estado de Minas Gerais.** Orientador: Luiz Cláudio Costa.  
Conselheiros: Gilberto Chohaku Sedyama e Rubens Leite Vianello.

Dados meteorológicos de precipitação e temperatura de 23 estações fornecidas pelo 5º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), representativas de nove mesorregiões do Estado foram utilizados para a avaliação e teste do desempenho dos Índices de Precipitação Padronizada (SPI), do Índice de Palmer (PDSI) do Método dos Decis (MD) e do Índice de Porcentagem da Normal (IPN) na caracterização da seca nas diferentes regiões de Minas Gerais. Os resultados mostraram que os índices de SPI, MD e IPN apresentaram ao longo dos anos um comportamento similar enquanto que o PDSI se diferenciou dos demais em todas as regiões nos períodos analisados. Tais resultados são corroborados por outros trabalhos que mostraram semelhanças no comportamento dos índices SPI, MD e IPN em diferentes regiões do mundo (ROTONDO et al., 1999; KEYANTASH et al., 2002). A análise de correlação entre os índices PDSI, SPI, MD e IPN, para as diferentes mesorregiões do Estado, mostrou altas correlações, variando entre 0,80 e 0,89, entre os índices SPI, MD e IPN e baixas correlações entre o PDSI e os demais índices. Análises dos eventos de seca mostraram que o IPN, de acordo com a sua classificação original, foi o índice que identificou o maior número de eventos de seca em todas as

mesorregiões, enquanto o PDSI, SPI e MD apresentaram valores de ocorrência de eventos de seca bem abaixo do IPN. Os resultados obtidos no presente trabalho indicaram que o MD, por diversas características, entre as quais a sua simplicidade é adequado ao monitoramento da seca agrícola no Estado. Análise da ocorrência histórica de eventos de secas no Estado no período de 1974 a 2003 mostrou que as mesorregiões Oeste de Minas Gerais e Central Mineira, seguidas pelas mesorregiões Campo das Vertentes e Vale do Rio Doce, apresentaram as maiores ocorrências de eventos de seca severa e extrema. Enquanto, que a Zona da Mata, Sul/Sudoeste de Minas e Metropolitana de Belo Horizonte apresentaram as menores ocorrências de eventos de secas (51, 45 e 48, eventos respectivamente). O Vale do Jequitinhonha e Triângulo/Alto Paranaíba apresentaram 77 e 53 eventos de seca, respectivamente no período considerado. Quanto à duração dos períodos de seca observaram-se períodos de seca entre um e seis meses, com intensidade entre secas severas e extremas em praticamente todo o Estado. A análise da seca nas décadas de 70, 80 e 90 revelou profundas diferenças nas ocorrências de secas no Estado. Na década de 70, prevaleceu uma situação de normalidade em todo o Estado, enquanto que na década de 80 observou-se uma anormalidade na faixa Noroeste e Sul, e nas demais regiões prevaleceram uma situação próxima da normal. Na década de 90, os resultados indicaram um agravamento das secas nas mesorregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Noroeste, enquanto que na Zona da Mata e a na região Central apresentaram valores próximos da normal. A análise do potencial de utilização do índice de seca como ferramenta para caracterizar a variação na produção da cultura do milho nas diferentes regiões do Estado mostrou que dada a baixa correlação encontrada entre os índices de seca e a variação na produção da cultura do milho de ano para ano, os mesmos não podem ser utilizados como instrumento único na explicação da produção da cultura.

## ABSTRACT

GOIS, Givanildo de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, december, 2005. **Drought characterization and its effects in the production of corn culture into different regions of the state of Minas Gerais.** Adviser: Luiz Cláudio Costa. Committee members: Gilberto Chohaku Sedyama and Rubens Leite Vianello.

The meteorological data on precipitation and temperature of 23 stations given by the 5<sup>th</sup>- National District of Meteorology (INMET) and representing nine mesoregion of the State of Minas Gerais were used into the evaluation and the performance test of the Standardized Precipitation Index (SPI), the Palmer Index from the Decis Method (MD) and the Normal Percentage Index (IPN) in the characterization of draught in different regions in the state of Minas Gerais. The results showed that the SPI, MD and IPN indexes have shown throughout the years a similar behavior, while the PDSI has been different from the others in all regions and analyzed periods. These results corroborated with other works that have shown similar behavior of the SPI, MD and IPN indexes in different regions of the world. (ROTONDO et al., 1999; KEYANTASH et al., 2002). The correlation analysis of the PDSI, SPI and IPN indexes in different mesoregions of the State has shown high correlation varying from 0,80 to 0,89 among the SPI, MD and IPN indexes and low correlation between PDSI and the other indexes. Drought events analysis have shown that the IPN, according to its original rate was the index that identified the greater number of drought events in all the mesoregions, while the PSDI, SPI and MD showed events values far less than that of

the NPI. The results obtained in this work has shown that the MD, due to its many characteristics, among them its simplicity, is appropriate to the monitoring of the agricultural drought in the State. The analysis of the historical drought events in the State during the period from 1974 to 2003 showed that the West and Central Mineira mesoregions in Minas Gerais State, followed by the Campos das Vertentes and Vale do Rio Doce mesoregions showed the greater events of severe and extreme drought. While Zona da Mata, Minas Gerais South/ Southwest and Belo Horizonte Metropolitan regions showed the least drought events (51, 45 and 48 events respectively). Vale do Jequitinhonha and Triângulo/Alto Paranaíba showed 77 and 53 drought events respectively in the mentioned period. As for the drought periods duration, it was observed periods ranging from one to six months, with intensity between severe and extreme droughts in practically all the State. The drought analysis in the decades of 70, 80 and 90 has revealed deep differences in the drought events within the State. In the decade of 70, a normal situation has prevailed in the whole State, but during the decade of 80 it was observed an abnormality in the Norwest and South strips, while the rest of the regions kept a situation close to normality. In the decade of 90 the results indicated some drought aggravation in the Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce and Northeast mesoregions. As for Zona da Mata and the Central region, they presented values close to the normal ones. Analyzing the drought index usage potential as a tool to characterize the variation in the corn culture production in different regions of the State showed that, given the low correlation found between the drought indexes and the variation in the corn culture production from year to year, they cannot be used as a single tool in explaining the culture production.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a seca vem sendo considerada como a responsável por grandes prejuízos sócio-econômicos, tanto na agricultura como nas mais diversas atividades humanas, sendo a população rural a mais vulnerável a este fenômeno (DUARTE, 2001).

A seca é uma anomalia, que pode ocorrer, na maioria dos regimes climáticos, com alta ou baixa precipitação pluvial. O fenômeno da seca tem características diferentes dos demais fenômenos naturais, por exemplo: furacões, terremotos e enchentes que iniciam e terminam repentinamente, além de normalmente se restringirem a uma pequena região, ao contrário, da seca que normalmente atingem uma vasta extensão espacial e um longo período de tempo MOLINAS & LIMA, (1999) *apud* (THEIS & RENCK 2004). Além disso, as conseqüências da seca, ao longo do tempo, atingem os mais diversos continentes, independentemente do alto ou baixo grau de desenvolvimento sócio-econômico.

O Brasil é um dos países que sofre constantemente com o problema da seca, que atinge os estados da região Nordeste e parte de alguns estados da região Sul e Sudeste, prejudicando as atividades econômicas e sociais nestas regiões.

Os registros de secas no Brasil iniciam-se no século XVI, no Nordeste Brasileiro (NEB). A grande seca de 1777 matou milhares de pessoas no estado do Ceará. Um século depois a seca de 1888, conhecida como a “*Seca dos Três Oito*”, atingiu a mesma região, e foi a partir de então que se iniciou o debate sobre o problema da seca no país, que passou a ser considerada uma questão de relevância nacional pelo Governo Federal (CAMPOS et al., 2002).

Outros eventos de secas severas foram registrados nas décadas de 70, 80

e 90, no NEB. Em 1998, o NEB foi atingido por outra grande seca obrigando o Governo Federal, a iniciar um plano de combate aos efeitos da seca na região (SUDENE, 2004).

Nas regiões Sul e Sudeste, os impactos das secas têm influência direta nas atividades agrícola e pecuária desenvolvidas nessas regiões (FERREIRA et al., 2002). As secas no Sul e Sudeste do país ocorrem, normalmente durante o inverno, causando grandes prejuízos à agricultura e a economia local dos municípios (SANTOS, 1998).

Devido aos graves impactos da seca, vários estudos vêm sendo realizados em diversas partes do mundo na tentativa de se encontrar soluções que minimizem os impactos e prejuízos por ela causados. Esses estudos são de fundamental importância para se obter informações que possam caracterizar a seca quanto à severidade, a duração e a variação espacial de seus impactos, bem como estabelecer um sistema de alerta de eventos extremos, com o objetivo de amenizar os seus efeitos futuros (WHITE et al., 1993; PARRY e CARTER, 1987).

Quanto ao interesse específico e suas características para uma determinada região, a definição de seca pode ter diferentes conotações e classificações no que se refere aos seus tipos específicos: meteorológica, hidrológica, sócio-econômica e agrícola.

É importante destacar que os índices de seca têm se apresentado ao longo dos anos como uma ferramenta na caracterização de seca agrícola, mas, os diferentes índices podem fornecer diferentes respostas quanto aos impactos e à severidade da seca para uma mesma região, por apresentar diferentes exigências quanto à entrada de dados (QUIRING et al., 2003). Dessa forma, alguns estudos sobre o monitoramento de secas no Brasil foram realizados, sendo eles: XAVIER & XAVIER, (1984) utilizando as técnicas dos quantis, classificou os anos secos e chuvosos para o estado do Ceará; BARRA et al., (2002) usou o PDSI no estado do Ceará; LIMA et al., (1989) os Índices de Seca de (BHAME & MOOLEY), o PDSI e o índice de anomalia de precipitação para o estado de Alagoas; BRUNINI et al., (2000; 2001) usaram SPI para diferentes regiões no estado de São Paulo. No estado de Minas Gerais, MINUZZI, (2003) conduziu um estudo sobre a influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos veranicos.

Apesar da seca ser um fenômeno natural que ao longo dos anos traz prejuízos ao estado de Minas Gerais, não existem estudos sobre a caracterização da mesma e os seus efeitos na agricultura. Assim, pode-se verificar a importância da

determinação dos índices de seca que melhor expliquem a seca agrícola no período de cultivo, por exemplo, o milho, nas mesorregiões do estado de Minas Gerais.

A partir disso, tem se como objetivo caracterizar e quantificar os impactos da seca sobre o período de cultivo do milho, através do resíduo da produção com os diversos índices que foram desenvolvidos com base em variáveis climatológicas (precipitação e temperatura do ar) sendo utilizados para o estudo o: Índice de Severidade de Seca de Palmer – PDSI (PALMER, 1965), Índice de Precipitação Padronizada - SPI (McKEE et al., 1993 e 1995); Índice de Percentagem da Normal - IPN (WILLEKE et al., 1994) e o Método dos Decis – MD (GIBBS e MAHER, 1967).

## **2.0 - OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Avaliar a performance dos Índices: de Severidade de Seca de Palmer – PDSI, de Precipitação Padronizada – SPI, de Percentagem da Normal - IPN e do Método dos Decis – MD, nas diferentes mesorregiões do estado de Minas Gerais, com fins de se determinar o índice que melhor caracterize a seca e seus efeitos na produção agrícola do Estado.

### **2.2 – Objetivos Específicos**

- a) Testar a capacidade dos índices na caracterização da seca agrícola;
- b) Definir o índice mais adequado para a caracterização da seca nas diferentes regiões de Minas Gerais;
- c) Analisar a variação temporal da seca agrícola na cultura do milho ao longo dos anos para as diferentes mesorregiões do Estado.

## **3.0 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 - Definição de seca**

A ausência de uma definição clara e objetiva sobre a seca é uma das causas da falta de compreensão deste fenômeno, no que se refere à tomada de decisão por parte dos gestores de políticas públicas e da área agrícola. No entanto, a seca pode ser definida, de modo geral, como uma anomalia que ocorre em quase todos os regimes climáticos, afetando milhões de pessoas ao mesmo tempo (WILHITE et al. 1996). O fenômeno da seca apresenta características diferentes dos demais fenômenos meteorológicos, pois as secas normalmente atingem uma vasta extensão espacial e temporal (MOLINAS & LIMA, 1999 apud THEIS & RENCK 2004).

As secas podem ser classificadas de acordo com suas características, tais como: meteorológica, hidrológica, sócio-econômica e agrícola (CAMPOS et al., 2002; SANTOS 1998; SUDENE, 2004). A seca meteorológica é definida como uma deficiência na quantidade de precipitação em um determinado local num período de tempo. A seca hidrológica é definida como sendo a insuficiência no abastecimento de água nos lagos, reservatórios e lençóis freáticos, para atender a demanda numa determinada região. No contexto sócio-econômico, a definição de seca está relacionada aos prejuízos financeiros, sociais e ambientais causados pela ausência contínua de água em um determinado local, destacando-se os impactos e a vulnerabilidade desses locais. Porém, a seca sócio-econômica está associada à oferta e demanda dos bens econômicos juntamente com as outras formas de seca. Define-se como seca agrícola a deficiência na umidade do solo ao nível do sistema radicular da planta, impedindo ou reduzindo a produção agrícola (WILHITE et al. 1985; CAMPOS et al. 2002; SUDENE, 2004; THEIS & RENCK, 2004). Entretanto, para se definir o impacto da seca agrícola sobre

uma região, torna-se necessário considerar as características da região (solo, relevo e a topografia) e a cultura específica.

Na tentativa de quantificar e caracterizar a seca, várias metodologias vêm sendo adotadas por diversos pesquisadores, entre as quais se destacam os índices de seca, que se fundamentam nas variáveis climatológicas e métodos estatísticos visando determinar a intensidade, a duração e a frequência da sua ocorrência (BARRA, 2000). Há uma grande quantidade de índices de seca, que vem sendo amplamente utilizados em vários países, e principalmente nos Estados do NEB. Dentre os índices mais utilizados na caracterização da seca agrícola destacam-se: O PDSI (PALMER, 1965), SPI (McKEE et al. 1993 e 1995), IPN (WILLEKE et al. 1994) e o MD (GIBBS & MAHER, 1967). Todos esses índices têm sido empregados nos últimos anos, por muitos pesquisadores com o objetivo de auxiliar os agricultores e tomadores de decisão, no que se refere à avaliação temporal e espacial da seca (ALLEY, 1984, 1985; KUMAR & PANU, 1997; DAÍ et al., 1998; NKEMDIRING & WEBER, 1999), em sistemas de monitoramento de secas (LOHANI e LOGANATHAN, 1997; LOHANI et al., 1998), e previsão de produtividade das culturas (SAKAMOTO, 1978; KUMAR e PANU, 1997).

### **3.2 - Aplicações dos Índices de secas.**

PALMER (1965) desenvolveu PDSI a partir da definição de períodos secos como sendo um intervalo de tempo, de um modo geral da ordem de meses ou anos de duração, no qual o suprimento de água é menor que o climaticamente esperado, ou apropriado.

O PDSI tem sido utilizado tanto na classificação de períodos secos quanto úmidos. Porém, no decorrer dos anos, o PDSI tem sido alvo de muitas críticas, em relação aos critérios para quantificar a intensidade, o início e o fim de um período seco ou extremamente úmido, devido à especificação do fator K (fator de ponderação), considerado insuficiente em relação à fundamentação física. Sob determinadas condições, o PDSI poderá superestimar a influência da precipitação sobre o fim de um período de seca estabelecida (CHAGNON, 1980; WILHITE, 1983; ALLEY, 1984; SANTOS, 1998).

LIMA et al. (1989) utilizaram os índices PDSI de Bralme & Mooley Drought Index (BMDI) e o Índice de Anomalia de Precipitação (KATZ & GLANTZ, 1986) para estudar a seca em Alagoas. Destacando-se pela simplicidade desses índices. O BMDI pode ser considerado como uma versão simplificada do PDSI, usando inclusive a mesma escala de classificação elaborada por PALMER. Conforme, BOGARDI et al., (1994), tanto o PDSI como o BMDI são índices que expressam os resultados dos efeitos cumulativos da deficiência de umidade mensal ou anual. AZEVEDO & SILVA (1994) modificaram o BMDI e compararam com o PDSI, para a microrregião do Agreste da Borborema na Paraíba, e concluíram que os índices apresentaram resultados satisfatórios em relação ao original, *apud* BARRA (2000).

ASSIS et al. (1997) monitoraram a seca no Rio Grande do Sul, com base no PDSI, concluíram que todo o Estado está sujeito à ocorrência de secas frequentes da ordem de 30 a 40 % no período de dez anos, mas a frequência relativa de secas extremas e severas apresentava-se baixa, em termos médios de 20 a 30 %, em cem eventos extremos e entre quatro a cinco anos, em cem eventos severos. As secas moderadas ocorreram com uma frequência de um ano, em dez.

SANTOS (1998) utilizou o PDSI para caracterizar os períodos de seca em São Paulo, observando-se a ocorrência de 69 eventos de secas, com duração média das secas entre 5 a 6 meses (janeiro a junho), e períodos de retorno entre 1 a 6 anos, sendo a maioria dos eventos classificados como seca suave ou moderada.

BRUNINI et al. (2002) compararam a intensidade da seca agrícola em Tatuí e em Campinas, utilizando o SPI e o PDSI, em escala decendial e mensal, observaram um comportamento semelhante entre as escalas decendial e mensal para o PDSI. No entanto, constatou-se que a escala decendial foi capaz de identificar o início da seca agrícola mais rapidamente que a mensal. Verificou-se uma concordância entre os valores de PDSI e SPI, permitindo que a seca agrícola em uma determinada região seja melhor quantificada através da utilização conjunta dos dois índices.

ROTONDO et al. (2001) analisaram a seca na região Sul da Província de Córdoba, na Argentina, utilizando o SPI, nas escalas de tempo de três e doze meses, respectivamente. Constataram que os índices em escala maior de tempo (SPI-12), apresentam frequência de períodos secos menores, embora tenha maior duração, e na escala de tempo de três meses (SPI-3), a frequência de secas detectadas aumentou, ainda que esses períodos secos tenham mostrado um tempo menor de duração da seca, sendo

observada na escala de três meses (SPI-3), que o índice responde mais rápido ao desencadeamento das chuvas registradas em cada novo mês, influenciando mais significativamente o valor do índice neste período. Portanto, permitindo detectar secas de curta duração, cujo impacto agrícola está associado ao desenvolvimento destas culturas.

ANJOS et al. (2001) estudaram a seca na região Agreste de Pernambuco, utilizando o SPI, nas escalas de tempo de um, três e seis meses, respectivamente, entre abril de 1983 e fevereiro de 1984. Observou-se os valores do SPI menores ou iguais a -1 (seca moderada), para as escalas de tempo de seis, nove e doze meses, o período crítico se estendeu de abril de 1983 a abril de 84, tendo o (SPI-12) alcançado -2,01 (seca extrema) na região. Os autores destacaram a simplicidade do método de McKEE et al., (1995) quanto a sua aplicação em diferentes escalas de tempo, e concluíram que o SPI mostra uma maior antecipação na identificação de secas do que o PDSI.

KUMAR et al. (1989) *apud* BARRA (2000) analisaram as secas ocorridas em Fortaleza e concluíram que a utilização de índice de aridez apenas com base em dados de precipitação não são apropriados ou suficientes para caracterizar a seca. BECKER (1968), estudando a seca na NEB, utilizando os índices climáticos de Lang, Capot-Rey e Birot, concluiu que as equações baseadas apenas em totais anuais de precipitação são inadequadas para caracterizar a semi-aridez na região de estudo.

SILVA et al. (2002) analisaram as secas ocorridas em Petrolina, Campina Grande e João Pessoa, utilizando o índice de aridez de ALLEM et al. (1998). Constataram que em Petrolina apresentou um aumento significativo de umidade do ar, devido à expansão do perímetro irrigado na região do submédio Rio São Francisco. E o aumento dos períodos secos e chuvosos, relacionados à urbanização das cidades de Campina Grande e João Pessoa, devido à formação de ilhas de calor e as susceptíveis mudanças climáticas na região.

SILVA JÚNIOR et al. (2003) analisaram as características das anomalias de precipitação em Viçosa, Minas Gerais, com base no método dos quantis proposta por XAVIER & XAVIER (1987) constataram a influência do fenômeno El Niño e La Niña nos períodos chuvosos e secos na região e o aumento do regime pluviométrico em Viçosa.

### **3.3 - Prejuízos financeiros e sociais causados pelas secas.**

As previsões agrícolas para 2005, divulgadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) de Portugal, alertam para graves prejuízos econômicos na agricultura em consequência da seca que tem assolado a maior parte das regiões portuguesas. Segundo o INE, os efeitos negativos da seca não apenas se refletem de imediato, mas, irão se estender a todo o ano agrícola, com consequências diretas nas culturas irrigadas e não irrigadas. De fato, as baixas precipitações ocorridas durante todo o período de inverno em Portugal têm levado a uma situação de seca extrema em grande parte das regiões de Portugal. De acordo com INE, este quadro climático tende a se agravar no decorrer do ano e causar prejuízos nos setores agrícola e pecuário. A forte queda na produção de trigo nos últimos meses e a diminuição da produtividade de aveia em 50%, em face da safra do ano anterior, já é uma das evidências do problema da seca, além dos incêndios constantes que atinge o país, em decorrência da falta de chuvas. O Instituto de Meteorologia de Portugal (IMP), alerta para o baixo conteúdo de água no solo no final do mês de fevereiro, com valores abaixo da normal para a época. A percentagem de água armazenada nas albufeiras (lagunas) a norte do Tejo era de 44%, sendo de 63% em igual data do ano passado.

Nas Planícies Canadenses, secas severas provocaram prejuízos sócio-econômicos estimados em 5 bilhões de dólares entre 1988 e 2001 (WHEATON et al., 1992; PHILLIPS, 2002; QUIRING et al., 2003).

De acordo com AGÊNCIA PANAFRICANA DE IMPRENSA (2004), as primeiras avaliações do ano agrícola de 2004 no Arquipélago de Cabo Verde, indica quebra na safra agrícola de milho de 4 milhões de toneladas provocadas pela ocorrência de seca agrícola na região, em relação à safra de 2003 de 12 mil toneladas.

Segundo informações do OFFICE OF FOREIGN DISASTER ASSISTANCE (1990), no início da metade dos anos 80 mais de 40 milhões de pessoas foram atingidas pela seca no continente africano. Nos Estados Unidos, à seca de 1988 causou prejuízos de 40 milhões de dólares em vários Estados americanos (RIEBSAME et al. 1990 apud WILHITE 1996).

No Rio Grande do Sul, a seca agrícola de 1963 a 64 provocou perdas econômicas consideráveis na produção de soja com redução de 25% na produtividade

da cultura (MOTA et al. 1981). THEIS & RENCK (2002) afirmam que no Extremo Oeste de Santa Catarina, entre 2001 a 2002, 107 municípios registraram secas que causaram prejuízos econômicos de milhões de reais no setor agroindustrial da região.

Recentemente, no Rio Grande do Sul, a quebra na safra de feijão no mês de fevereiro de 2005, chegou a 43%, de acordo com informações da EMATER-RS. O atraso na colheita deve se estender até o fim do mês, quando se espera a ocorrência de chuvas no final do ciclo da cultura com prejuízo da qualidade dos grãos (CORREIO DO POVO, 2005).

No Paraná, a seca provocou a perda de um quarto da produção prevista para a safra 2004/05 de soja. O Estado deve colher 9,29 milhões de toneladas de grãos, abaixo das 9,54 milhões de toneladas da safra de 2001/02. Para o milho, a expectativa atual de colheita é de 6,54 milhões de toneladas na safra normal e de 2,28 milhões na safrinha, quantidades inferiores aos 9,86 milhões de toneladas registradas há três anos atrás e semelhantes às verificadas em 1998/99. De acordo com a Secretaria de Estado de Agricultura do Paraná, a quebra provocada pela estiagem chega 18,8 %, com previsão inicial de colheita de 28,2 milhões de toneladas de grãos. Serão colhidas apenas 22,9 milhões de toneladas após a seca, número pouco superior a safra de 2001/02, que foi de 22,4 milhões de toneladas. Na safra 2004/05, a colheita totalizou 25,9 milhões de toneladas e no ano anterior 30,3 milhões de toneladas. Os prejuízos financeiros em função da quebra, até o momento, são estimados em 2,33 bilhões de reais. Somente a soja responde por 66 % deste, seguido do milho 22 %. A área destinada ao plantio da soja no Estado chegou a 4 milhões de hectares. Com isso, esperava-se uma colheita de 12,4 milhões de toneladas e no caso do milho, a quebra na safra normal foi de 11,8 % e, na safrinha, de 31,34 % (VALOR ECONÔMICO, 2005).

Levantamento realizado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, sobre as perdas com a seca que afeta o Centro-Sul do país, mostra que os agricultores este ano acumularam um prejuízo total de 6 bilhões de reais, concentrados principalmente nas lavouras de soja, milho e feijão. A estimativa dos prejuízos foi realizada com dados dos Estados da Região Sul, além de São Paulo, Bahia e Goiás. Somente na Região Sul, a quebra na safra chegou a mais de 8,5 milhões de toneladas. Conseqüentemente, a expectativa é que a safra deste ano fique abaixo da projeção inicial de 130 milhões de toneladas. Caso não haja mudanças significativas no regime pluviométrico nos próximos meses, a safra agrícola não deverá atingir os 119,1 milhões

de toneladas colhidos em 2004. A situação mais crítica vem ocorrendo no Rio Grande do Sul, onde segundo os especialistas, as perdas nas safras agrícolas sejam bem maiores do que as projeções do governo, e que podem chegar a 5,1 bilhões de reais. Em algumas regiões do Estado, as perdas provocadas pela seca nas culturas do milho e da soja chegaram a mais de 80%. As chuvas que vêm ocorrendo no final de março e começo de abril, na maior parte do Centro-Sul do país, promoveram grande melhoria das condições do solo e dos reservatórios de água, mas teve pequeno impacto na agricultura, já que as plantações estão em fase final de desenvolvimento (ÚLTIMO SEGUNDO, 2004).

Segundo o levantamento do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA), a seca agrícola foi responsável pelo aquecimento dos preços dos “*commodities*” tais como a soja e o milho, em virtude das secas que castiga o Sul do País, em que vem sendo registrada a maior alta do ano do Índice de Preço Recebido (IPR) de 5,10% na terceira quadrissemana de março de 2004. Tratando-se da maior alta do índice desde a segunda quadrissemana de dezembro de 2004, o destaque foi o preço da soja (34,37%). Dos 19 produtos analisados, além da soja, nove apresentaram crescimento no preço: banana, café, cana-de-açúcar, laranja, milho, tomate, trigo, ovos e suínos. Por sua vez, seis tiveram reduções: amendoim, feijão, algodão, batata, além de aves e bovinos.

Ressalta-se que o preço do milho iniciou o mês de março de 2004 com forte recuperação e alta das cotações do produto no mercado interno, devido às estimativas de quebra de safra. Na avaliação dos pesquisadores do IEA, isto se deve a demanda na importação do produto para atender o mercado interno do país, devido ao crescimento do consumo de ração animal no país, dada ao aumento da produção de aves, suínos e bovinos daquele ano (PANORAMABRASIL, 2004).

#### **3.4 - A cultura do milho ao longo do tempo.**

De acordo com informações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o milho (*Zea mays*) originário das América, pertencente à família das gramíneas, constitui-se na mais importante planta comercial. Segundo estudos realizados por arqueólogos, é uma das culturas mais antigas do mundo, há pelo menos 5000 anos (EMBRAPA, 2004). Entretanto, após o descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor nutritivo

torna-se conhecido. Notadamente, passou a ser cultivado em escala comercial e propagou-se pelo norte da antiga União Soviética até o sul da Argentina.

Sua importância econômica é caracterizada pela diversidade na forma de utilização, que vai desde a alimentação animal até a industrialização para o consumo humano. Na realidade a utilização do milho em grão, para a alimentação animal representa a maior parcela de consumo deste cereal, ou seja, cerca de 70% da produção mundial. Nos Estados Unidos, 50,1% da produção é destinada a esse fim, enquanto no Brasil, varia de 60 a 80%, dependendo da safra colhida (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2004).

Apesar de não ter uma participação efetiva na alimentação humana, a utilização de grãos de milho constitui-se como fonte de energia essencial à manutenção de famílias de baixa renda, principalmente nas regiões semi-árido do NEB e em outros países, como no México, onde o milho é o ingrediente básico da culinária local. Nos Estados Unidos, são consumidas cerca de 180 milhões de toneladas de milho produzido por ano, distribuídas em 1,2% para a alimentação humana conforme o QUADRO – 1.

QUADRO – 1. Percentuais da utilização do milho nos Estados Unidos, segundo o consumo humano, animal e industrial.

Percentuais (%)	Consumo		
	Humano	Animal	Indústria
1,2	Alimentação Humana		
8,0	Adoçante		
50,1		Alimentação Animal	
22,6			Exportações
10,3			Estoques Finais
2,6	Amido		
0,2			Sementes
5,0			Álcool

Fonte: <http://www.ohiocom.org/usage/usage.htm>

No Brasil e no mundo, a produção de milho tem acompanhado o crescimento da produção de suínos e aves. A figura 1 mostra a evolução da produção de milho, suínos e aves desde 1978 a 2001. Constata-se que, apesar das variações na produção de milho no decorrer dos anos, há uma tendência de crescimento da produção, acompanhando o aumento da produção de frangos e suínos do país nos últimos anos.

Esse fato está estritamente relacionado à produção de milho. Pode-se, na verdade, avaliar que a produção de frangos e suínos é um subproduto do milho, devido a sua importância na alimentação desses animais. Além dos suínos e dos frangos, também faz parte da demanda por milho, a alimentação de bovinos e pequenos animais. Atualmente, a produção de ração para pequenos animais tem se caracterizado como um mercado em expansão, dado ao crescimento da demanda por alimentos de melhor qualidade para esses animais (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2004).

Dentro do cenário mundial, na evolução na produção de milho, o Brasil vem se destacando como o terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Em 2000, a produção mundial ficou em torno de 590 milhões de toneladas, enquanto que o Brasil, China e Estados Unidos produziram juntos 390,30 milhões. O Brasil, em 2001, colheu uma safra recorde de 41,5 milhões de toneladas. Entretanto, a produtividade está abaixo da produtividade média mundial, que é acima de 4000 kg ha<sup>-1</sup>. Porém, a produtividade brasileira vem aumentando, sistematicamente, nos últimos anos, passando de 1874 kg ha<sup>-1</sup> em 1990 para 3352 kg ha<sup>-1</sup> em 2001, segundo fonte da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) em 2002.

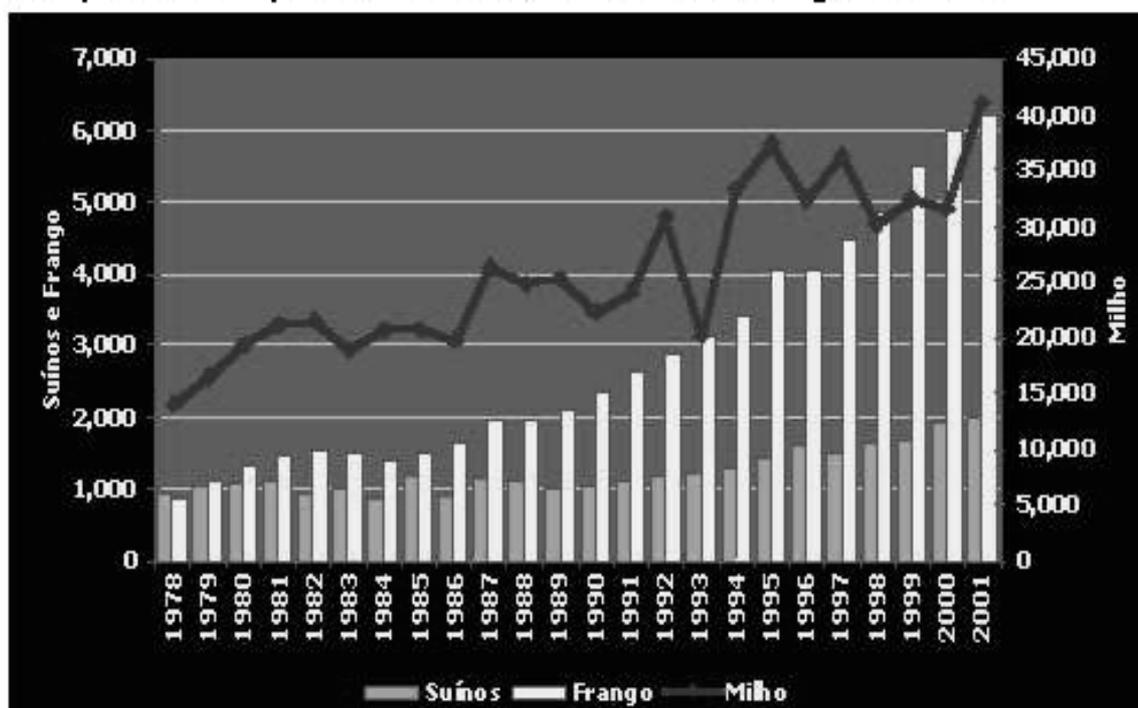


FIGURA – 1 Evolução do crescimento da produção de milho, entre 1978 a 2001, no Brasil. Fonte: Santiago 2001 – CONAB.

### 3.5 - Modelos de produtividade agrícola.

O desenvolvimento e recomendação de novas técnicas, visando o aumento de produtividade, demandam muito tempo e recursos, uma vez que qualquer tecnologia de cultivo necessita ser avaliada em vários locais para se tornar uma prática de uso generalizado BASTOS et al., (2000). Uma das formas de avaliação é a utilização de modelos de simulação, que estime a produtividade da cultura sob as mais diversas condições ambientais. A grande vantagem desses modelos é a obtenção de resultados rápidos e de baixo custo, além de poder auxiliar eficientemente os agricultores e pesquisadores em programa de melhoramento de variedades de sementes ou plantas, no mundo vem sendo desenvolvido modelos aplicados à agricultura BASTOS et al., (2000).

MOTA et al., (1981) desenvolveram um modelo clima-rendimento-tecnológico, com o objetivo de avaliar os riscos das secas para a produtividade agrícola da soja no Rio Grande do Sul. Dados de precipitação diária e mensal foram utilizados para calcular onze índices de secas diferentes em vários períodos do calendário mensal, em todo o ciclo da soja. Como resultado, foi estabelecido que o melhor índice de estresse hídrico foi à soma diária de  $1 - \frac{ET_r}{ET_m}$ , no período de dezembro a fevereiro. Em que a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) é definida como a quantidade de água perdida pela cultura em função do clima, da planta e disponibilidade de água no solo. E a evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ) é o consumo máximo de água de uma cultura em condições ótimas de desenvolvimento vegetativo em plena disponibilidade de água no solo. Os resultados mostram que a variação de ano a ano, do rendimento médio da cultura da soja no Rio Grande do Sul é função da intensidade das secas de verão e do nível da tendência tecnológica utilizada ao longo dos anos.

QUIRING et al. (2003) estudaram a evolução do índice de seca agrícola em 43 regiões de plantio de trigo nas pradarias canadenses, buscando identificar o índice que melhor representasse as perdas na produtividade agrícola da cultura do trigo. Os resultados encontrados mostraram que o índice Z de Palmer (1965) correlaciona-se melhor com a perda de rendimento ( $R^2 = 0,47$ ) e o maior índice de concordância (d) entre a produtividade observada e estimada pelo modelo (d = 0,76), juntamente com os

menores valores do erro quadrado médio (EQM = 256,04 kg ha<sup>-1</sup>) e erro médio absoluto (EMA = 206,84 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

HENRIQUE et al. (1997) avaliaram a produtividade de onze híbridos de milho em uma estação experimental do Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, em São José do Rio Preto. Identificaram diferenças significativas na produção de matéria seca e na porcentagem de grãos. De modo geral, constatou-se que a produtividade desses híbridos foi influenciada pela seca no início do crescimento da cultura, e que as porcentagens obtidas de grãos na silagem foram satisfatórias e que os híbridos que apresentam maiores produções de grãos não foram necessariamente aqueles que produziram as maiores quantidades de massa por área para a ensilagem. Os autores afirmam que os experimentos sobre produtividade de milho devem ser regionais, pois os híbridos comportam-se diferentemente nas diversas regiões do país.

## **4.0 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 – Caracterização e Localização da Área de Estudo.**

A área de estudo compreende o estado de Minas Gerais, localizado na Região Sudeste do país, entre os paralelos 14° 13' 57'' e 22° 55' 47'' S os meridianos de 39° 51' 27'' e 51° 02' 56'' W, abrangendo uma superfície de 588.383 km<sup>2</sup>, o qual representa 6,9% da área total do Brasil. Limita-se ao S e SO com o estado de São Paulo, e ao S e SE com Rio de Janeiro, ao L com Espírito Santo, a Bahia ao N e NE, Mato Grosso do Sul O e Goiás ao O e NO (BRASILCHANNEL, 2005). Minas Gerais caracteriza-se por apresentar uma estação seca e outra chuvosa ao longo do ano. A estação chuvosa é bem definida, ocorrendo sempre no verão, entre os meses de outubro e março, período em que se iniciam as atividades agrícolas. Todavia, durante esse período é comum a ocorrência de secas dentro da estação chuvosa.

Devido a sua topografia acidentada e ao fato de estar localizado na trajetória normal das frentes polares, Minas Gerais apresenta uma grande diversidade climática, onde freqüentemente o sistema de circulação do anticiclone polar das latitudes e o sistema de circulação do anticiclone do Atlântico Sul das latitudes baixas se opõem em equilíbrio dinâmico (ANTUNES, 1986; apud SANTANA, 2004).

Para fins de análise espacial dos resultados, foi considerada a divisão de Minas Gerais em mesorregiões geográficas (FIGURA – 2 a).

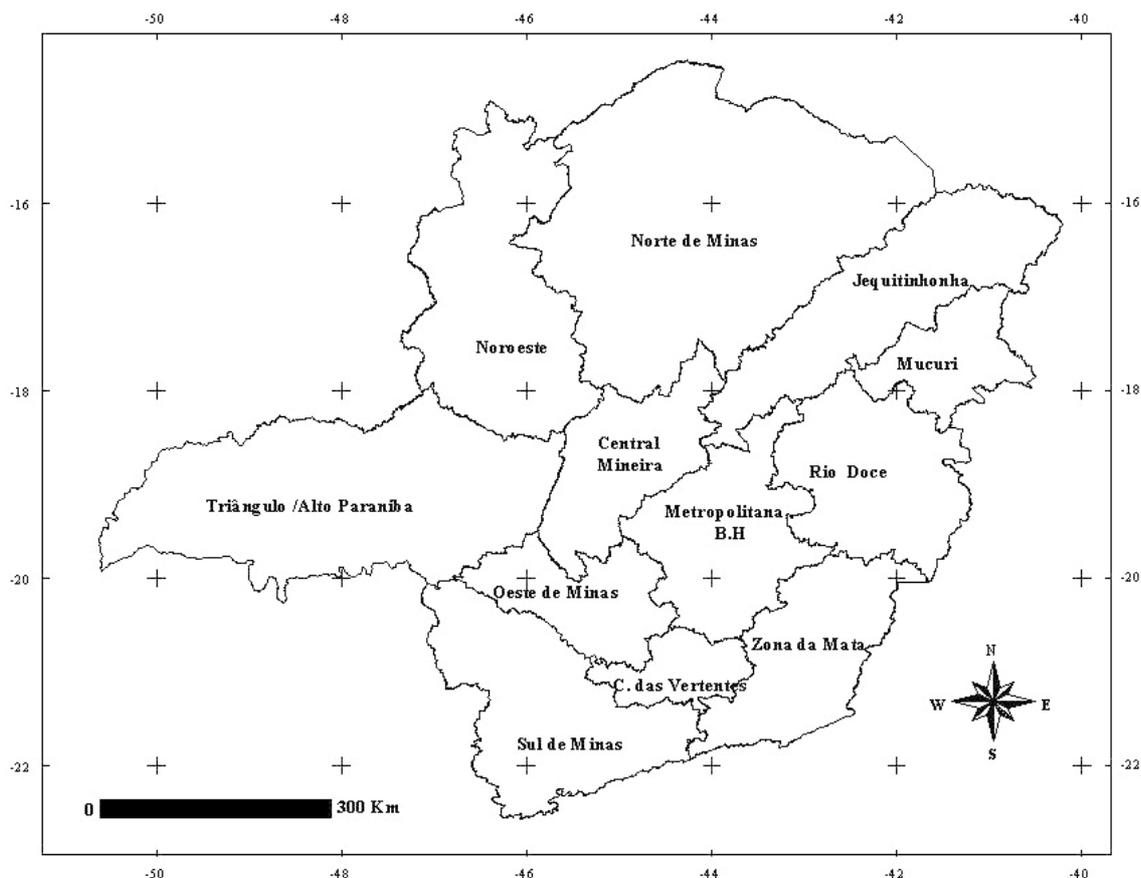


FIGURA – 2 (a) Mesorregiões geográficas do Estado de Minas Gerais.

#### 4.2 – Os dados meteorológicos.

Dados meteorológicos de precipitação pluvial e temperatura do ar média mensal de 23 estações (QUADRO – 2) fornecidas pelo 5º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), representativas de nove mesorregiões do Estado de Minas Gerais, constituído de uma série de 30 anos de 1974 a 2003, foi alvo do presente estudo. Os dados diários foram tratados quanto a possíveis falhas existentes das variáveis estudadas. Foram utilizadas 3 estações (Teófilo Otoni, São Francisco e João Pinheiros) para fins de evitar tendenciosidade no processo de interpolação dos índices de seca.

Foram utilizados dados de produção agrícola da cultura do milho, referentes aos 23 municípios das nove mesorregiões estudadas no período de 1974 a 2003, obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

QUADRO - 2 Identificação das estações Meteorológicas do INMET utilizadas em Minas Gerais.

<b>Nº da Estação</b>	<b>Estação</b>	<b>Longitude (°)</b>	<b>Latitude (°)</b>	<b>Altitude (m)</b>
83037	Coronel Pacheco	-43,25	-21,58	435
83442	Araçuaí	-42,05	-16,83	289
83531	Patos de Minas	-46,43	-18,52	940
83536	Curvelo	-44,45	-18,75	672
83538	Diamantina	-43,60	-18,25	1296
83543	Governador Valadares	-41,93	-18,85	148
83570	Pompeu	-45,00	-19,22	691
83574	Frutal	-48,93	-20,03	544
83577	Uberaba	-47,95	-19,73	737
83579	Araxá	-46,93	-19,60	1024
83581	Florestal	-44,42	-19,87	749
83586	Sete Lagoas	-44,25	-19,47	732
83587	Belo Horizonte	-43,93	-19,93	915
83589	Conceição do Mato Dentro	-43,43	-19,02	652
83591	João Monlevade	-43,12	-19,83	860
83632	Ibirité	-44,05	-20,02	815
83681	Poços de Caldas	-46,38	-21,92	1150
83683	Machado	-45,92	-21,67	873
83689	Barbacena	-43,77	-21,25	1126
83692	Juiz de Fora	-43,35	-21,77	940
83736	São Lourenço	-45,02	-22,10	953
83737	Passa Quatro	-44,97	-22,38	920
83642	Viçosa	-42,88	-20,75	672
83492	Teófilo Otoni	-41,5	-17,86	334
83385	São Francisco	-44,86	-15,94	695
83481	João Pinheiros	-46,87	-17,74	765

### 4.3 - Distribuição das estações meteorológicas em Minas Gerais.

Na FIGURA – 2 (b) observam-se a distribuição das estações meteorológicas utilizadas.

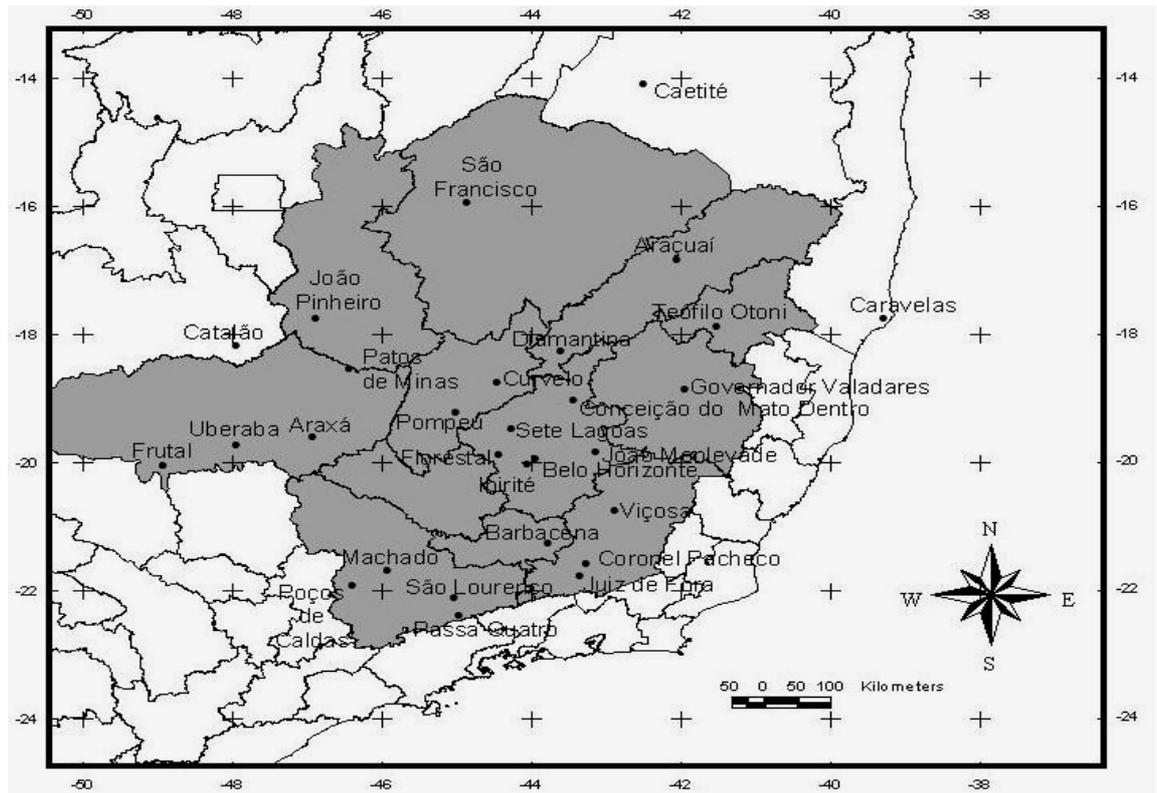


FIGURA – 2 (b) Distribuição geográfica das estações meteorológicas utilizadas no estado de Minas Gerais.

Nesse estudo, foram utilizados os valores acumulados dos índices de seca PDSI, SPI, MD, e IPN no período de outubro a janeiro para a série de 30 anos de dados, na estação de cultivo do milho em nove mesorregiões de Minas Gerais.

Foram analisadas as variações dos índices de secas nas diferentes mesorregiões de Minas Gerais, as correlações entre os índices, as ocorrências de eventos de seca detectados pelos diferentes índices, e a análise histórica das ocorrências de secas em Minas Gerais considerando o Método dos Decis (MD), assim como a análise da duração dos maiores eventos de seca dentro da série de 1974 a 2003, após a

realização das fases anteriores descritas, realizou-se análise da variação espacial do (MD), para as décadas de 70, 80 e 90 no período de outubro a janeiro, em seguida foram realizada uma análise histórica da variação da produção de milho, e finalmente foi feita uma avaliação da performance do Método dos Decis (MD) e dos demais índices (PDSI, SPI e IPN) nas Mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte na cultura do milho.

#### 4.4 - Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI).

Aplicando-se a metodologia desenvolvida por PALMER (1965), que utiliza a temperatura mensal média e a precipitação pluvial, determinou-se o PDSI para os 23 municípios da área de estudo. O PDSI baseia-se nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda de água no solo. O modelo de solo de duas camadas usado assume que a capacidade de armazenamento de água é avaliada pela divisão do solo em duas camadas e que a camada superficial tem 25 mm de água armazenada. Enquanto, que a capacidade de água disponível da camada inferior dependerá das características do solo de cada localidade BARRA et al., (2002). A camada inferior recebe água somente após a camada superficial alcançar a capacidade total, e a perda de água da camada superficial ( $L_s$ ) é definida como a menor das duas quantidades, como mostra a eq. 1. Posteriormente, determinou-se os elementos do balanço hídrico climático mensal (BHCM) “evapotranspiração real, deficiência hídrica, excesso hídrico e armazenamento de água no solo” de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para uma série histórica dos dados meteorológicos das nove mesorregiões do Estado.

$$L_s = S_s \quad (1)$$

$$ETp - P \text{ (o que for menor)} \quad (2)$$

Onde:  $S_s$  = Água armazenada no início do mês na camada superficial do solo,  $ETp$  = evapotranspiração potencial (mm),  $P$  = precipitação (mm).

A capacidade de água da camada inferior varia de local para local. A perda de água da camada inferior  $L_u$  é dada por:

$$L_u = (ETp - P - L_s) \frac{S_s}{AWC} \quad L_u \leq S_u \quad (3)$$

Onde:  $S_u$  = Água armazenada no início do mês na camada inferior do solo (mm),  $AWC$  = capacidade de campo (mm),  $ETp$  = evapotranspiração potencial (mm),  $P$  = precipitação (mm).

As variáveis derivadas do BHCM foram utilizadas na determinação do PDSI, em que a recarga potencial ( $PR$ ) representa a quantidade de umidade necessária para o solo atingir a capacidade de campo, sendo dada por:

$$PR = AWC - (S_s + S_u) \quad (4)$$

Onde:  $PR$  = Recarga potencial (mm),  $AWC$  = capacidade de água disponível nas duas camadas de solo (mm),  $(S_s + S_u)$  = quantidade de água armazenada em ambas as camadas do solo no início do mês (mm).

A perda potencial de água no solo ( $PL$ ) foi definida como a quantidade de água no solo que poderá ser perdida por evaporação, assumindo-se que não ocorreu precipitação no referido mês, que é dada por:

$$PL = PL_s + PL_u \quad (5)$$

Onde:  $PL$  = Perda potencial (mm),  $PL_s$  = perda potencial de água na camada superficial do solo (mm),  $PL_u$  = Perda potencial de água na camada inferior do solo (mm).

O escoamento superficial potencial ( $PRO$ ) representa o total de água armazenada disponível no solo, sendo dado por:

$$PRO = AWC - PR = (S_s + S_u) \quad (6)$$

#### 4.4.1 - Cálculo do Índice de Anomalia de Umidade (Z)

A partir das respectivas variáveis resultantes do BHCM dos 23 municípios, foram calculados os parâmetros necessários à determinação do índice de anomalia de umidade (Z) para cada mês e localidade da área de estudo.

Desta forma, foram calculados os seguintes coeficientes: Evapotranspiração potencial ( $\alpha_j$ ), recarga ( $\beta_j$ ), escoamento superficial ( $\gamma_j$ ), perda mensal ( $\delta_j$ ).

a) O coeficiente de evapotranspiração potencial ( $\alpha_j$ ) para cada mês é dado por:

$$\alpha_j = \frac{\overline{ET}_j}{\overline{PE}_j} \quad (7)$$

b) O coeficiente de recarga ( $\beta_j$ ) para cada mês é dado por:

$$\beta_j = \frac{\overline{R}_j}{\overline{PR}_j} \quad (8)$$

c) O coeficiente de escoamento superficial ( $\gamma_j$ ) para cada mês é dado por:

$$\gamma_j = \frac{\overline{RO}_j}{\overline{PRO}_j} \quad (9)$$

d) O coeficiente de perda de água do solo ( $\delta_j$ ) para cada mês é dado por:

$$\delta_j = \frac{\overline{L}_j}{\overline{PL}_j} \quad (10)$$

Onde: “j” representa os meses do ano  $j = 1,2,3,\dots,12$ , (—) representa o valor médio das variáveis ao longo da série histórica de dados para o mês considerado.

Os coeficientes  $\alpha_j$ ,  $\beta_j$ ,  $\gamma_j$ ,  $\delta_j$ , foram usados no cálculo dos valores climaticamente apropriados para as condições existentes (CAFEC) nos locais. Deste

modo, os valores (CAFEC), foram calculados para os seguintes parâmetros: evapotranspiração ( $\overline{ET_j}$ ), recarga ( $\overline{R_j}$ ), escoamento ( $\overline{RO_j}$ ), perdas ( $\overline{L_j}$ ) e precipitação ( $\overline{P_j}$ ), conforme as seguintes equações:

$$\overline{ET_j} = \alpha_j \overline{PE_j} \quad (11)$$

$$\overline{R_j} = \beta_j \overline{PR_j} \quad (12)$$

$$\overline{RO_j} = \gamma_j \overline{PRO_j} \quad (13)$$

$$\overline{L_j} = \delta_j \overline{PL_j} \quad (14)$$

A soma algébrica dos valores da evapotranspiração ( $\overline{ET_j}$ ), recarga ( $\overline{R_j}$ ), escoamento ( $\overline{RO_j}$ ), perdas ( $\overline{L_j}$ ), constitui-se na precipitação climaticamente apropriada (CAFEC -  $\overline{P_j}$ ):

$$P_{CAFEC} = \overline{P_j} = \overline{ET_j} + \overline{R_j} + \overline{RO_j} + \overline{L_j} \quad (15)$$

Após serem calculados os valores mensais de ( $\overline{P_j}$ ) para toda a série de dados foram determinados a deficiência (*def*) ou excesso hídrico para cada mês pela equação:

$$def = P - \overline{P_j} \Rightarrow P - (\alpha_j \overline{PE_j} + \beta_j \overline{PR_j} + \gamma_j \overline{PRO_j} - \delta_j \overline{PL_j}) \quad (16)$$

Onde: *def* = Deficiência hídrica (-) ou excesso (+), (mm), *P* = precipitação do mês considerado (mm),  $\overline{P}$  = total de precipitação calculada em um determinado mês (mm).

Posteriormente, foi calculado o fator de ajuste (fator de ponderação)  $K_i$ , proposto por PALMER (1968), que varia com o mês e o local, definido por:

$$K_i = \frac{17,67 \overline{K_i}}{\sum_{j=1}^{12} |P - \overline{P_j}| K_j} \quad (17)$$

Onde  $\overline{K}_i$  é dado por:

$$\overline{K}_i = 1,5 \log_{10} \left( \frac{K_j + 2,8}{|P - \overline{P}_j|} \right) + 0,50 \quad (18)$$

Sendo o parâmetro  $K_j$  definido como uma medida da razão da demanda de umidade para suprir a umidade no mês e região, conforme a equação (19):

$$K_j = \frac{(\overline{PE}_j + \overline{R}_j + \overline{RO}_j)}{(\overline{P}_j + \overline{L}_j)} \quad (19)$$

O produto do fator de ajuste ( $K_i$ ), pelo desvio da precipitação ( $def$ ), determina o valor mensal do índice de anomalia de umidade  $Z$  (mm). Este índice determina o desvio das condições de umidade de um local, num mês específico, conforme a equação 20.

$$Z = K_i def \quad (20)$$

Para a utilização do quadro de classificação de Palmer (QUADRO – 3), os valores de ( $Z$ ) foram convertidos em polegadas (pol), pela seguinte equação:

$$z = \frac{K_i def}{25} \quad (21)$$

#### 4.4.2 – Classificação de um período de seca

Após serem realizados os procedimentos descritos anteriormente, e determinados os respectivos fatores de duração da seca  $X_i$  posteriormente, foram classificados de acordo com as classes de eventos de seca estabelecidos por PALMER (1965) conforme o QUADRO – 3:

QUADRO – 3 Classificação dos períodos secos e úmidos do PDSI.

ÍNDICE ( $x_i$ )	CLASSIFICAÇÃO
$\geq -4,00$	Extremamente úmido
3.00 a 3.99	Umidade alta
2.00 a 2.99	Umidade moderada
1.00 a 1.99	Umidade baixa
0.50 a 0.99	Umidade inicial
0.49 a -0.49	Normal
-0.50 a -0.99	Seca inicial
-1.00 a -1.99	Seca suave
-2.00 a -2.99	Seca moderada
-3.00 a -3.99	Seca severa
$\leq -4,00$	Seca extrema

#### 4.4.3 – Determinação do Fator de Duração ( $X_i$ )

Sabe-se que um evento de curta duração de seca pode reduzir os níveis dos reservatórios e rios de uma região. Todavia, o problema não terá proporções realmente alarmantes ou graves até atingir um longo período que propicie a redução do suprimento de água a níveis críticos, dada a ausência contínua de precipitação pluvial. Desta forma, não serão os primeiros meses com baixa precipitação pluvial os responsáveis pela seca, mas o acúmulo desses períodos de secas por um ou mais anos, que poderá levar a consequência, danosas às atividades humanas e agrícolas de um local ou região. O principal parâmetro responsável pela especificação do grau de severidade de uma seca é o fator de duração ( $X_i$ ).

As equações de calibração que determinaram o valor de ( $X_i$ ) para cada mês em cada uma das mesorregiões foram deduzidas a partir dos intervalos mais secos de cada um dos municípios inseridos nas 12 mesorregiões de Minas Gerais. Foram identificados os intervalos, iguais ou maiores que um mês, que mostraram valores do índice z negativos para cada uma das localidades estudadas. Fazendo posteriormente a regressão linear entre a soma dos valores acumulados de Z, nestes intervalos, e seus respectivos períodos de duração, chegou-se às respectivas equações de regressão de  $X_i$ , para cada uma das 12 mesorregiões do Estado, conforme as FIGURAS 3 a 14 (Apêndice - A).

Observa-se que quanto maior a duração de uma seca, menor será o valor do somatório de  $Z$  negativo acumulado. Uma vez que os respectivos valores de  $X_i$ , em cada uma das equações de regressão, FIGURAS 3 a 14 (Apêndice - A) variam proporcionalmente em relação ao somatório dos valores de  $z$ , admite-se que os índices  $X_i$  são proporcionais ao inverso simétrico do comprimento do período (i) conforme o QUADRO- 4, (Apêndice - B) determinou às equações de  $X_i$ .

Porém, para se estabelecer os intervalos mensais de severidade de seca e, desta forma, definir a contribuição de cada mês para o valor do fator de duração, considerou-se  $i = 1$  para as respectivas equações do QUADRO- 5 (Apêndice - B), obtendo-se a equação 22.

$$X_i = \frac{Z_i}{(a+b)} \quad (22)$$

Em que dessa forma, para o mês inicial ( $X_0 = 0$ ) de um determinado período seco, fez-se:

$$X_i - X_0 = \Delta X_i = \frac{Z_i}{(a+b)} \quad (23)$$

Onde se constatou que a partir das equações do QUADRO - 4 (Apêndice - B) e as respectivas FIGURAS (3 a 14) (Apêndice - A) que o  $\Sigma z$  aumenta com o aumento de  $t$  para se manter um determinado valor de  $X_i$  para que  $\Delta X_i = 0$ . Ou seja, a taxa a qual  $Z$  deverá aumentar para que tenhamos a variação de  $X$  constante, depende dos valores precedentes de  $X$ . Deste modo, sugere-se que para os meses posteriores ao mês do início de um período seco, deve-se acrescentar o coeficiente  $C$ , à equação 23:

$$\Delta X_i = \frac{Z_i}{(a+b)} + CX_{i-1} \quad (24)$$

Sendo, posteriormente  $\Delta X_i = X_i - X_{i-1}$ . Introduzido na equação 24, resulta na equação 25, simplificada a seguir.

$$X_i = \frac{Z_i}{(a+b)} + (1+C)X_{i-1} \quad (25)$$

#### 4.4.4 – Determinação do Coeficiente $C$

No QUADRO - 6 (Apêndice - B) observa-se os respectivos meses em que ( $\Delta X_i = 0$ ), nos diversos municípios estudados, seguidos dos valores de  $z_i$ ,  $\sum z$ ,  $X_i$ ,  $X_{i-1}$  e  $C$ . A partir da equação 25 foram calculados os valores de  $C$  para cada uma das 12 mesorregiões da área de estudo, obtendo-se os respectivos valores médios de  $C$ , QUADRO – 6 (Apêndice - B), sendo substituído posteriormente na equação 25 conforme pode ser visto no QUADRO - 7 (Apêndice - B).

#### 4.5 - Índice de Precipitação Padronizada (SPI).

McKEE et al. (1993) desenvolveram um índice que quantifica o déficit ou o excesso de precipitação para diferentes escalas de tempo, tais como: mensal, trimestral, semestral e bienal. Essa versatilidade do SPI permite monitorar a seca agrícola ao longo do tempo, nos diversos municípios estudados. O SPI é um método baseado em um banco de dados de precipitação pluvial com no mínimo de 30 anos, sendo ajustado através da distribuição gama, que posteriormente é transformada em uma distribuição normal que por definição apresenta sua média com valor zero e variância unitária.

Para fins deste estudo, foram calculados os SPIs na escala mensal para os 23 municípios da área de estudo, posteriormente acumulou-se os respectivos valores de SPI, para o período de outubro a janeiro, com fins de se estudar a influência da seca agrícola na cultura do milho. A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (26)$$

Em que,

$\alpha > 0$	( $\alpha$ ) Parâmetro de Forma (adimensional);
$\beta > 0$	( $\beta$ ) Parâmetro de Escala (mm);
$x > 0$	( $x$ ) Total de Precipitação (mm);
$\Gamma(\alpha)$	Função gama.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (27)$$

Os parâmetros e a função de densidade de probabilidade gama foram ajustados para distribuição de freqüência dos totais de precipitações pluviiais das 23 estações. Foram calculados os parâmetros de forma e escala ( $\alpha$  e  $\beta$ ), da função de densidade de probabilidade gama estimados para cada uma das 23 estações meteorológicas na escala de tempo mensal para cada ano.

Utilizou-se o método da máxima verossimilhança para a estimativa dos parâmetros de escala e forma (THOM, 1966), sendo mais apropriado, dada por:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (28)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (29)$$

$$A = \text{Ln}(\bar{X}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \text{Ln}(X_i) \quad (30)$$

Em que,  $\bar{X}$  = Média aritmética da precipitação pluvial (mm),  $\text{Ln}$  = logaritmo neperiano,  $N$  = número de observações.

Os parâmetros de forma e de escala foram calculados para encontrar a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado para a escala de tempo mensal. Em que a probabilidade cumulativa é dada por:

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (31)$$

Substituindo o valor de  $t = \frac{x}{\beta}$ , na equação (31) reduz a equação a:

$$F(\beta t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^{\beta t} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (32)$$

A qual é definida como sendo a função gama incompleta considerando que a função gama incompleta não admite valores nulos. Visto que a distribuição gama é indefinida para valores de precipitação iguais a zero, a probabilidade cumulativa pode ser determinada em duas partes por:

$$F(x) = P_0 + (1 - P_0) G(x) \quad (33)$$

Em que,  $P_0$  é a probabilidade de ocorrência de valores nulos (zeros) e  $G(x)$  é a distribuição cumulativa teórica, onde os parâmetros são estimados em dias chuvosos.

A distribuição de probabilidade cumulativa  $F(x)$  é transformada em uma distribuição normal para a variável  $Z$  aleatória com média zero e variância um, onde a variável  $Z$  correspondente ao valor do SPI. Essa é uma transformação de equi-probabilidade que PANOFSKY e BRIER (1958) afirmam ter a característica essencial de transformar uma variante de uma distribuição (gama) para uma variante com uma distribuição prescrita de distribuição normal, onde a probabilidade de ser menor que um valor dado será igual à probabilidade de ser menor que o valor correspondente da variante transformada. As probabilidades cumulativas empíricas foram bem desenvolvidas por PANOFSKY e BRIER (1958), onde os dados de precipitação estão ordenados em ordem crescente de magnitude de forma que os valores são baixos e onde o tamanho da amostra é dada por:

$$P_0 = \frac{m}{n+1} \quad (34)$$

Em que  $m$  é o número de ordem dos valores de zeros em uma série climatológica e  $n$  o tamanho da amostra.

Uma vez que seria desnecessário reproduzir vários gráficos para cada localidade e cada ano para todas as estações nas escalas de tempo e durante cada mês o valor de SPI ou  $Z$  é obtido mais facilmente pela aproximação matemática desenvolvida por ABRAMOWITZ e STEGUN (1965), a qual converte a probabilidade cumulativa em uma distribuição normal a variável  $Z$ .

Em que  $Z$  é definido pelas equações (35) e (36) dada por:

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0 < P(x) \leq 0,5 \quad (35)$$

$$Z = SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0,5 < P(x) \leq 1 \quad (36)$$

Onde,  $t$  é definido pelas equações (37) e (38):

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(P(x))^2} \right]} \quad \text{para } 0 < P(x) \leq 0,5 \quad (37)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{1 - (P(x))^2} \right]} \quad \text{para } 0,5 < P(x) \leq 1 \quad (38)$$

Sendo os coeficientes  $c_0 = 2,515517$ ;  $c_1 = 0,802853$   $c_2 = 0,010328$  e  $d_1 = 1,432788$ ;  $d_2 = 0,189269$ ;  $d_3 = 0,001308$ .

A partir dos cálculos dos valores do SPI na escala de tempo mensal para as localidades da área de estudo, foram classificados segundo McKEE (1993) (QUADRO- 8).

QUADRO - 8 Classificação dos períodos secos e úmidos do SPI, segundo McKEE (1993).

SPI	Categoria
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo ao normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

#### 4.6 - Método dos Decis (MD)

GIBBS e MAHER (1967) desenvolveram o método dos decis, para o monitoramento da ocorrência de eventos de seca. A técnica dos decis baseia-se na distribuição de um longo período de registro de precipitações, dividido em 10 partes iguais, ou seja, para cada 10% da distribuição. Pode-se verificar que o 5º decil é igual à mediana, que é equivalente a quantidade de precipitação não excedida de 50% de ocorrências durante o período de registro.

Todavia, a definição dos decis obedece ao mesmo princípio dos quartis, com a modificação da porcentagem de valores que fica aquém e além do decil que se pretende calcular.

Utilizou-se para este trabalho a técnica dos decis baseada nos quantis para avaliar a ocorrência de períodos de seca extrema, seca severa, próximo da normal, úmido e muito úmido nos 23 municípios inseridos nas 9 mesorregiões de estudo, onde segundo a metodologia proposta,  $X$  é a precipitação total de um ano do município, ao longo de anos ininterruptos, uma variável aleatória contínua. O quantil  $Q_p$ , para cada número  $p$  entre zero e um, é o valor de precipitação satisfatório à condição de probabilidade.  $(X \leq Q_p = p)$ . Para cada valor observado  $X_0$  da precipitação, o número  $(0 < p_0 < 1)$  tal que (Eq. 39) diz-se de ordem quântica  $p_0$ , associada a  $X_0$ . Uma interpretação simples para o quantil  $Q_p$ , é a seguinte, supondo que  $p$  se expressa em

potenciais: espera-se que em  $p\%$  dos anos a altura da precipitação  $X$  não deve ultrapassar o valor do quantil  $Q_p$ , enquanto para  $(100 - p)\%$  dos anos esse valor será excedido.

$$F(X_0) = p_0 \quad (39)$$

No presente estudo, os quantis reportam-se as ordens  $Q_{0,05}$ ,  $Q_{0,25}$ ,  $Q_{0,50}$ ,  $Q_{0,75}$ ,  $Q_{0,95}$  (5 %, 25 %, 50 %, 75 % e 95 %) com a finalidade de classificar os decis (D1 - 2, D3 - 4, ... D9 - 10), que variaram conforme uma escala adaptada no QUADRO - 9:

QUADRO - 9 Escala de classificação do Método dos Decis (MD), GIBBS E MAHER (1967).

Decis	Categoria	Classificação	Escala
Decis 1 - 2	Abaixo de 20%	Seca Extrema	$\leq -2,00$
Decis 3 - 4	Igual ou inferior a 20 %	Seca Severa	-1,00 a -1,99
Decis 5 - 6	Média de 20%	Próximo da normal	$-0,99 \leq 0 \leq +0,99$
Decis 7 - 8	Igual ou superior a 20%	Úmido	1,00 a 1,99
Decis 9 -	Superior a 20%	Muito Úmido	$\geq 2,00$

#### 4.7 - Índice de Porcentagem da Normal (IPN).

O IPN foi calculado por meio da divisão da precipitação pluvial pela normal climatológica de cada uma das 23 estações meteorológicas, multiplicando-se os resultados obtidos por 100 %. Para fins de interpolação e espacialização foi adaptada a escala de classificação dos respectivos valores obtidos dos IPNs que variaram conforme o QUADRO - 10.

$$P = \frac{\text{Pr } p(\text{atual})}{\text{Pr } p(\text{normal})} \times 100 \quad (40)$$

Onde  $P$  = Porcentagem da precipitação normal (%),  $Pr p(atual)$  = precipitação medida em um dado local ou estação (mm),  $Pr p(normal)$  = precipitação normal do local ou estação considerada (mm).

QUADRO - 10 Escala de classificação do Índice de Porcentagem da Normal (IPN).

Escala	Classificação
$\geq 100\%$ a 90 %	Extremamente úmido
70 % a 89,9 %	Umidade alta
50 % a 69,9 %	Umidade moderada
30% a 49,9 %	Umidade baixa
10 % a 29,9 %	Umidade inicial
$-9,9 \% \leq 0 \leq 9,9 \%$	Normal
-10 % a -29,9 %	Seca inicial
-30% a -49,9%	Seca suave
-50 % a -69,9 %	Seca moderada
-70 % a -89,9%	Seca severa
-90 % a $\leq -100 \%$	Seca extrema

#### 4.8 – Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Pode-se definir SIG como um Sistema de Informações Geográficas aplicados a dados georreferenciados criados para obter, manipular, analisar, modelar e apresentar dados com referência espacial (MENDES, 1996 apud SANTANA, 2004). Com os grandes avanços tecnológicos no campo da informática, o SIG tornou-se uma ferramenta de grande valia nas mais variadas áreas do conhecimento, com ênfase nas ciências agrárias.

No presente estudo foi utilizado o software ArcView 3.2a, desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), para geoespacialização das décadas de 70, 80, 90 e 00 no período de outubro a janeiro para o método dos decis – MD.

Utilizou-se o interpolador linear IDW (Inverse Distance Weight), que consiste em um método de ponderação linear de um conjunto de pontos amostrais de dados nos quais a ponderação é uma função do inverso da distância elevada a um expoente a ser definido (Eq. 41). Ou seja, esse método assume que o valor a ser

estimado para a variável em um ponto  $x$  qualquer é proporcional ao valor medido em  $n$  estações vizinhas e inversamente proporcionais a uma potência da distância entre o ponto  $x$  e cada uma dessas  $n$  estações vizinhas ( $d_i^m$ ). Portanto, quanto mais distante o posto estiver do ponto  $x$ , menor será seu peso, ou seja, menor sua influência sobre o valor a ser estimado. Logo, pode-se concluir que, quanto maior a quantidade de estações disponíveis, desde que não sejam redundantes, e quanto mais próximas do ponto a ser estimado, mais coerente será a interpolação.

$$G_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i}{d_i^m} \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^m} \right)} \quad (41)$$

Em que  $G(x_i)$  = peso estimado no ponto interpolado,  $x_i$  = peso do  $i$ -ésimo ponto amostrado,  $d_i$  = distância euclidiana do  $i$ -ésimo ponto amostrado ao ponto atual,  $m$  = expoente da distância euclidiana,  $n$  = número de pontos amostrais vizinhos considerados na interpolação.

Os pontos de controle e o expoente  $n$  da distância euclidiana são pré-definidos pelo usuário. Foram considerados 12 pontos mais próximos para interpolação, pela opção *nearest neighbors*, e foi utilizada a segunda potência para o cálculo da distância euclidiana para a espacialização do método dos decis.

#### **4.9 – Critérios estatísticos para avaliação do modelo resíduo da produção com o índice de seca.**

A avaliação do desempenho do modelo resíduo da produção e índice de seca foi baseada nas seguintes ferramentas estatísticas: Coeficiente de Correlação ( $r$ ) e Determinação ( $r^2$ ), Erro Quadrado Médio (EQM), Erro Médio Absoluto (EMA), Desvio Padrão ( $\sigma$ ) e Índice de Concordância ( $d$ ) de WILLMOTT et al. (1985).

Foram calculadas as respectivas correlações ( $r$ ): a do PDSI com o SPI, o MD e o IPN; posteriormente a do SPI com o MD e o IPN; e finalmente a do MD com o IPN, para a área de estudo. Com o objetivo de se verificar qual o índice que apresenta a

melhor correlação entre eles. Segundo, RIBEIRO JÚNIOR (2004), o coeficiente de correlação mede a intensidade com que se manifesta uma associação linear entre duas variáveis, sendo o mesmo um número adimensional que varia entre -1 e 1.

O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) foi aplicado para verificar qual o índice de seca que melhor explicaria a seca agrícola na área de estudo. Através do ( $r^2$ ) foi possível medir o quanto a variação dos resíduos da produção é explicada pelo índice de seca. Sendo que quanto mais próximo estiver o valor do coeficiente de determinação de um, melhor será o ajuste do modelo resíduo da produção e índice de seca.

Foi calculado o erro quadrado médio (EQM) e o erro médio absoluto (EMA), através do resíduo da produção e o índice de seca, para verificar qual o índice de seca que melhor explicou a seca agrícola nas nove mesorregiões analisadas.

$$EQM = \sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad (42)$$

Onde:  $EQM$  = raiz do erro quadrado médio,  $N$  = número de observações,  $O_i$  = valores observados (índice de seca),  $P_i$  = valores estimados (resíduo da produção).

$$EMA = N^{-1} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2 \quad (43)$$

Onde:  $EMA$  = raiz do erro quadro médio,  $N$  = número de observações,  $O_i$  = valores observados (índice de seca),  $P_i$  = valores estimados (resíduo da produção).

Foram calculados os Desvios Padrões ( $\sigma$ ) dos respectivos índices de seca acumulados para a cultura do milho no período de outubro a janeiro, nas nove mesorregiões. Assim, como também os Índices de Concordâncias (d) de WILLMOTT et al. (1985), pelo o resíduo da produção e o índice de seca, visando verificar qual o índice de seca (PDSI, SPI, MD e IPN) que melhor explique a seca agrícola nas regiões consideradas neste estudo.

$$d = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum \left( |P_i - \overline{O_i}| + |O_i - \overline{O_i}| \right)^2} \quad (44)$$

Em que:  $d$  = índice de concordância,  $O_i$  = índice de seca,  $P_i$  = resíduo da produção,  $\overline{O_i}$  = valor médio do índice.

### 5.0 – Análise da evolução da produtividade da cultura do milho nas diferentes regiões do Estado.

Para analisar a influência dos elementos meteorológicos sobre a produção da cultura do milho, nas nove mesorregião da área de estudo, foi realizada uma análise da evolução da produção da cultura do milho nas diferentes regiões do Estado ao longo dos anos, através de um ajuste que considera a produção como uma variável dependente e os anos como variável independente.

Este ajuste resulta numa função chamada de Tendência Tecnológica (TT) que permite explicar a influência das variáveis tecnológicas, tais como: aperfeiçoamento das práticas de plantio, densidade de plantio, práticas culturais, política governamental, uso de fertilizantes, máquinas agrícolas e novas cultivares no aumento da produção agrícola no decorrer do tempo (MOTA et al., 1991; COSTA, 1988).

O estabelecimento de uma tendência tecnológica é um recurso matemático para explicar o aumento de uma variável dependente, no caso a produção, em função do tempo. Quando não se possuem dados históricos das variáveis independentes que atuam no processo, é possível admitir estas variáveis como recursos fixos de ano para ano, ou seja, variáveis que não apresentam variações bruscas de um ano para outro. Plotando em um mesmo diagrama, a tendência tecnológica que representa a produção esperada em razão da tecnológica e dos dados de produção observada, ao longo dos anos, admite-se que a diferença entre os pontos da curva e os pontos de produção para cada ano são resultados de variações climáticas ocorridas nestes anos, ou seja, os resíduos da produção observada e esperada. A FIGURA – 15 mostram o esquema conceitual do modelo.

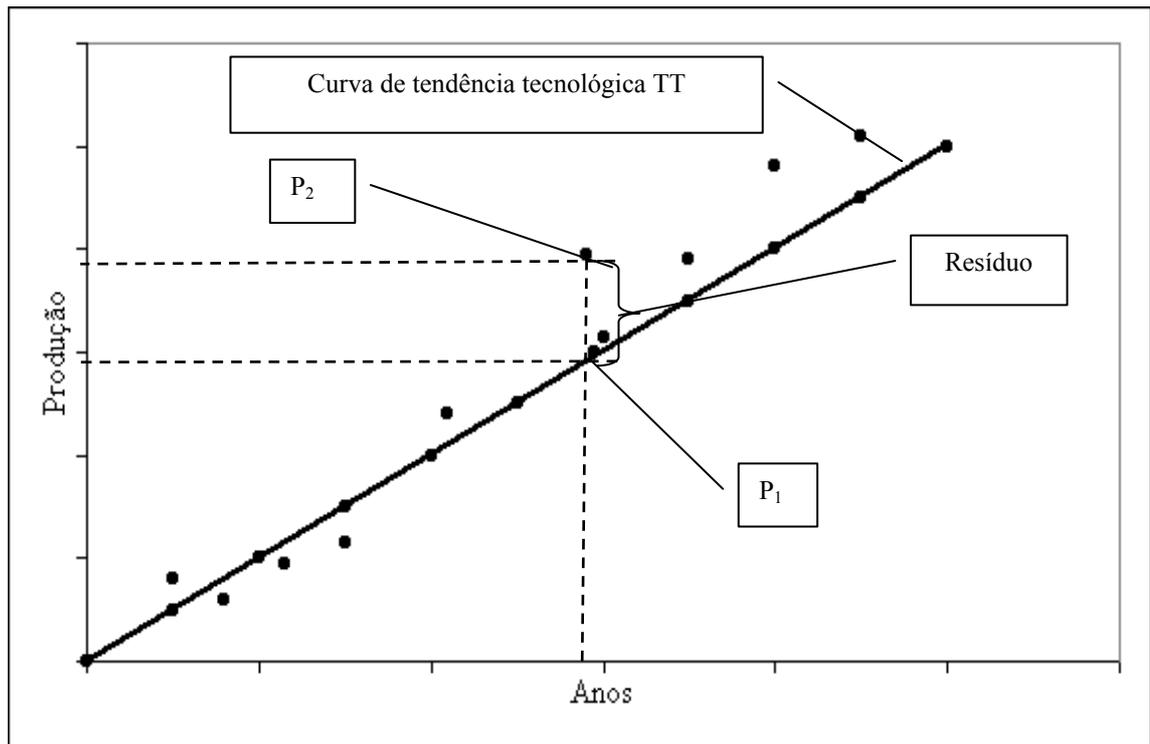


FIGURA 15 Esquema conceitual do modelo baseado nas diferenças entre a produção observada e estimada pela curva de tendência tecnológica.

A reta representada por TT na FIGURA 15 é a tendência tecnológica, as diferenças entre os pontos da reta e as observações de produção para cada ano (resíduo) são atribuídas às oscilações climáticas ocorridas. Em que,  $P_1$  = produção esperada devido aos fatores tecnológicos,  $P_2$  = produção observada e  $P_1 - P_2$  = resíduo que se atribui às variações climáticas.

Os resíduos obtidos entre a diferença dos valores de produção observada e a da curva de Tendência Tecnológica, serão ajustados em um modelo que considera os índices de seca como variáveis independentes e os resíduos como variáveis dependentes.

A determinação do índice de seca mais apropriado para uma região e cultura específica (milho) foi realizado considerando-se o índice que melhor explicou o resíduo entre a produção observada e a curva de Tendência Tecnológica. Os ajustes entre os índices e os resíduos da produção, para área de estudo, foram verificados através da utilização do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), o erro quadrado médio (EQM), o erro médio absoluto (EMA) e o índice de concordância (d). E, portanto a aplicação desses métodos estatísticos é uma sólida ferramenta para o teste da

performance de diferentes modelos, produzindo bases concretas para o real entendimento do melhor índice (WILLMOTT, 1984; LEGATES e MCABE, 1999; QUIRING et al., 2003).

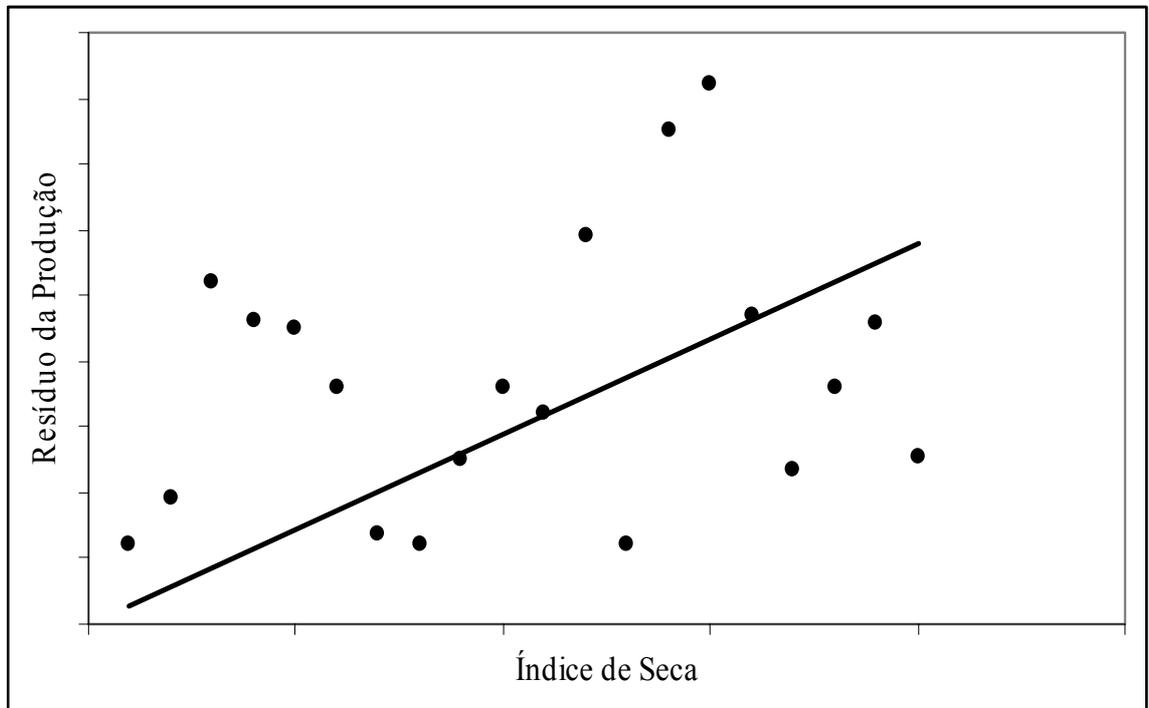


FIGURA 16 Esquema conceitual do modelo resíduo da produção e índice de seca baseado nas diferenças entre a produção observada e os pontos da curva de tendência tecnológica.

## **6.0 – RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **6.1 – Variação dos Índices de Seca nas Diferentes Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.**

As variações dos índices de secas ao longo dos anos para as diferentes regiões do Estado, ilustrados nas FIGURAS (17a – i) mostram, de uma maneira geral, um comportamento similar que se caracteriza pelas seguintes condições:

a) Os índices SPI, MD e IPN ao longo dos anos apresentaram um comportamento similar tanto em termo temporal e quanto espacial, para as diferentes mesorregiões.

b) O PDSI apresentou resultados diferentes dos demais índices, ora apresentando baixas oscilações no decorrer dos anos FIGURAS 17 (a) e 17 (b), ora apresentando grandes oscilações FIGURA (17c - i).

Todavia, tais resultados foram também observados por pesquisadores de várias partes do mundo (KEYANTASH et al., 2002; SVOBODA et al., 2002; HAYES, 2004).

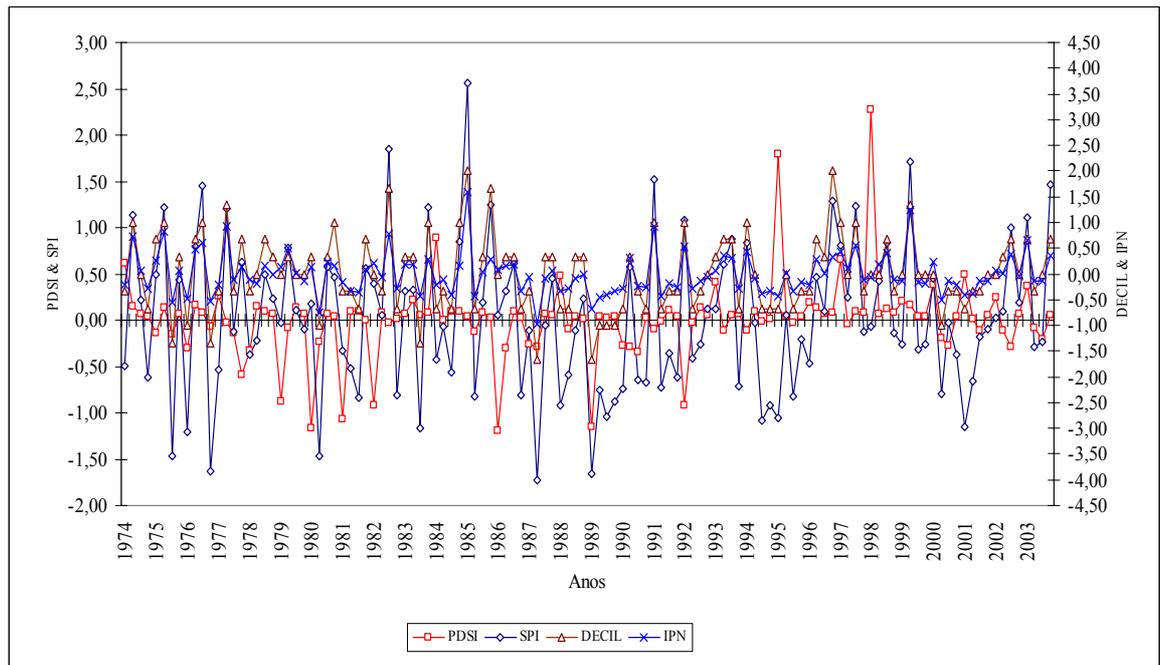


FIGURA – 17 (a) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Zona da Mata no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

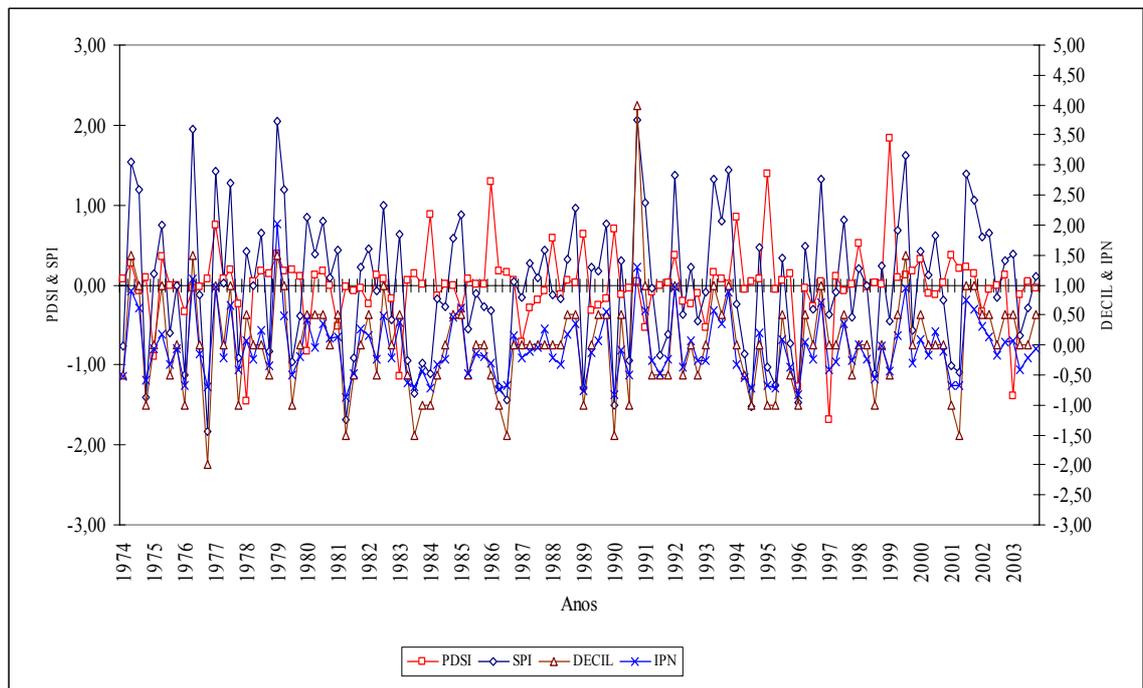


FIGURA – 17 (b) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Vale do Jequitinhonha no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

Na FIGURA – 17 (c) encontra-se o comportamento da variação dos índices de secas PDSI, SPI, MD e IPN, para a mesorregião do Triângulo e Alto

Paranaíba, em que o PDSI se diferenciou dos demais índices por apresentar grande oscilação no período acumulado de outubro a janeiro de 1976, considerado como um evento de seca extrema (-4,38). Entretanto, pode-se ver que os índices SPI, MD e IPN mostraram uma similaridade quanto ao comportamento ao longo da série considerada.

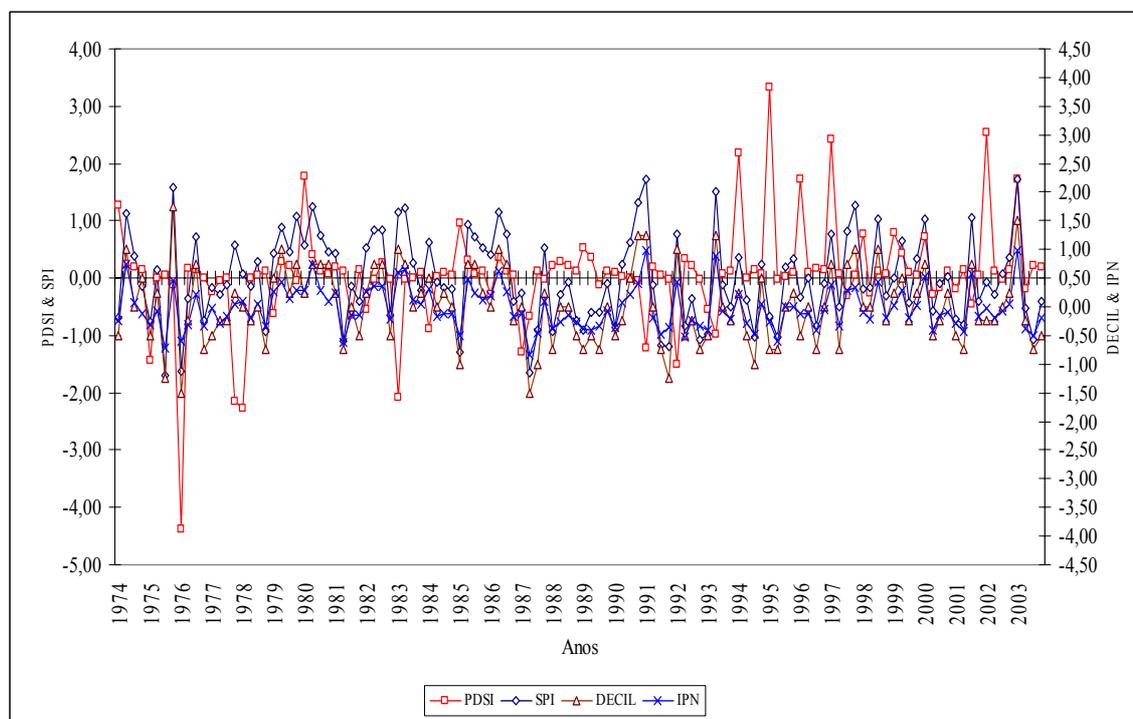


FIGURA – 17 (c) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

A FIGURA – 17 (d) mostra os três eventos de secas mais significativos ocorridos no período acumulado de outubro a janeiro de 1978, 1986 e 1989, na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas. Os eventos de 78, 86 e 89 foram considerados como de seca extrema (-6,39), severa (-3,23) e moderada (-2,63), respectivamente. A seca de 89 foi um evento ameno, com duração de um mês. As secas de 78 e 86 também apresentaram esse mesmo intervalo de curta duração, embora, tenha sido de grande intensidade sobre a região. E tal fato, poderá estar relacionado, provavelmente, ao caráter acumulativo do PDSI, haja vista a metodologia adotada. Entretanto, resultados similares foram encontrados por SANTOS (1998) para a região Oeste do Estado de São Paulo, com ocorrências de secas que variaram de severa a extrema, nas regiões de Auriflama, Araçatuba (Major Prado e Água Limpa) e Adamantina. Sendo Adamantina a

região que apresentou as maiores incidências de eventos de secas na área de estudo e intensidade que variaram de -11,36 a -15,41 (seca extrema), a região de Araçatuba também apresentou eventos de seca entre -9,82 a -17,00.

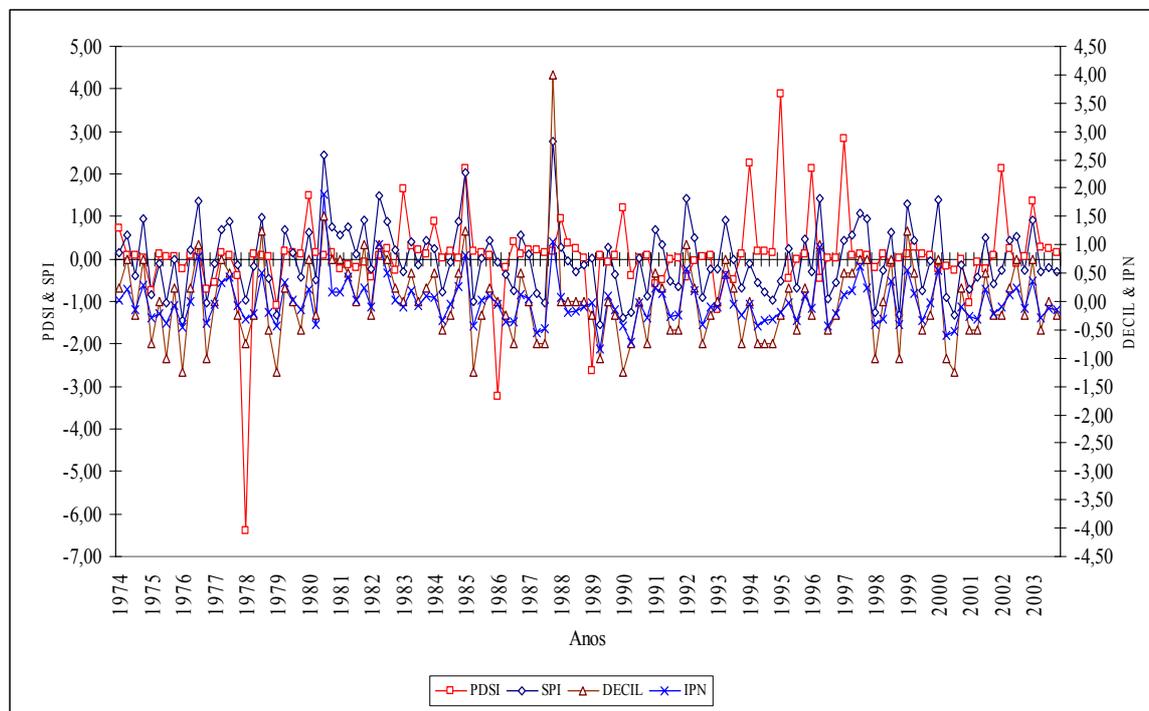


FIGURA – 17 (d) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

Ao todo, na mesorregião Campo das Vertentes, foi registrado pelo PDSI um total de 29 eventos de seca, sendo apenas 9 eventos que apresentaram grandes oscilações no decorrer da série de 1974 a 2003. Considerados como eventos de seca severa, extrema e moderada. Onde os anos que apresentaram as maiores oscilações registradas no período de outubro a janeiro foram 1979, 1982, 1994 e 2000, conforme o PDSI, com intensidade -8,43, -4,90, -3,17 e -3,44 respectivas. Desses eventos ocorridos, os mais significativos ocorreram nos meses de janeiro e novembro dos anos de 79, 82, 94 e 00, com duração média de um mês.

Dos nove eventos ocorridos na mesorregião Campo das Vertentes, cinco foram de seca moderada, para os anos de 1976, 1980, 1983, 1991 e 2000, com duração também de um mês, e intensidade de -2,44, -2,36, -2,66, -2,37 e -2,02 respectivamente FIGURA 17 (e).

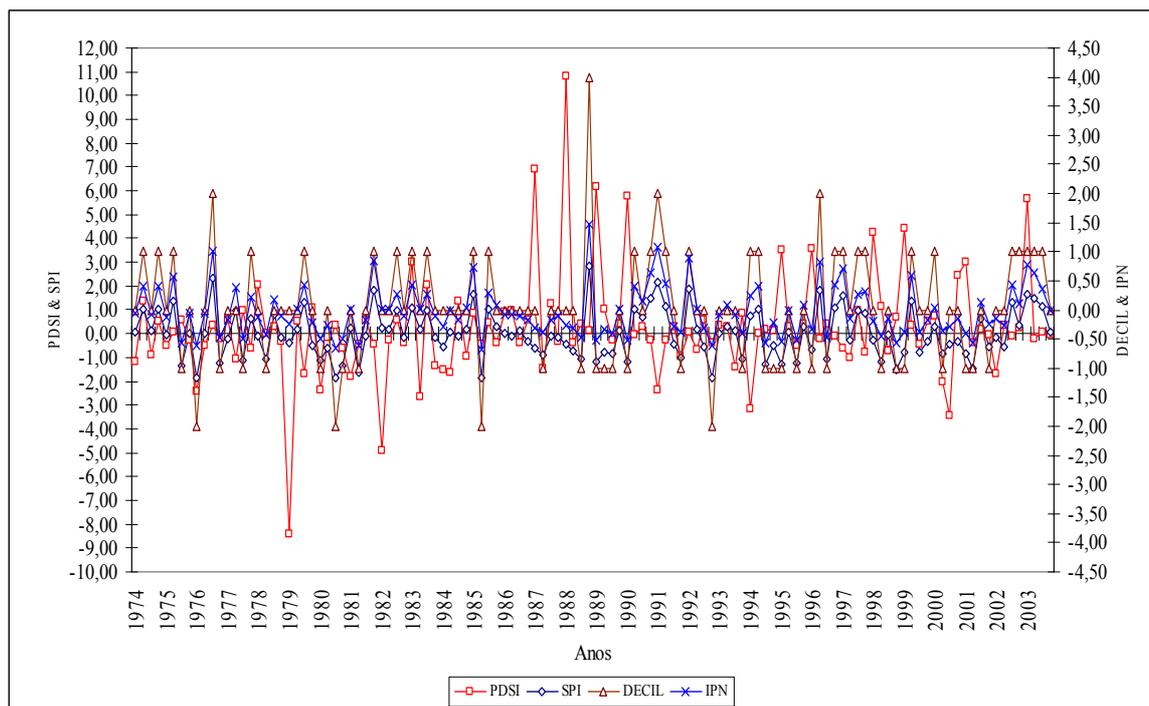


FIGURA – 17 (e) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Campo das Vertentes no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

A mesorregião Oeste de Minas Gerais apresentou um total de 30 eventos de seca, dos quais três foram de seca moderada, dois de seca severa e um evento de seca extrema, detectados pelo PDSI e que apresentaram grandes oscilações no decorrer da série analisada. Entretanto, observou-se que as maiores oscilações registradas no período de outubro a janeiro ocorreram em 1976, 1979, 1985, 1991, 1996 e 2003, com intensidade respectivas de -2,61, -3,21, -2,90, -3,51, -2,39 e -6,59 de acordo com a FIGURA – 17 (f).

Todavia, os eventos com maior significado foram os que ocorreram em 1979, 1991 e 2003. Considerados como eventos de seca severa e extrema. Com duração de um mês dentro do período acumulado (outubro a janeiro).

Os demais eventos foram considerados de pouca intensidade, ou seja, foram períodos de secas que variaram de seca inicial a moderada.

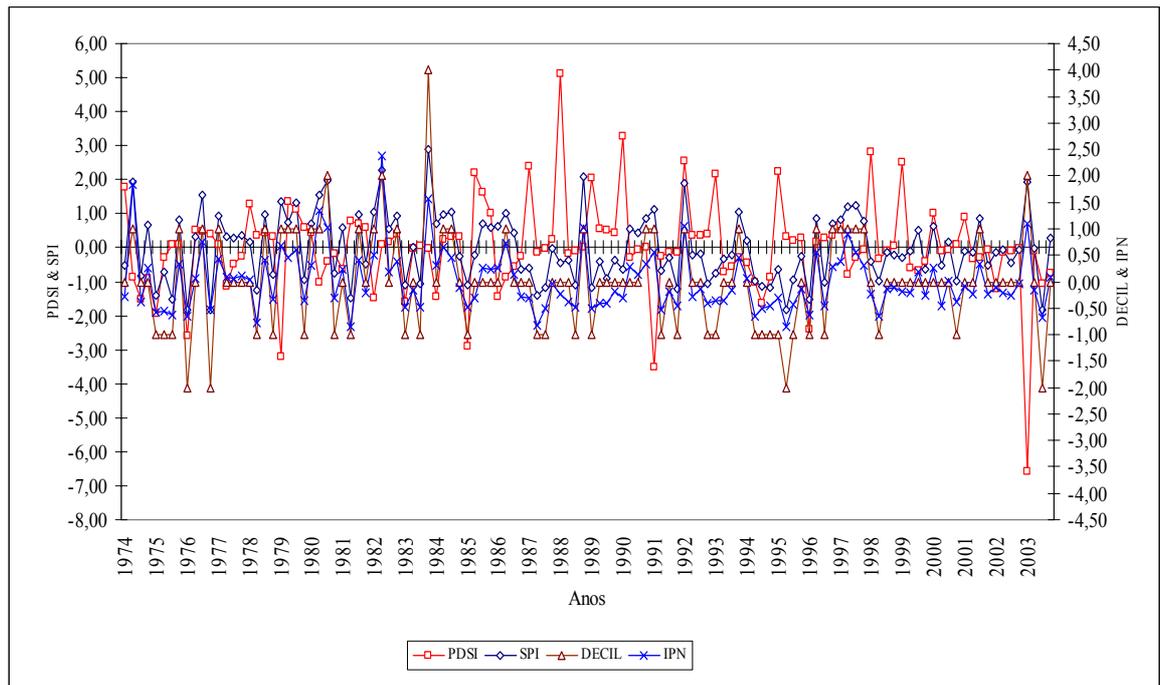


FIGURA – 17 (f) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Oeste de Minas no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

Dentro da mesorregião Vale do Rio Doce, o PDSI registrou 30 eventos de secas, sendo sete eventos considerados como de grande oscilação que variaram na escala de seca moderada a extrema. As maiores oscilações registradas no período de estudo foram: -5,77, -2,55, -2,36, -8,75, -3,83, -3,43 e -2,74, nos respectivos anos de 1981, 1986, 1988, 1990, 1993, 1994 e 2000. Em que os eventos mais significativos foram registrados em 1981 (-5,77) e 1990 (-8,75), considerados como eventos de seca extrema os demais variaram de moderado a severo. A duração foi de um mês e com intensidade de -2,44, -2,36, -2,66, -2,37 e -2,02 FIGURA 17 (g).

E mais uma vez, esses resultados estão de acordo com os encontrados por SANTOS (1998) na região Oeste do Estado de São Paulo, com ocorrências de eventos de secas que variam entre severa e extrema, nas regiões de Presidente Prudente e Pontal que apresentaram intensidade de -4,11 a -4,30 (seca extrema).

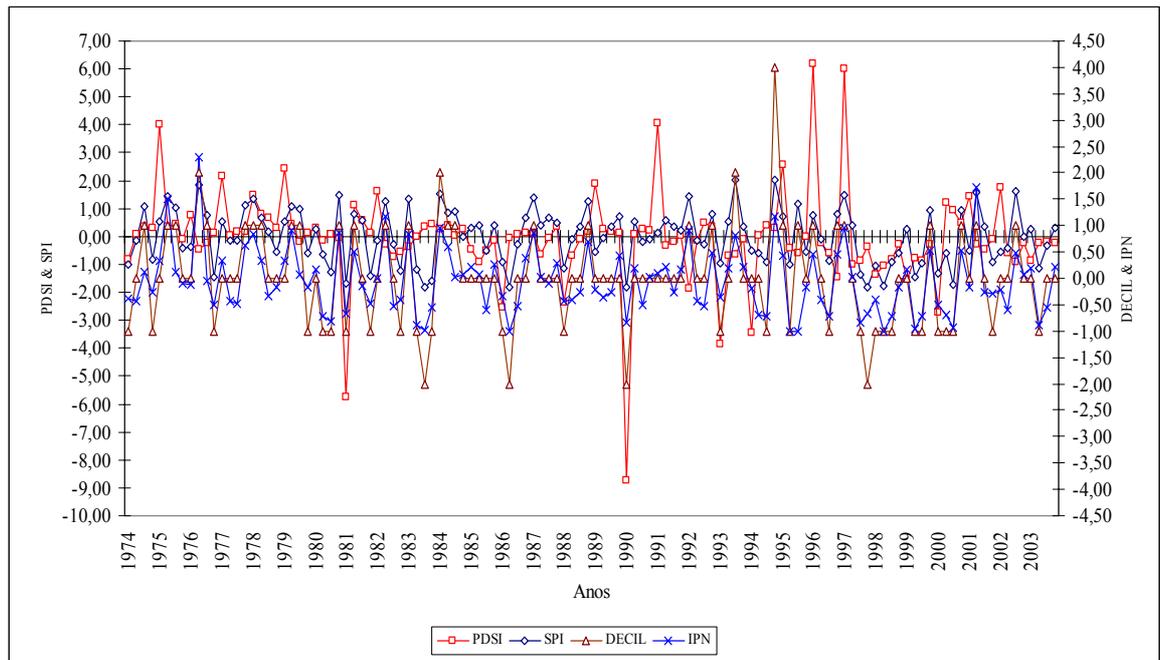


FIGURA – 17 (g) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Vale do Rio Doce no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

A mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte registrou 10 eventos de seca, dos quais dois foram de seca moderada e um de seca severa, nos anos de 1978, 1983 e 1992, respectivamente. Com intensidades de -2,24, -3,32 e -2,26, a maior oscilação registrada no período de outubro a janeiro pelo PDSI, ocorreu em 1983 com intensidade (-3,32) e duração de também de um mês FIGURA 17 (h).

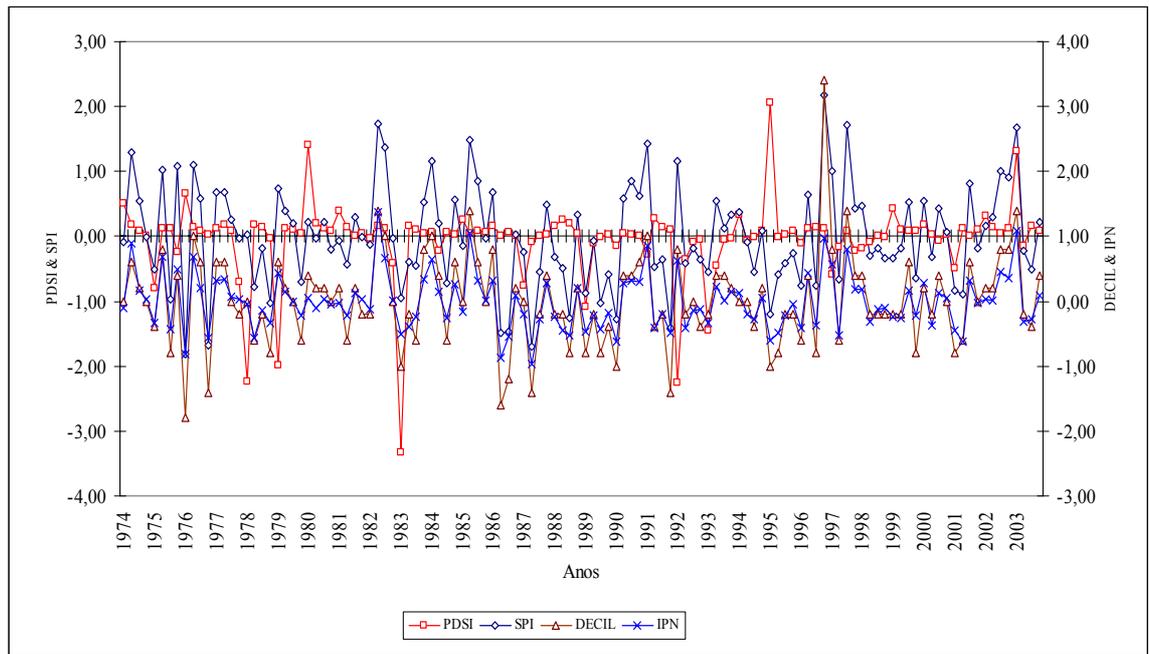


FIGURA – 17 (h) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte no período de outubro a janeiro de 1974 – 2003.

Quanto à mesorregião Central Mineira, pode-se observar que a mesma registrou uma ocorrência de 19 eventos de seca no período considerado.

Dentre esses eventos, destacam-se os de maiores oscilações identificados pelo PDSI na região nos anos de 1975, 1976 e 1978, FIGURA 17 (i), com intensidade que decresceu ao longo do tempo (-9,83, -9,02 e -7,29) consideradas como de seca extrema. Os eventos de 1977, 1982 e 1983 foram classificados como sendo de seca severa e moderada na região. A duração dos eventos em média foi de um a dois meses dentro do período considerado.

Resultados similares foram encontrados por SANTOS (1998) na região Oeste do Estado de São Paulo, com ocorrências de secas que variam de severa a extrema, nas regiões de Auriflana, Araçatuba, Adamantina.

Sendo Adamantina e Araçatuba as regiões que apresentaram grandes oscilações na intensidade das secas que variaram de -9,82 a -17,00.

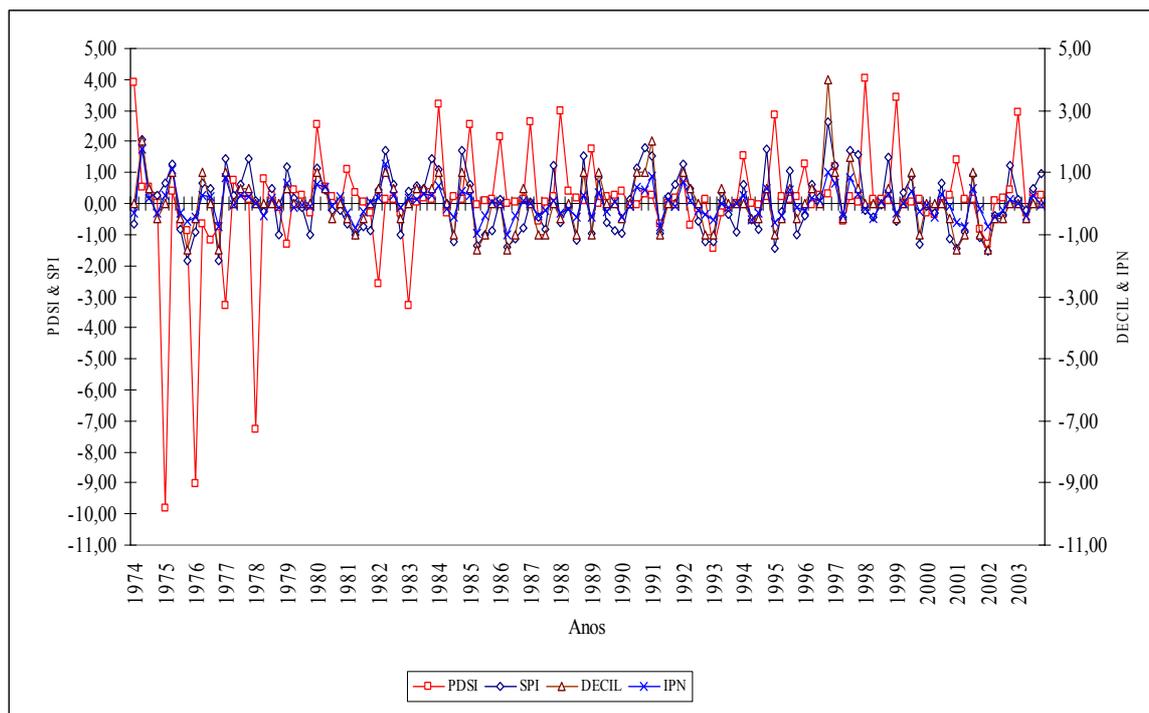


FIGURA – 17 (i) Variação dos índices (PDSI, SPI, MD e IPN) na Mesorregião Central Mineira no período de outubro a janeiro de 1974 a 2003.

Os resultados encontrados nesse trabalho estão de acordo com outros estudos que também encontraram similaridade no comportamento do SPI, MD e IPN para diferentes regiões do globo (SANTOS, 1998, KEYANTASH et al., 2002; SVOBODA et al., 2002; HAYES, 2004).

Da mesma forma, diversos outros estudos indicaram a forte sensibilidade do PDSI aos componentes do balanço hídrico, o que indicam uma defasagem em detectar a intensidade da seca, sendo essa defasagem aparentemente relacionada ao caráter hidrológico do PDSI (ROTONDO et al., 1999, KEYANTASH et al., 2002, SANSIGOLO, 2004).

### 6.1.1 – Análise das correlações entre os índices PDSI, SPI, MD e IPN nas diferentes mesorregiões do estado de Minas Gerais.

A análise das correlações entre os diferentes índices de seca, para as diferentes mesorregiões de Minas Gerais, confirma o observado na análise temporal dos índices de seca, discutidos anteriormente, ao mostrar altas correlações entre os índices SPI, MD e IPN, que variam de 0,80 a 0,99 e fracas correlações entre o PDSI e os

demais índices que também variaram de 0,01 a 0,31 (QUADRO – 11) e FIGURAS 18 (a – i) Apêndice – C.

QUADRO – 11 Correlações dos diferentes índices de seca, PDSI, SPI, MD e IPN, nas mesorregiões de estudo.

Zona da Mata			Triângulo/Alto Paranaíba			Sul/Sudoeste de Minas			
	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN
<b>PDSI</b>	0,0093	0,0430	0,0060	0,0299	0,0209	0,0263	0,1241	0,1292	0,0882
<b>SPI</b>	-	0,9483	0,9536	-	0,9581	0,9613	-	0,9439	0,9475
<b>MD</b>	-	-	0,8964	-	-	0,9141	-	-	0,8639

Campo das Vertentes			Oeste de Minas			Vale do Rio Doce			
	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN
<b>PDSI</b>	-0,0787	-0,0584	-0,0827	-0,0903	-0,0468	-0,1215	0,3115	0,3017	0,2546
<b>SPI</b>	-	0,9293	0,9850	-	0,9207	0,9442	-	0,9091	0,8521
<b>MD</b>	-	-	0,9200	-	-	0,8555	-	-	0,7920

Vale do Jequitinhonha			Met. de Belo Horizonte			Central Mineira			
	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN	SPI	MD	IPN
<b>PDSI</b>	-0,0775	-0,1135	-0,0484	0,0081	0,0357	0,0230	0,0101	0,0508	0,0027
<b>SPI</b>	-	0,9269	0,9570	-	0,9540	0,9624	-	0,8594	0,8626
<b>MD</b>	-	-	0,8929	-	-	0,9059	-	-	0,8748

### 6.1.2 – Análise das ocorrências de eventos de seca detectados pelos diferentes índices nas Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.

A análise das ocorrências dos eventos de secas detectados pelos índices PDSI, SPI, MD e IPN ao longo do período de outubro a janeiro mostraram que, de uma forma geral, o IPN foi o índice que detectou, em todas as mesorregiões, o maior número de eventos de secas. Apesar do IPN ter apresentado os maiores números de eventos de secas, estudos mais aprofundados em diferentes partes do mundo mostram que a razão do alto número de eventos de seca detectados pelo IPN é devido a sua escala de classificação que mostra que qualquer variação da normal é considerada como seca. Entretanto, uma das desvantagens deste método apontadas pelos estudos, é que o cálculo da média da precipitação é diferente da mediana, que corresponde ao valor excedido de 50 % da precipitação ocorrida num longo período de registro, a razão disto é devido à precipitação em escala mensal ou sazonal não possuir uma distribuição

normal, onde a mediana e a média são consideradas como a mesma (WILLEKE et al. 1994; HAYES, 2002).

Por sua vez, o SPI e MD foram os índices que apresentaram uma similaridade quanto ao comportamento e a detecção de eventos de seca. O PDSI de modo geral apresentou em todas as mesorregiões as menores ocorrências de eventos de seca ao longo da série considerada, embora se possam observar grandes ocorrências de eventos de secas nas mesorregiões Triângulo/Alto Paranaíba, Sul e Sudoeste, Campo das Vertentes, Oeste de Minas, Vale do Rio Doce, Metropolitana de Belo Horizonte e Central Mineira com 15, 10, 29, 30, 30, 10 e 19 eventos respectivamente, conforme o discutido anteriormente e o (QUADRO – 12).

Todavia, apesar da complexidade do PDSI, dada a utilização do balanço hídrico, o mesmo pode ser considerado como um instrumento capaz de detectar a seca comparado com os demais índices, que sejam operacionalmente melhor, ou que implique em menor margem de erro para servir de instrumento ao monitoramento de secas. O PDSI é bem mais complexo que os demais índices, mas, pode fornecer resultados mais precisos. Portanto, que é utilizado por profissionais das mais diversas áreas, tais como: hidrologistas, no acompanhamento do nível de rios, lagos e reservatórios de água; técnicos no planejamento agrônomo; engenheiros florestais para indicar condições de risco de incêndios (HEDDINGHAUS & SABOL, 1991).

QUADRO – 12 Ocorrência dos eventos de seca detectados pelos os índices PDSI, SPI, MD e IPN ao longo da série de 1974 a 2003 no período de outubro a janeiro, em Minas Gerais.

<b>Mesorregião Zona da Mata</b>						
<b>ÍNDICES</b>	<b>SECA INICIAL</b>	<b>SECA SUAVE</b>	<b>SECA MODERADA</b>	<b>SECA SEVERA</b>	<b>SECA EXTREMA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>PDSI</b>	4	4	-	-	-	8
<b>SPI</b>	-	-	8	3	-	11
<b>MD</b>	-	-	-	11	-	11
<b>IPN</b>	31	18	4	1	1	55
<b>Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba</b>						
<b>PDSI</b>	7	4	3	-	1	15
<b>SPI</b>	-	-	8	3	-	11
<b>MD</b>	-	-	-	7	-	7
<b>IPN</b>	31	21	5	2	-	59
<b>Mesorregião Sul e Sudoeste de Minas</b>						
<b>PDSI</b>	4	3	1	1	1	10
<b>SPI</b>	-	-	10	1	-	11
<b>MD</b>	-	-	-	11	-	11
<b>IPN</b>	26	23	3	2	-	54
<b>Mesorregião Campo das Vertentes</b>						
<b>PDSI</b>	9	11	5	2	2	29
<b>SPI</b>	-	-	16	6	-	22
<b>MD</b>	-	-	-	28	4	32
<b>IPN</b>	25	20	14	-	-	59
<b>Mesorregião Oeste de Minas</b>						
<b>PDSI</b>	12	12	3	2	1	30
<b>SPI</b>	-	-	15	6	-	21
<b>MD</b>	-	-	-	28	4	32
<b>IPN</b>	25	24	12	4	-	65
<b>Mesorregião Vale do Rio Doce</b>						
<b>PDSI</b>	17	6	3	2	2	30
<b>SPI</b>	-	-	12	8	-	20
<b>MD</b>	-	-	-	28	4	32
<b>IPN</b>	17	16	13	10	7	63
<b>Mesorregião Vale do Jequitinhonha</b>						
<b>PDSI</b>	6	5	-	-	-	11
<b>SPI</b>	-	-	14	3	-	17
<b>MD</b>	-	-	-	20	1	21
<b>IPN</b>	26	17	12	9	-	64
<b>Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte</b>						
<b>PDSI</b>	4	3	2	1	-	10
<b>SPI</b>	-	-	8	3	-	11
<b>MD</b>	-	-	-	9	-	9
<b>IPN</b>	25	18	9	2	1	55
<b>Mesorregião Central Mineira</b>						
<b>PDSI</b>	9	4	1	2	3	19
<b>SPI</b>	-	-	16	3	-	19
<b>MD</b>	-	-	-	-	21	21
<b>IPN</b>	20	20	5	5	2	52

## 6.2 – Análise histórica das ocorrências de secas em Minas Gerais considerando o Método dos Decis.

As ocorrências dos eventos de secas detectado pelo Método dos Decis - MD, no decorrer da série analisada nas nove mesorregiões consideradas, mostraram que de uma forma geral, as Mesorregiões Oeste de Minas Gerais e Central Mineira, apresentaram os maiores totais de ocorrência de eventos de secas (100), seguidas pelas mesorregiões Campo das Vertentes e Vale do Rio Doce com uma ocorrência de 97 e 96 eventos de secas respectivamente, ao longo da série.

As mesorregiões Oeste de Minas Gerais e Central Mineira apresentaram 71 e 64 eventos de seca severa, e 36 e 29 ocorrências de eventos de seca extrema, as maiores registradas nas respectivas mesorregiões. Já, o Vale do Rio Doce e Campo das Vertentes, apresentaram ao longo da série as maiores ocorrências de eventos de seca severas 78 e 74 eventos, seguidos de 18 e 23 eventos de seca extrema, respectivamente. Todavia, as Mesorregiões Zona da Mata, Sul e Sudoeste de Minas e Metropolitana de Belo Horizonte foram as que apresentam as menores ocorrências de eventos de seca extrema 3, 4 e 5; seguidas de 48, 41 e 43 eventos de seca severa.

O Vale do Jequitinhonha e Triângulo/Alto Paranaíba apresentaram 12 e 15 eventos de seca extrema, e 65 e 38 eventos de seca severa (QUADRO – 13).

QUADRO –13 Ocorrência dos eventos de secas, detectadas pelo Método dos Decis ao longo da série de 1974 a 2003, nas nove mesorregiões da área de estudo.

<b>MESORREGIÃO</b>	<b>SECA SEVERA</b>	<b>SECA EXTREMA</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ZONA DA MATA</b>	48	3	51
<b>TRIÂNGULO/ALTO PARANAÍBA</b>	38	15	53
<b>SUL/SUDOESTE DE MINAS</b>	41	4	45
<b>CAMPO DAS VERTENTES</b>	74	23	97
<b>OESTE DE MINAS</b>	64	36	100
<b>VALE DO RIO DOCE</b>	78	18	96
<b>VALE DO JEQUITINHONHA</b>	65	12	77
<b>MET. DE BELO HORIZONTE</b>	43	5	48
<b>CENTRAL MINEIRA</b>	71	29	100

### **6.2.1 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Zona da Mata na Série de 1974 a 2003.**

A Mesorregião Zona da Mata, de acordo com o Método dos Decis, foi submetida a uma ocorrência de 51 eventos de secas com duração média de um a três meses (QUADRO – 14 (a) Apêndice – D). O período mais longo ocorreu entre os meses de julho a setembro de 1988, e de outubro a dezembro de 1989, considerados como meses de seca extrema e severa.

As secas de menor intensidade e duração foram em média de dois meses, que ocorreram entre abril/ maio de 1999, agosto/ setembro de 1999, e maio/ junho de 2000, sendo todos esses eventos classificados como seca severa (QUADRO – 14 a).

QUADRO – 14 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Zona da Mata, na série de 1974 a 2003.

<b>Período</b>		<b>Duração das secas severas e extremas</b>
<b>De</b>	<b>Até</b>	<b>Duração</b>
jul/88	set/88	Três Meses
out/89	dez/89	Três Meses
abr/99	mai/99	Dois Meses
ago/99	set/99	Dois Meses
mai/00	jun/00	Dois Meses

### **6.2.2 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba na Série de 1974 a 2003.**

O Triângulo/Alto Paranaíba, segundo o Método dos Decis - MD, apresentou uma ocorrência de 53 eventos de secas com duração média de um a três meses (QUADRO – 15 (a) Apêndice – D). A maior duração da seca nessa mesorregião foi registrada no período de julho a setembro de 1981 e classificada como de seca severa. Enquanto as secas de menor intensidade foram registradas com média de um a dois meses de duração, com uma ocorrência de 29 e 11 eventos, respectivamente. Sendo registrados quatro eventos de seca severa ao longo dos meses de: agosto/ setembro de

1975, outubro/ novembro de 1987, julho/ agosto de 1999 e junho/ julho de 2003. Também foram observados sete eventos de seca extrema nos meses de: julho/ agosto de 1988, junho /julho de 1992, julho/ agosto de 1995, agosto/ setembro de 1994, junho/ julho de 1997, junho/ julho de 1998 e maio/ junho de 2000 (QUADRO – 15 b).

QUADRO – 15 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
ago/75	set/75	Dois Meses
jul/81	set/81	Três Meses
out/87	nov/87	Dois Meses
jul/88	ago/88	Dois Meses
jun/92	jul/92	Dois Meses
ago/94	set/94	Dois Meses
jul/95	ago/95	Dois Meses
jun/97	jul/97	Dois Meses
jun/98	jul/98	Dois Meses
jul/99	ago/99	Dois Meses
mai/00	jun/00	Dois Meses
jun/03	jul/03	Dois Meses

### 6.2.3 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas na Série de 1974 a 2003.

No Sul/ Sudoeste de Minas, podemos observar a ocorrência de 45 eventos de secas com duração média de dois meses. As maiores durações registradas ocorreram nos meses de julho/ agosto de 1975, agosto/ setembro de 1994, junho/ julho de 1998 e outubro/ novembro de 2000, (QUADRO – 16 b), classificado como meses de seca severa. Foram também observados 37 eventos de seca com duração de um mês (QUADRO – 16 (a) Apêndice – D), onde quatro desses eventos apresentaram as maiores intensidades registradas nos meses de junho de 1979, julho de 1985, agosto de 1999 e junho de 2002, classificados como meses de seca extrema.

QUADRO – 16 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
jul/75	ago/75	Dois Meses
ago/94	set/94	Dois Meses
jun/98	jul/98	Dois Meses
out/00	nov/00	Dois Meses

#### 6.2.4 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Campo das Vertentes na Série de 1974 a 2003.

A mesorregião Campo das Vertentes, apresentou uma ocorrência de 97 eventos de secas com duração média de três meses. Os meses que apresentaram as maiores durações de secas foram: de janeiro/ março de 1980, julho/ setembro de 1980 e julho/ setembro de 1995, que variaram de seca severa a extrema. Foram também observados 57 e 13 eventos de seca com duração de um a dois meses de ocorrência, sendo que, 11 desses eventos apresentaram duração e intensidade de um mês, foram eles: fevereiro de 1977, julho de 1977, junho de 1979, outubro de 1985, setembro de 1986, junho de 1990, junho de 1992, dezembro de 1992, julho de 1993, julho de 1996 e junho de 2002, classificados com meses de seca extrema. Quanto à seca com duração de dois meses, nota-se uma variação de seca severa a extrema, ao longo do tempo, nos meses de: março/ abril de 1975, março/ abril de 1976, setembro/ outubro de 1978, julho/ agosto de 1988, abril/ maio de 1989, outubro/ novembro de 1989, agosto/ setembro de 1994, novembro/ dezembro de 1994, agosto/ setembro de 1999, maio/ junho de 2000, janeiro/ fevereiro de 2001 e março/ abril de 2002 (QUADRO – 17 (b) e (a) Apêndice – D).

QUADRO – 17 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Campo das Vertentes, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
mar/75	abr/75	Dois Meses
mar/76	abr/76	Dois Meses
set/78	out/78	Dois Meses
jan/80	mar/80	Três Meses
jul/80	set/80	Três Meses
nov/80	dez/80	Dois Meses
fev/84	mar/84	Dois Meses
jul/88	ago/88	Dois Meses
abr/89	mai/89	Dois Meses
out/89	nov/89	Dois Meses
ago/94	set/94	Dois Meses
nov/94	dez/94	Dois Meses
jul/95	set/95	Três Meses
ago/99	set/99	Dois Meses
mai/00	jun/00	Dois Meses
jan/01	fev/01	Dois Meses
mar/02	abr/02	Dois Meses

#### 6.2.5 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Oeste de Minas na Série de 1974 a 2003.

A mesorregião Oeste de Minas Gerais está sendo representada apenas por uma estação e tendeu apresentar as maiores ocorrências de eventos de secas (100), com durações médias que variaram de dois a seis meses. Onde período com maior duração (seis meses) foi de julho a dezembro de 1994, com duração de cinco e quatro meses, os meses de julho a novembro de 1975, e maio a agosto de 2002, considerados meses de seca severa e extrema. Também foram observados eventos de seca com duração média, que variaram entre dois a três meses, com uma ocorrência de 9 e 5, respectivamente, nos meses de: maio/ junho de 1979, janeiro/ fevereiro de 1983, abril/ maio de 1983, outubro/ novembro de 1987, julho/ agosto de 1988, abril/ maio de 1989, outubro/ novembro de 1995, setembro/ outubro de 1998 e abril/ maio de 1999, e com duração de três meses: junho/ agosto de 1991, julho/ setembro de 1999, abril/ junho de 2000 e fevereiro/ abril de 2001, classificados como meses de seca severa e extrema. As secas

com duração de um mês, apresentaram uma frequência de 53 eventos, dos quais os meses de: janeiro/ 1976, dezembro/ 1976, fevereiro/ 1977, junho/ 1978, maio/ 1980, julho/ 1981, abril/ 1984 e junho/ 1992 foram meses de seca extrema (QUADRO – 18 (a) e (b) Apêndice – D).

QUADRO – 18 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Oeste de Minas, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
jul/75	nov/75	Cinco Meses
mai/79	jun/79	Dois Meses
jan/83	fev/83	Dois Meses
abr/83	mai/83	Dois Meses
out/87	nov/87	Dois Meses
jul/88	ago/88	Dois Meses
abr/89	mai/89	Dois Meses
jun/91	ago/91	Três Meses
jul/94	dez/94	Seis Meses
jun/95	ago/95	Três Meses
out/95	nov/95	Dois Meses
set/98	out/98	Dois Meses
abr/99	mai/99	Dois Meses
jul/99	set/99	Três Meses
abr/00	jun/00	Três Meses
fev/01	abr/01	Três Meses
mai/02	ago/02	Quatro Meses

#### 6.2.6 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Vale do Rio Doce na Série de 1974 a 2003.

Ressalta-se que a mesorregião Vale do Rio Doce representada apenas por uma estação, apresentou 96 eventos de seca com duração média de seis meses (janeiro a junho de 2000), considerados como de seca severa. Também foram observadas ocorrências 40, 12, 7 e 1, eventos de seca com duração média que variaram no intervalo de um a quatro meses de duração, classificados como de seca severa e extrema. Para a duração de um mês, foi observada uma ocorrência de 40 eventos de secas, sendo que, 9 desses eventos foram considerados de seca extrema, nos meses de: setembro/ 1974, junho/ 1979, julho/ 1986, outubro/ 1986, janeiro/ 1990, maio/ 1992,

julho/ 1993, fevereiro/ 1994 e julho/ 2001 (QUADRO – 19 (a) Apêndice – D). Enquanto, para a duração de dois meses, observou-se a ocorrência de seca severa nos meses de: agosto/ setembro de 1976, maio/ junho de 1978, outubro/ novembro de 1980, abril/ maio de 1989, agosto/ setembro de 1994, setembro/ outubro de 1995, agosto/ setembro de 1997, novembro/ dezembro de 1997, junho/ julho de 1998, outubro/ novembro de 1999, outubro/ novembro de 2000 e junho/ julho de 2002, e os eventos com duração de três meses de seca, apresentaram ocorrência de seca severa nos meses de: janeiro/ março de 1974, março/ maio de 1981, fevereiro/ abril de 1983, julho/ setembro de 1987, janeiro/ março de 1993 e setembro/ novembro de 1998, para os eventos com duração de quatro meses, observa-se também a ocorrência de seca severa nos meses de maio a agosto de 1988 (QUADRO – 19 b).

QUADRO – 19 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Vale do Rio Doce, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
jan/74	mar/74	Três Meses
ago/76	set/76	Dois Meses
mai/78	jun/78	Dois Meses
out/80	nov/80	Dois Meses
mar/81	mai/81	Três Meses
fev/82	abr/82	Três Meses
out/83	dez/83	Três Meses
jul/87	set/87	Três Meses
mai/88	ago/88	Quatro Meses
abr/89	mai/89	Dois Meses
jan/93	mar/93	Três Meses
ago/94	set/94	Dois Meses
set/95	out/95	Dois Meses
ago/97	set/97	Dois Meses
nov/97	dez/97	Dois Meses
jun/98	jul/98	Dois Meses
set/98	nov/98	Três Meses
out/99	nov/99	Dois Meses
jan/00	jun/00	Seis Meses
out/00	nov/00	Dois Meses

### 6.2.7 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Vale do Jequitinhonha na Série de 1974 a 2003.

A mesorregião Vale do Jequitinhonha apresentou uma ocorrência de 77 eventos de secas com duração média de quatro meses. Os meses com maior duração de eventos de seca extrema foram junho a setembro de 1996. Os resultados apresentados no QUADRO – 20 (b), mostram uma ocorrência de 8 e 5 eventos de secas, com duração de dois a três meses, no período de: junho/ julho de 1974, setembro/ outubro de 1981, novembro/ dezembro de 1983, outubro/ novembro de 1986, julho/ agosto de 1987, abril/ maio de 1989 e janeiro/ fevereiro de 2001 de seca severa e extrema. Enquanto que, a duração da seca para de três meses ocorreu no período de: abril/ junho de 1976, maio/ julho de 1985, junho/ agosto de 1993, julho/ setembro de 1994, agosto/ outubro de 1995 QUADRO – 20 (b).

QUADRO – 20 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Vale do Jequitinhonha, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
DE	ATÉ	Duração
Jun/74	Jul/74	Dois Meses
Abr/76	Jun/76	Três Meses
Set/81	Out/81	Dois Meses
Nov/83	Dez/83	Dois Meses
Mai/85	Jul/85	Três Meses
Out/86	Nov/86	Dois Meses
Jul/87	Agos/87	Dois Meses
Jul/88	Agos/88	Dois Meses
Abr/89	Mai/89	Dois Meses
Jun/93	Agos/93	Três Meses
Jul/94	Set/94	Três Meses
Agos/95	Out/95	Três Meses
Jun/96	Set/96	Quatro Meses
Jan/01	Fev/01	Dois Meses

Nos anos de 1999, 2001 e 2003 (QUADRO – 20 (a) Apêndice – D), apresentaram eventos de secas com duração de um a dois meses, que coincidiram com as informações fornecidas pela Defesa Civil do Estado de Minas Gerais, que atendendo a solicitação dos municípios desta região, decretou situação de emergência em Araçuaí

e Diamantina, em virtude das secas ocorridas nesses anos. Foi verificado que nos meses de junho e agosto de 1999 registrou-se a ocorrência de secas que durou um mês, com intensidade de seca severa. Já o ano de 2001, apresentou seca com duração de um mês (julho e outubro) e dois meses (janeiro a fevereiro), com intensidade de seca severa. No ano de 2003 foi observado duração de um mês (fevereiro e junho) com intensidade também de seca severa (QUADRO – 20 (a) Apêndice – D).

#### **6.2.8 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte na Série de 1974 a 2003.**

A mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte mostrou a ocorrência de 48 eventos de secas com duração média de três meses. Os meses em que se registraram as maiores durações de secas foram: janeiro/ março de 1983, setembro/ novembro de 1986, junho/ agosto de 1994, janeiro/ julho 1995 e maio/ julho de 1995, considerados como meses de seca severa. Também foram observados eventos de seca com duração média que variaram entre um a dois meses de seca severa e extrema de acordo com o (QUADRO – 21 (b) e (a) Apêndice – D).

QUADRO – 21 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na série de 1974 a 2003.

<b>Período</b>		<b>Duração das secas severas e extremas</b>
<b>De</b>	<b>Até</b>	<b>Duração</b>
jan/83	mar/83	Três Meses
set/86	nov/86	Três Meses
jul/88	ago/88	Dois Meses
jun/94	ago/94	Três Meses
jan/95	jul/95	Três Meses
mai/95	jul/95	Três Meses
jun/99	jul/99	Dois Meses
mai/00	jun/00	Dois Meses
jun/03	jul/03	Dois Meses

**6.2.9 – Duração dos maiores eventos de seca identificados na Mesorregião Central Mineira na Série de 1974 a 2003.**

A mesorregião Central Mineira apresentou a ocorrência de 100 eventos de seca, com duração média que variaram de dois a cinco meses. Onde os meses com maior duração foram de: abril a agosto de 1999, e com duração de quatro e três meses foram os meses de: maio/ agosto de 1988, maio/ agosto de 1991, junho/ agosto de 1982, setembro/ novembro de 1985, junho/ agosto de 1992, julho/ setembro de 1994, junho/ agosto de 1995, que forma classificados como meses de seca severa e extrema. Também observou-se a ocorrência de 36 e 13 eventos de seca com duração de um a dois meses de seca severa e extrema (QUADRO – 22 (b) e (a) Apêndice – D).

QUADRO – 22 (b) Duração dos períodos mais secos na Mesorregião Central Mineira, na série de 1974 a 2003.

Período		Duração das secas severas e extremas
De	Até	Duração
ago/78	set/78	Dois Meses
jun/81	jul/81	Dois Meses
jun/82	ago/82	Três Meses
mar/84	abr/84	Dois Meses
set/85	nov/85	Três Meses
set/87	out/87	Dois Meses
mai/88	ago/88	Quatro Meses
mai/91	ago/91	Quatro Meses
jun/92	ago/92	Três Meses
jun/93	jul/93	Dois Meses
jul/94	set/94	Três Meses
jun/95	ago/95	Três Meses
jun/96	jul/96	Dois Meses
jul/97	ago/97	Dois Meses
jun/98	jul/98	Dois Meses
abr/99	ago/99	Cinco Meses
mai/00	jun/00	Dois Meses
jan/01	fev/01	Dois Meses
jun/01	jul/01	Dois Meses

### 6.3 – Análise da variação espacial do Método dos Decis (MD), no período de outubro a dezembro, para a série de 1974 a 2003.

O conhecimento da variação espacial e temporal da seca utilizando ferramentas de geoespacialização, é essencial para se compreender o seu comportamento ao longo do espaço em uma determinada região BRUNINI et al., (2001).

A análise da variação espacial dos valores acumulados médios do Método dos Decis (MD), nas décadas de 70, 80 e 90, no período de outubro a janeiro, encontra-se ilustradas nas FIGURAS – 19 (a) (b) (c).

Os resultados mostram que o estado de Minas Gerais esteve submetido predominantemente a valores, próximo do normal, para todas as regiões. Embora, observe-se uma ligeira variação de seca severa nas regiões Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Jequitinhonha na década de 70. Enquanto que sobre as regiões Norte de Minas, parte do Triângulo/Alto e Paranaíba, Oeste e Sudoeste de Minas verifica-se valores acima da normal (úmidos) (FIGURA – 19 a).

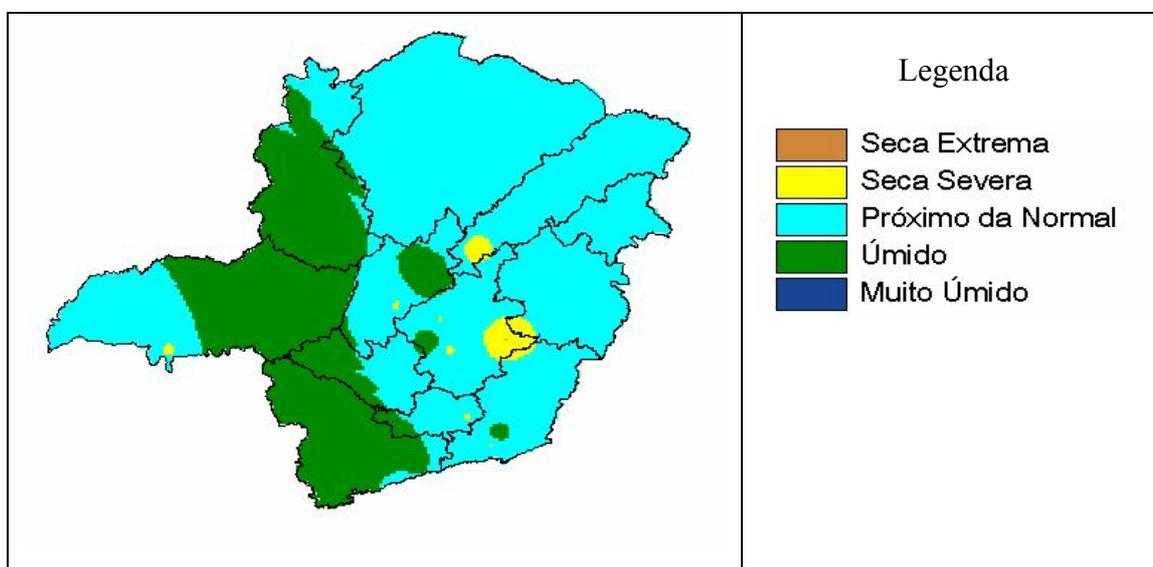


FIGURA 19 (a) – Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1970 a 1980.

A análise espacial da seca no Estado de Minas Gerais mostrou que de uma forma geral, na década de 80, o Estado apresentou seca severa na maior parte das

regiões. No entanto, no Leste e parte Norte do Estado, observa-se à ocorrência de valores próximo do normal. Embora, observe-se alguns pontos de seca extrema sobre as Mesorregiões Central Mineira, Metropolitana de Belo Horizonte, Triângulo/Alto e Paranaíba e Zona da Mata (FIGURA – 19 b).

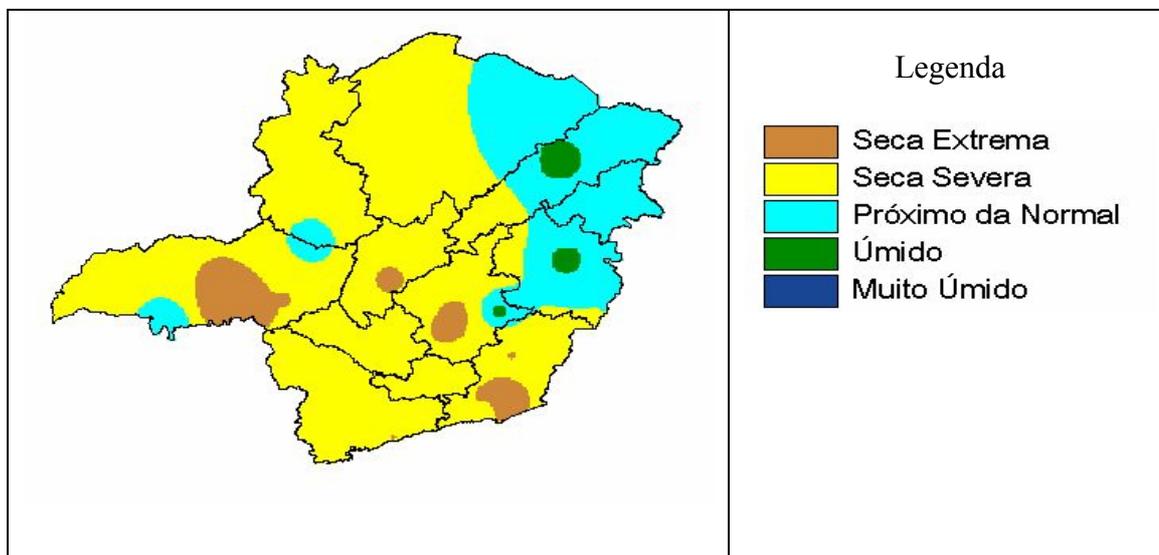


FIGURA 19 (b) – Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1980 a 1990.

A variação espacial ao longo da década de 90 mostrou que de uma maneira geral parte das regiões Noroeste, Nordeste e Sul de Minas apresentam a ocorrência de secas severas. Pôde-se ainda observar uma extensa faixa de valores acumulados médios do (MD) próximo da normal entre o Leste e Sul, e parte do Triângulo/Alto Paranaíba no Oeste do Estado, e alguns pontos de seca severa no Vale do Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte e Zona da Mata (FIGURA – 19 c).

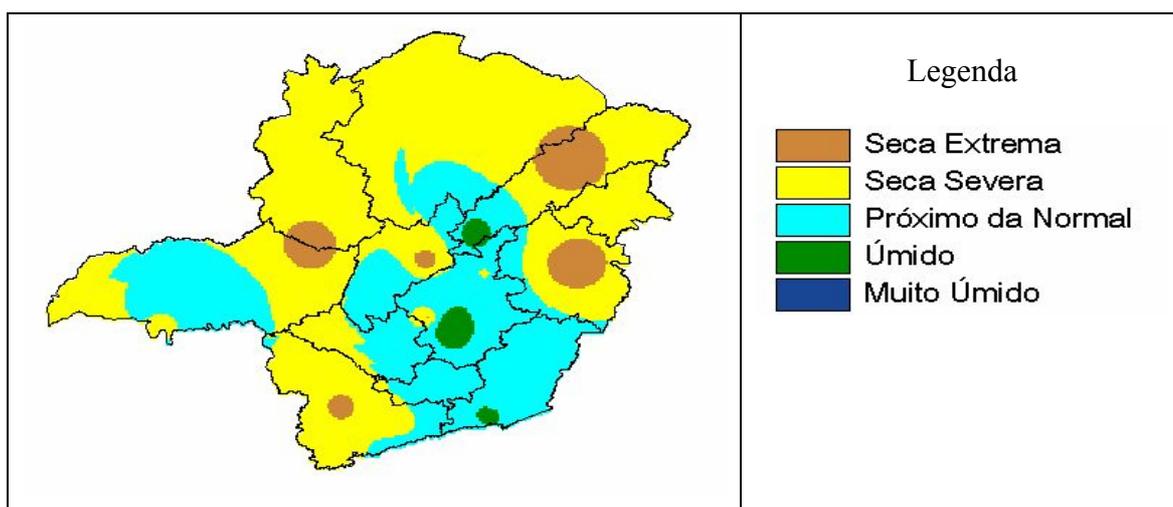


FIGURA 19 (c) – Variação espacial dos valores médios do Método dos Decis (MD) para o período de outubro a janeiro no estado de Minas Gerais, na década de 1990 a 2000.

#### 6.4 – Variação da produção de milho na série histórica de 1974 a 2003.

A variação da produção de milho no período de 1974 a 2003 na Mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte, FIGURAS (20 a – c), mostra como era de se esperar, uma tendência de crescimento da produção de milho com tempo. Tal crescimento se deve aos incrementos tecnológicos, aplicados ao cultivo do milho. E essa tendência é confirmada pelos altos valores dos coeficientes de determinação e correlação, que variaram entre 0,85 e 0,95 (FIGURAS 20 a – c).

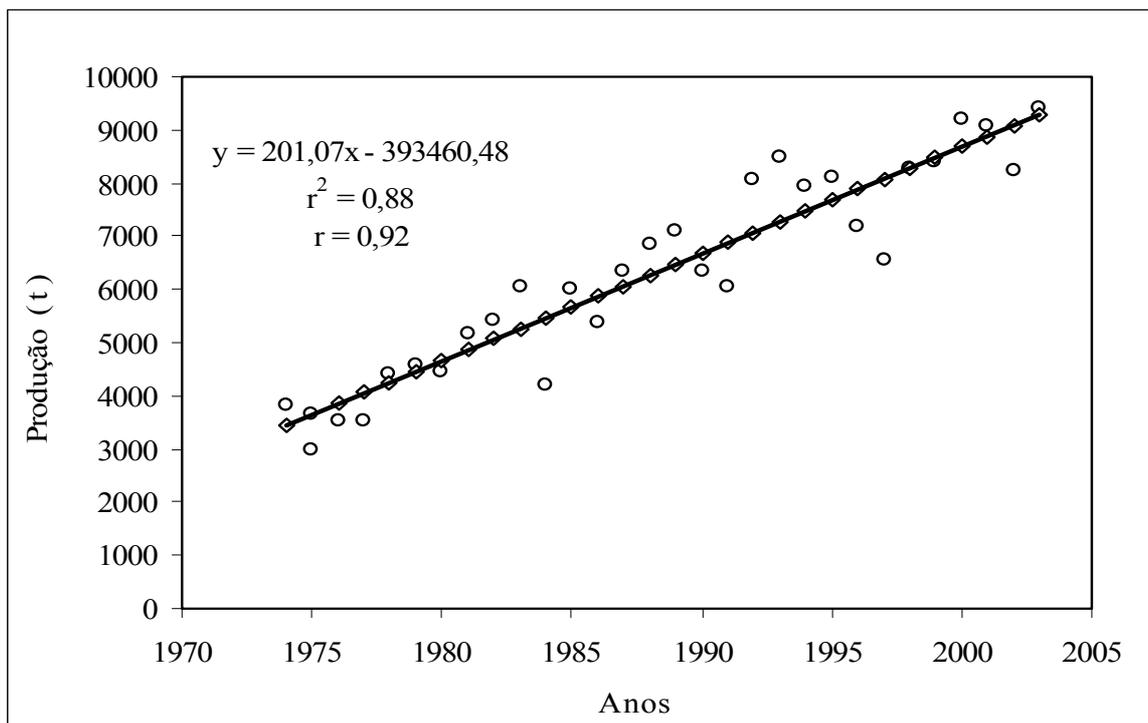


FIGURA – 20 (a) Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Zona da Mata, de 1974 a 2003.

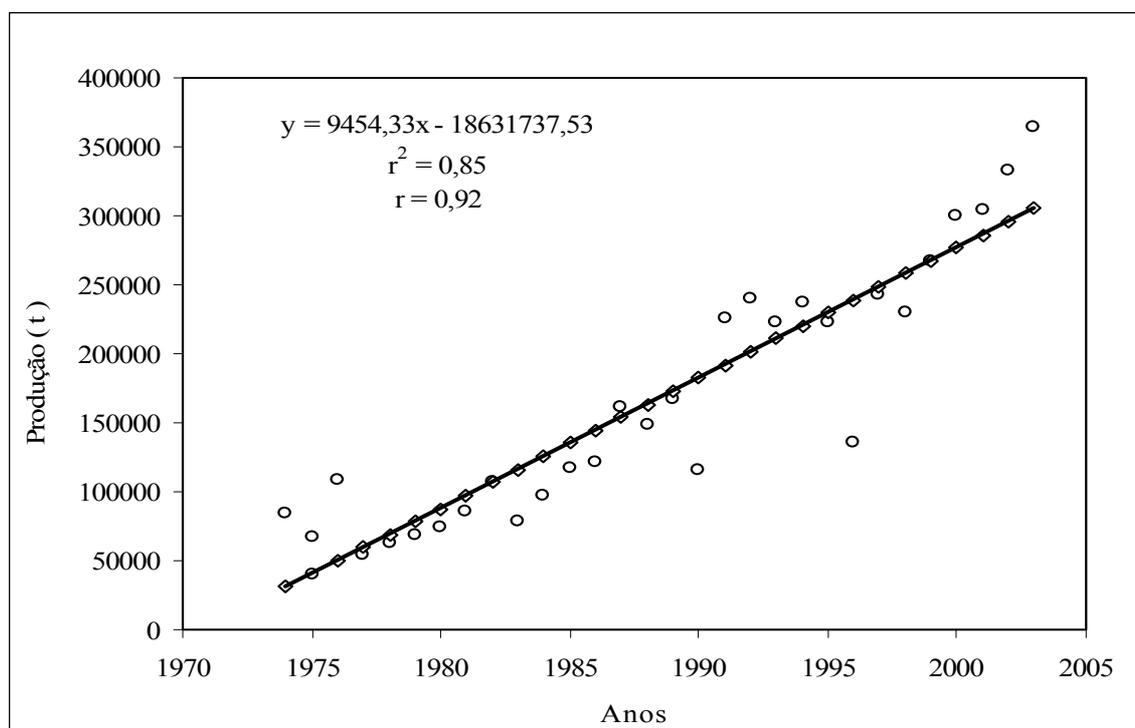


FIGURA – 20 (b) Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba, de 1974 a 2003.

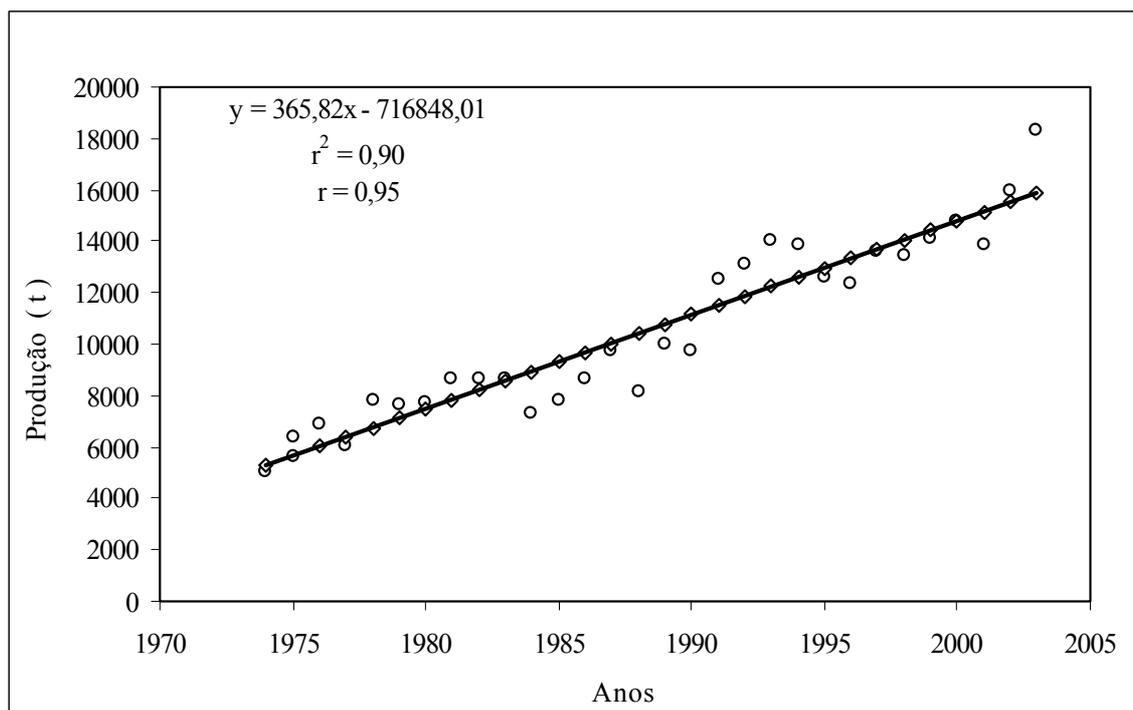


FIGURA – 20 (c) Diagrama de dispersão da curva de tendência tecnológica da produção de milho na Mesorregião Metropolitana Belo Horizonte, de 1974 a 2003.

#### 6.4.1 – Avaliação do desempenho do índice de seca agrícola na cultura do milho, nas Mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte.

Os resultados apresentados neste estudo mostraram que o MD e o SPI foram os dois métodos mais apropriados ao monitoramento da seca agrícola no período de outubro a janeiro, através da utilização do modelo resíduo da produção e índice de seca.

Todavia, dada à simplicidade do MD e alta correlação com SPI, o MD foi considerado como o mais apropriado ao monitoramento da seca no estado de Minas Gerais.

Dentre as mesorregiões analisadas, constatou-se que a Zona da Mata foi a que apresentou o maior índice de concordância de WILLMOTT et al. (1985), seguidos pelos menores EQM, EMA e  $r^2$ . Embora, possa-se observar que de uma forma geral todas as regiões da área de estudo apresentaram baixos valores do coeficiente de determinação 0,08; 0,03 e 0,001, respectivamente. Enquanto que as mesorregiões Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte, se diferenciaram por

apresentar os mais altos valores do EQM e EMA, baixo e insignificante valor do índice de concordância 0,2228 e 0,0443, respectivamente. Também se observa que, a mesorregião Zona da Mata foi a que apresentou o maior desvio padrão do índice de seca, e as mesorregiões Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte o menor valor do desvio padrão.

Os resultados encontrados nesse trabalho estão de acordo com outros estudos na literatura, que mostraram baixos valores para o coeficiente de determinação, que variaram de 0,15 a 0,47; e os índices de concordância entre 0,14 e 0,76, para avaliação do desempenho do índice de seca mais apropriado ao monitoramento da seca agrícola, no cultivo do trigo nas pradarias canadenses QUIRING et al. (2003).

QUADRO – 23 Resultados estatísticos (EQM, EMA, d,  $\sigma$  e  $r^2$ ) utilizados para identificar o melhor índice de seca agrícola na Mesorregião da Zona da Mata.

Mesorregião	Zona da Mata	Triângulo Alto Paranaíba	Met. de Belo Horizonte
Erro Quadrado Médio - E Q M (t)	612,26	33812,06	1060,54
Erro Médio Absoluto - E M A (t)	480,47	24875,33	864,28
Índice de Concordância (d)	0,3506	0,2228	0,0443
Desvio Padrão ( $\sigma$ )	1,49	1,30	1,35
Coeficiente de Determinação ( $r^2$ )	0,0762	0,0331	0,0011

A análise do comportamento do MD, na série de 1974 a 2003 na Zona da Mata (QUADRO – 24 Apêndice – E), revelou que os anos de 1987, 1990 e 1995 foram anos que apresentaram a ocorrência de eventos de seca severa, com queda na produção de milho de 738 t, em 1990, e o mesmo coincide com o um evento moderadamente seco do SPI. Todavia, podem-se observar pequenas variações do MD no decorrer da série de 1974 a 2003, com apenas um evento de seca extrema em 1989, sem queda na produção de milho (FIGURA – 21).

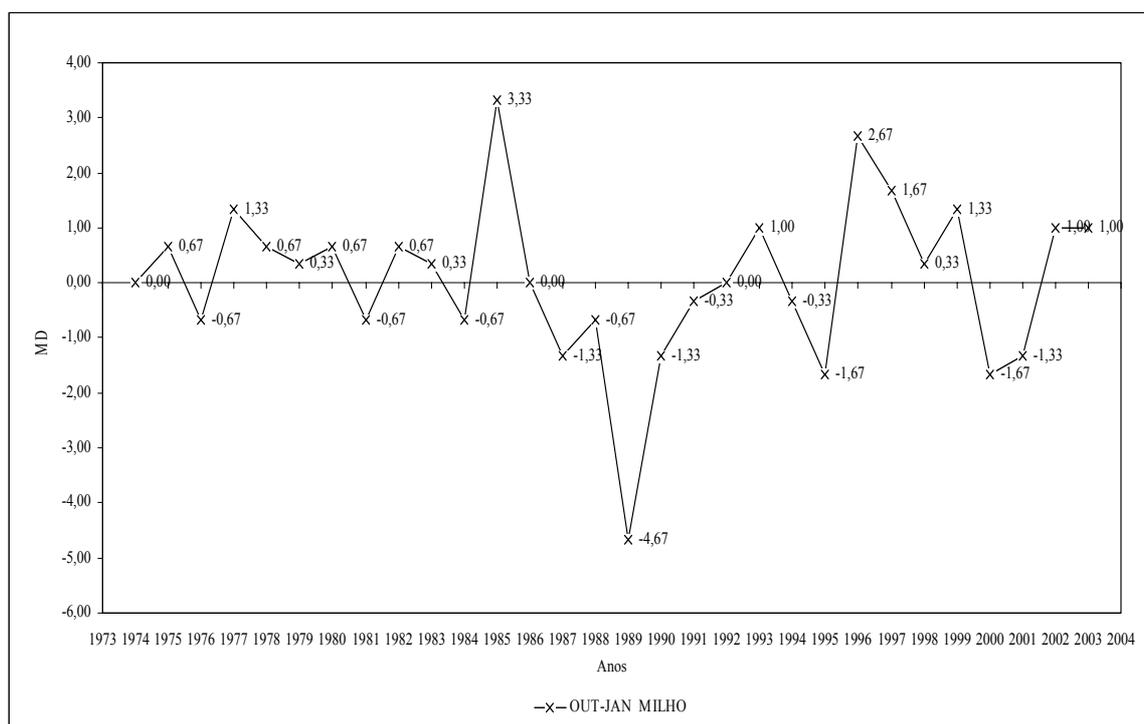


FIGURA – 21 Variação do comportamento do Método dos Decis (MD), na Mesorregião Zona da Mata, para a série de 1974 a 2003.

A análise dos índices PDSI, SPI, MD e IPN na mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba, (QUADRO – 25 Apêndice – E) mostra a ocorrência de 10, 8, 8 e 11 eventos de secas de quaisquer intensidades. O PDSI, nos anos de 1975, 1982, 1984, 1987 e 2001, registrou uma ocorrência de cinco eventos de seca inicial; 1983, 1991 e 1992 foram anos considerados como de seca suave com três eventos; 1976 e 1978 de seca extrema com apenas dois eventos. Onde, 1975 e 1983 foram os anos que apresentaram quedas na produção de milho de 17,07 e 27,95 t, respectivamente.

Já MD e SPI, detectaram a ocorrência de secas com intensidades variadas, mas que não se registrou queda na produção de milho da região, nos anos de 1976, 1978, 1981, 1987, e 1989. Entretanto, 1981, 1988, 1992, 1995, 1996 foram considerados como anos moderadamente seco e muito seco, havendo queda na produção de 13,46, 15,10 e 86,09 t nos anos de 1988, 1995 e 1996.

Por sua vez, o IPN mostrou que os anos de 1975, 1977, 1988 e 1996 apresentaram queda na produção de milho de 17,07 t; 54,61 t; 13,46 t e 86,09 t, respectivamente conforme o QUADRO – 25 (Apêndice - E).

Quanto a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, a análise de seu comportamento (QUADRO – 26 Apêndice - E), mostrou que os respectivos índices PDSI, SPI, MD e IPN, mesmo sendo incapazes de identificar a seca agrícola no período de outubro a janeiro, na região, apresentaram uma ocorrência de 9, 9, 9 e 10 eventos de seca.

Em que o PDSI, nos anos de 1975, 1987, 1989 e 2001 detectou quatro eventos de seca inicial; 1979, 1992 e 1993 três de seca suave; 1978 e 1983 apenas um evento de seca moderada e outro de seca severa sem quedas na produção. Mas em 1979 houve uma queda na produção de 131 t. O IPN e o MD identificaram ao longo da série diversos eventos de secas, com queda na produção de milho de 1225, 207 e 962 t nos anos de 1995, 1998 e 2001, respectivamente QUADRO – 26 (Apêndice - E).

## **7.0 – RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS.**

Este trabalho teve por objetivo a caracterização da seca e os efeitos na produção da cultura do milho para as diferentes regiões de Minas Gerais. O estudo foi dividido nas seguintes etapas:

Primeiramente, determinou-se a variação dos índices de seca nos diferentes cenários da área de estudo. Em seguida, foram calculadas as correlações entre os índices, as ocorrências de eventos de seca detectados pelos índices PDSI, SPI, MD e IPN, a análise histórica das ocorrências de secas considerado pelo Método dos decis (MD), e a duração dos eventos de secas nas mesorregiões de estudo. Posteriormente, fez-se a análise da variação espacial do MD no período de outubro a dezembro, para as décadas 70, 80 e 90. Finalmente, foram analisadas as variações da produção de milho e a performance do MD nas mesorregiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte.

Os resultados apresentados anteriormente permitiram chegar as conclusões que seguem:

- As análises dos resultados dos diferentes índices de seca, mostraram que de maneira geral os índices SPI, MD e IPN apresentaram um comportamento similar, tanto em termos temporal como espacial no decorrer dos anos, nas diferentes mesorregiões de Minas Gerais. Por sua vez, o PDSI se diferenciou dos demais índices por apresentar ora grandes e ora pequenas oscilações ao longo dos anos.
- As análises das correlações dos índices de seca, em todas as mesorregiões da área de estudo, mostraram que o PDSI foi o índice que apresentou as mais fracas

correlações entre os índices de seca, enquanto as correlações do SPI e o MD com os demais índices foram as maiores registradas em todas as nove mesorregiões analisadas.

➤ Os resultados encontrados e discutidos nos tópicos anteriores mostraram que os índices MD e SPI parecem ser os mais adequados para serem utilizados na caracterização da seca em Minas Gerais. No entanto, considerando a sua simplicidade e alta correlação com o SPI, o MD se apresenta como o mais indicado para ser utilizado no monitoramento da seca no Estado de Minas Gerais.

➤ As análises dos eventos de seca mostraram que o IPN foi o índice que apresentou, em todas as mesorregiões, o maior número de eventos de seca, enquanto o PDSI, SPI e MD apresentaram valores de ocorrência de eventos de seca bem abaixo do IPN.

➤ A análise histórica das ocorrências dos eventos de secas detectadas pelo MD ao longo dos anos, mostrou que as mesorregiões Oeste de Minas Gerais e Central Mineira, apresentaram a maior ocorrência de eventos de seca 100, seguidas pelas mesorregiões Campo das Vertentes e Vale do Rio Doce com uma ocorrência de 97 e 96 eventos de secas, respectivamente, considerados em sua maioria como eventos de seca severa e extrema, no entanto, as Mesorregiões Zona da Mata, Sul/Sudoeste de Minas e Metropolitana de Belo Horizonte foram as que apresentaram as menores ocorrências de eventos de seca 51, 45, 48, respectivamente. Seguidos pelo Vale do Jequitinhonha e Triângulo/Alto Paranaíba 77 e 53 eventos de seca.

➤ A duração da seca e sua intensidade, de uma forma geral, apresentaram um comportamento que variaram entre um e seis meses de duração, com intensidades entre secas severas a extremas.

➤ A ausência de registros históricos de seca no estado de Minas Gerais e na maioria dos Estados do país, concentra-se na falta de centros de monitoramento de combate e mitigação dos efeitos da seca sobre as populações residentes nas áreas atingidas. A ausência de informações sobre as secas tem levado ao desconhecimento, não só da duração e intensidades das secas, mas dos prejuízos socioeconômicos por ela causados ao longo dos anos, e essa ausência impede o planejamento de ações efetivas. Sendo as poucas informações disponibilizadas, sobre a duração e intensidade da seca em Minas Gerais, oriundas da Defesa Civil.

➤ A análise da duração e intensidade da seca na mesorregião Vale do Jequitinhonha, através do MD, mostrou que a mesma foi submetida a 77 eventos de

secas com duração média entre um e quatro meses, e intensidades que variou de seca severa a extrema.

➤ A análise da variação espacial e temporal pelo MD nas décadas de 70, 80 e 90, mostrou profundas diferenças nas ocorrências de secas no Estado. Na década de 70, prevaleceu a ocorrência de uma situação de normalidade em todo o Estado, no entanto na década de 80, observou-se uma situação de anormalidade na faixa Noroeste e Sul, enquanto que nas demais regiões prevaleceu uma situação de próxima da normal. Na década de 90, os resultados indicam um agravamento das secas nas regiões do Vale do Jequitinhonha e do Rio Doce e Noroeste, já a Zona da Mata e a região Central apresentaram valores próximos da normal.

➤ A variação da produção de milho, como era de se presumir, vem aumentando ao longo dos anos. Tal aumento deve-se diretamente ao desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas ao campo. Fato este também observado nas regiões Zona da Mata, Triângulo/Alto Paranaíba e Metropolitana de Belo Horizonte.

➤ A avaliação do desempenho do índice de seca na cultura do milho mostrou que o MD foi o índice que apresentou a melhor performance quanto ao monitoramento da seca agrícola, através da utilização do resíduo da produção com o índice de seca. Os resultados encontrados mostraram que a mesorregião Zona da Mata, apresentou os menores EQM e EMA, embora se observe em todas as mesorregiões da área de estudo baixos valores para o coeficiente de determinação.

➤ Desta forma, como foi ressaltado nos resultados e nas discussões anteriores, o Método dos Decis (MD) parece ser o mais adequado à caracterização da seca em Minas Gerais, considerando a sua alta correlação com o SPI e sua simplicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLEY, W.M. The Palmer drought severity index: limitations and Assumptions. **Journal of Climate and Applied Meteorology**. v. 23, n. 7, p.1100-1109, 1984 -1985.

ANJOS, R. J. & SANTOS, F. A. S. Uso do SPI-Índice de Precipitação Padronizado-Na determinação de períodos críticos de umidade em situações de El Niño e La Niña. **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E III REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. 2001**, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza-Ceará: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001a, v. 1, p. 267-268.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-14, jun. 1986.

ASSIS, F. N., MARTINS, S. R., MENDEZ, M. E. G. Índice de Severidade da Seca de Palmer no Rio Grande do Sul. **In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 1997**, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba-SP: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997a, v. 1, p. 383-385.

AZEVEDO, P.V. & SILVA, V.P.R. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 66-72, dez. 1994.

\_\_\_\_\_. Índice de seca de Bhalme e Mooley: uma adaptação regional. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 3, 1994**, Belo Horizonte. **Anais...** Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994a. v. 1, p. 696-699.

BALLING JR., R.C. **Century long variations in United States Drought Severity**. Agricultural and Forest Meteorology, pp. 82, 293-299, 1996.

BARRA, T. S. **Análise climatológica das secas do estado do Ceará**. Viçosa-MG, UFV/DEA, 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARRA, T.S., COSTA, J.M.N., RAO, T.U.R., SEDIYAMA G.C., FERREIRA, W.P.M. & DANTAS NETO, F.S. Caracterização climatológica da severidade de secas do estado do Ceará-Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, nº. 1, p 266-272, 2002.

BHALME, H.N. & MOOLEY, D.A., 1980. **Large-scale droughts/floods and monsoon circulation**. Mon. Wea. Rev. 108, 1197–1211.

BLAIKIER, P., CANNON, T., T., DAVIS, I e WISNER, B. **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters**, Routledge – Londres, 1994.

BOGARDI, I.; MATYASOVSKY, I.; BARDOSSY, A.; DUCKSTEIN, L. Estimation of local and areal drought reflecting climate change. **Transactions of the ASAE**, v.37, n.6, p.1771-1781, 1994.

BRUNINI, O., PINTO, H. S., ZULLO JUNIOR, J., BARBANO, M. T., CAMARGO, M. B. P. Drought and desertification and preparedness in Brazil-The example of Sao Paulo State In: Expert Group Meeting on early warning systems for drought preparedness and drought monitoring, 2000, Lisboa. **Proceedings-WMO- TD 1037**. Genebra-Suica: Organização Meteorologica Mundial, 2000. v. 1. p.89 – 103

BRUNINI, O., PINTO, H. S., ZULLO, J., BLAIN, G. C., BRUNINI, A. P. C., ASSAD, E., LOBO, G. A. Uso do SPI para avaliação dos períodos de seca no Estado de São Paulo. In: **XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E III REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA**, 2001, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza-Ceará,: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001a. v. 1, p. 367-368.

CAMARGO, A.P. **Balanco hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).

CAMPOS, J.N.B. & STUDART, T. M. C. Secas no nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções. In: **XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, (CD-ROM). Foz do Iguaçu, PR, 2002.

COSTA, L. C. **Modelo agrometeorológico de previsão de produtividade da soja para as regiões do Triangulo Mineiro e Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV/DEA, 1988. 40 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, D. F. ; FARIA, R. A. ; SOUSA, S. A. V. ; BORGES, H. Q. Espacialização da duração do veranico para diferentes níveis de perda de produção na cultura do milho, na bacia do rio Verde Grande (MG). In: **XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, (CD-ROM). Poços de Caldas, MG, 1998.

DAI, A., TRENBERTH, K.E., KARL, T.R., 1998. **Global variations in droughts and wet spells: 1900–1995**. *Geophys. Res. Lett.* 25 (17), 3367–3370.

DUARTE, R. S. **Seca, Pobreza e Políticas Públicas no Nordeste do Brasil In: Pobreza, Desigualdade social y ciudadanía**. 1º ed Buenos Aires: CLASCO, 2001, v. 1, p. 425-440.

EASTERLING, W. E. & RIEBSAME, W. E. Assessing drought Impacts and adjustments in agriculture and water resources systems. **In: Planning for Drought – Toward a reduction of Societal Vulnerability**, eds. D. A. Wilhite, W. E. Easterling and D. A. Wood. Westview Press, Boulder & London, 597 pp, 1987.

FERREIRA, J. H. D. & NERY, J. T. Análise de Componentes Principais da Precipitação do Estado de Minas Gerais **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, (CD-ROM). Foz do Iguaçu, PR, 2002.

FREITAS, M. A. M. Previsão de secas por meio de métodos estatísticos e redes neurais e análise de suas características através de diversos índices **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 9., 1996, Campos de Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996a. v. 1, p. 163-165.

GIBBS, W.J. & MAHER, J.V., 1967. **Rainfall Deciles as Drought Indicators**. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.

HAYES, M. Drought índices. Disponível em: <[www.iranrivers.com/Trainandresearch/Indices1.pdf](http://www.iranrivers.com/Trainandresearch/Indices1.pdf)> .Acesso out. 2005.

HEDDINGHAUS, T. R. & SABOL, P. A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? **In: Proc. 7<sup>th</sup> CONF. ON APPLIED CLIMATOLOGY - AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY**, Sep. 10-13, p.242-246, 1991.

HENRIQUE, W. ; COUTINHO FILHO, J.L.V. ; JUSTO, C.L. **Avaliação da produtividade, porcentagem de grãos na massa, qualidade da silagem e produção de grãos de onze híbridos de milho**. In: XXXIV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1997. v. 1. p. 173-175.

KATZ, R.W. & GLANTZ, M.H., 1986. Anatomy of a rainfall index. *Mon. Wea. Rev.* 114, 764–771.

KEYANTASH, J. & DRACUP, J. **The quantification of drought: An evaluation of drought indices**. Department of Civil and Environmental Engineering University of California, Berkeley, 2002, pp. 1167- 1180.

KOGAN, F.N., 1995. **Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data**. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 76 (5), 655–668.

KUMAR, K.K., SIVA, J.A.T., SILVA, B.B. Estudo de seca e aridez em Fortaleza-CE. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**. 6, 1989, Maceió. **Anais...** Alagoas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989a. v. 1, p.175-184.

KUMAR, V., PANU, U., 1997. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 33 (6), 1255–1264.

LIMA, M.C., SANTOS, R.C., MORAES, J.C. Estudo de seca no Estado de Alagoas. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**. 4, 1989, Maceió. **Anais...** Alagoas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989a. v. 1, p.160-169.

LEGATES, D. R. & McCABE, G. J., 1999. Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water resour. Res.* 35(1), 233-241.

LOHANI, V.K. & LOGANATHAN, G.V., 1997. An early warning system for drought management using the Palmer Drought Index. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 33 (6), 1375–1386.

LOHANI, V.K., LOGANATHAN, G.V., MOSTAGHIMI, S., 1998. Long-term analysis and short-term forecasting of dry spells by Palmer Drought Severity Index. *Nordic Hydrol.* 29 (1), 21–40.

McKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. **In: PROCEEDINGS OF THE 8TH CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY**. AMS, Boston, MA, pp. 179–184.

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **Drought monitoring with multiple time scales. Preprints**, 9<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236, 1995.

MEARNS, L. O.; ROSENZWEIG, C.; GOLDBERG, R., 1997. Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Climate Change* 35, 367-396.

MINUZZI, R. B. **Influência dos fenômenos EL Niño e LA Niña nos veranicos do estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV/DEA, 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MOLINA, P. A & LIMA, L. C. T. M. Estudo de secas agrícolas no Nordeste Brasileiro. **In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS: ÁGUA EM QUANTIDADE E QUALIDADE – O DESAFIO DO PRÓXIMO MILÊNIO**. (CD-ROM). Belo Horizonte, MG, 1999.

MOTA, F. S., AGENDES, M. O. O, ROSSKOFF, J. L. C., SILVA, J. B., SIGNORINI, E., ALVES, E. G. P., ARAÚJO, S. M. B. **Risco de secas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul, Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Disponível em:

<<http://atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/0/bc2a91de89aee42e0325694d00611906?OpenDocument>>. Acesso em nov. 2004.

NKEMDIRIM, L. & WEBER, L., 1999. **Comparison between the droughts of the 1930s and the 1980s in the Southern Prairies of Canada.** J. Climate 12, 2434–2450.

OFFICE OF FOREIGN DISASTER ASSISTANCE: 1990, **Disaster History: Significant Data on Major Disasters Worldwide, 1900 – Present** U.S Agency for International Development, Washington D. C.

PALMER, W. C. **Meteorological Drought.** Research Paper, n.45, U. S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D. C. 1965. 58p.

PANAPRESS, AGÊNCIA PANAFRICANA DE IMPRENSA. **Cabo Verde registra mau ano agrícola devido a seca**. Disponível em: <<http://www.panapress.com>>. Acesso em nov. 2004.

PANORAMABRASIL, A. E. I. **Seca faz preço agrícola ter a maior alta do ano**, Disponível em: <<http://www.panoramabrasil.com.br>>. Acesso em mar. 2005.

PARRY, M. L. & CARTER, T. R. Climate Impact Assessment: A review of some Approaches, Chapter 13, in D. A. Wilhite, W. E. Easterling (eds.), Planning for Drought: Toward a reduction of Societal Vulnerability, Westview Press, Boulder, Colorado, EUA.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PHILLIPS, D., 2002. The top ten Canadian weather stories for 2001. CMOS Bull. 30 (1), 19–23.

QUIRING S. M. & PAPAARYAIKOU T.N. **An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies.** Agricultural and Forest Meteorology 118: 49-62. 2003.

REPELLI, C.S. & NOBRE, C.A. Um novo índice de anomalia de precipitação para o Nordeste do Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 7**, 1991, Viçosa. **Anais...** Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991a. v. 1, p.21-25.

REZENDE, S.B. **Estudo de crono-toposequência em Viçosa - Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV/DEA, 1971. 71 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel**, Editora UFV. Viçosa, MG, 2004, 251p.

RIEBSAME, W. E.; CHANGNON, Jr. S. A.; KARL, T. R. 1990. Drought and natural resources management in the United States: **Impacts and Implications of the 1987-89 Drought**, Westview Press, Boulder, Colorado, Eua.

ROTONDO, V. H. & SEILER, R. A. **Uso del Índice Estandarizado de Precipitation para caracterizar Sequias Agrometeorológicas em Rio Cuarto** (Argentina). XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1999.

ROTONDO, V. H & SEILER, R. A. Ocorrência de sequias en el sur de la provincia de Córdoba-Argentina. **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E III REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. 2001**, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza-Ceará: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001a, v. 1, p. 317-318.

SANTANA, M.O, **Análise espaço-temporal do regime de chuvas e seus efeitos no rendimento agrícola no estado de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV/DEA, 2004. 155 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, R.M.N., **Avaliação do índice de Palmer para a caracterização de períodos de seca no estado de São Paulo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1998. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SILVA JÚNIOR, J.L.C., LYRA, G. B., SANTOS, S. N. M., SILVA, W. C. M., NETO, D. E., Identificação dos Períodos Secos e Chuvosos pelo Método dos Quantis para a cidade de Viçosa-Mg. **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, (CD-ROM). Santa Maria, RS, 03 a 07 de agosto de 2003.

SILVA V. P. R., FILHO, A. F. B., DANTAS, R. T., BARACUY, J. H. Estudo de mudança climática em três localidades do Nordeste do Brasil. **In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, (CD-ROM). Foz do Iguaçu, PR, 04 a 09 de agosto de 2002.

SMITH, D. I. & M. F. HUTCHINSON, and policy. *Drought Network News*, 5 (3): 11-12, 1993.

SOUZA, F. L. R., CARNEIRO, P. A. S., DIVINO SOUZA, E., SNATOS, D. G. FARIA, A. L., CÂNDIDA, D., LIMA, F., VIEIRA, M. Uso de sig para planejamento ambiental em sistemas urbanos: Uma definição de áreas de preservação permanente das margens dos ribeirões e nascentes nos bairros Acamari, Santa Rita e Centro-Viçosa-MG. **In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS**, 2004, **Anais...** Goiás: GBG, 2004.

STROMMEN, N., KRUMPE, P., REID, M., STEYAERT, L., 1980. **Early warning assessments of droughts used by the U.S. agency for international development**. **In: Pocinki, L.S., Greeley, R.S., Slater, L. (Eds.), Climate and Risk**. The MITRE Corporation, McLean, VA, pp. 8-37.

SUDENE - Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste, **O FENÔMENO DAS SECAS**. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/>>. Acesso em out. 2004.

SVOBODA, M., LECOMETE, D., HAYES, M., HEIM, R., GLEASON, K. ANGEL, J. RIPPEY, B., TINKER, R., PALECKI, M., STOOKSBURY, D., MISKUS, D., MISKUS, DAVID., STEPHENS, S. **The drought monitor**, National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, American Meteorological Society, 2002. pp. 1181-1190.

THEIS, I. M. & RENCK, M. H. P. **insustentabilidade socioambiental do desenvolvimento regional no Brasil: análise crítica do caso da seca na região do Extremo Oeste de Santa Catarina** In: IV Coloquio sobre Transformaciones Territoriales: Sociedad, Territorio y Sustentabilidad - Perspectivas desde el Desarrollo Regional y Local, 2002, Montevideo. **Anais...CR-ROM**, 2002.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

TITLOW, J.K., 1987. **A precipitation-based drought index for the Delaware river basin**. Publications in Climatology 40. C.W. Thornthwaite Associates, Centerton, NJ.

ÚLTIMO SEGUNDO, Seca no Centro – Sul provoca perdas de R\$ 6 bilhões na agricultura. Disponível em: <<http://www.ultimosegundo.ig.com.br/>>. Acesso mar. 2005.  
VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. Revista Brasileira de Geografia, v.20, n.1, p.1-82, 1958.

VAN ROOY, M.P., 1965. **A rainfall anomaly index independent of time and space**, p.14, 43–48.

VAZ, A. C. **Uma metodologia para a caracterização e monitoramento de seca**. Publicação Instituto Superior Técnico – Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa - Portugal, 1993.

WHEATON, E.E., ARTHUR, L.M., CHORNEY, B., SHEWCHUK, C., THORPE, J., WHITTING, J., WHITTROCK, K., 1992. The prairie drought of 1988. **Climatol. Bull.** 26, 188–205.

WILLEKE, G., J.R.M. HOSKING, J.R. WALLIS, AND N.B. GUTTMAN, 1994. The National Drought Atlas. **Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers**.

WILLMOTT, C.J., 1984. **On the evaluation of model performance in physical geography**. In: G.L. GAILE, C.J. WILLMOTT (Eds.), **Spatial Statistics and Models**. D. REIDEL, NORWELL, MA.

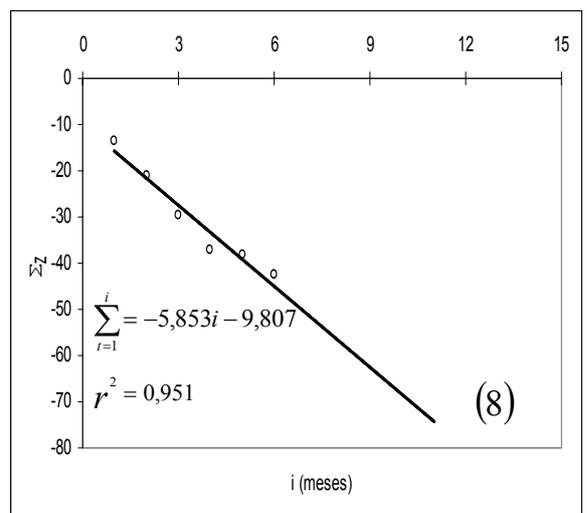
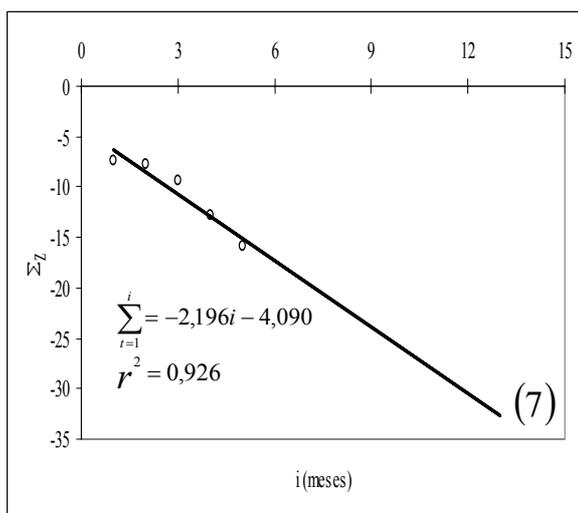
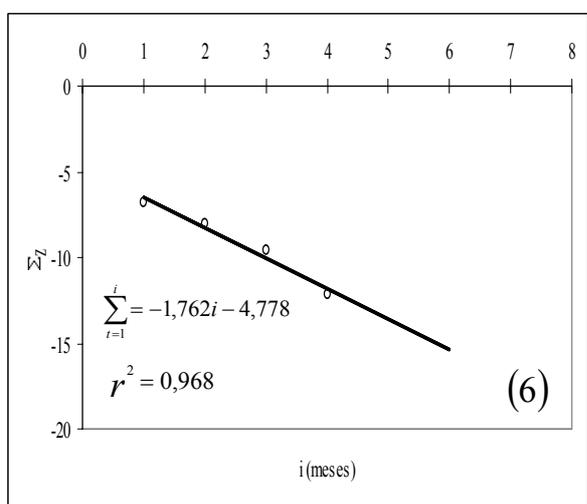
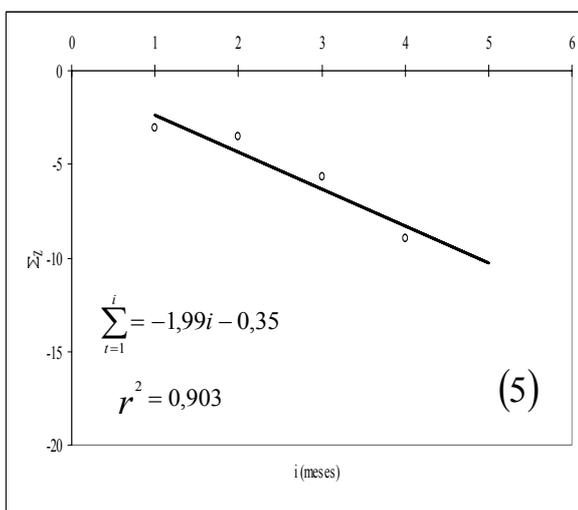
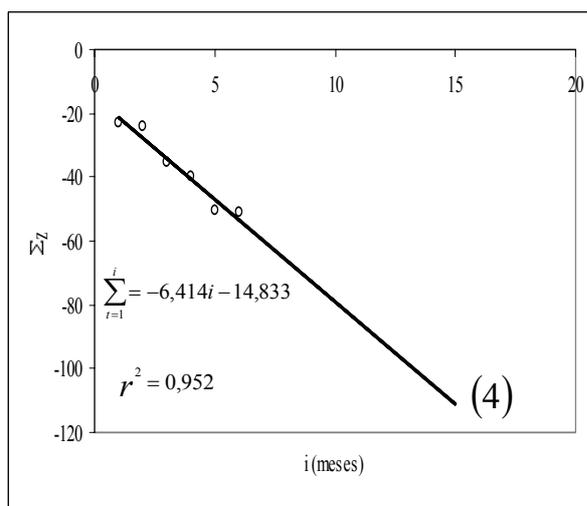
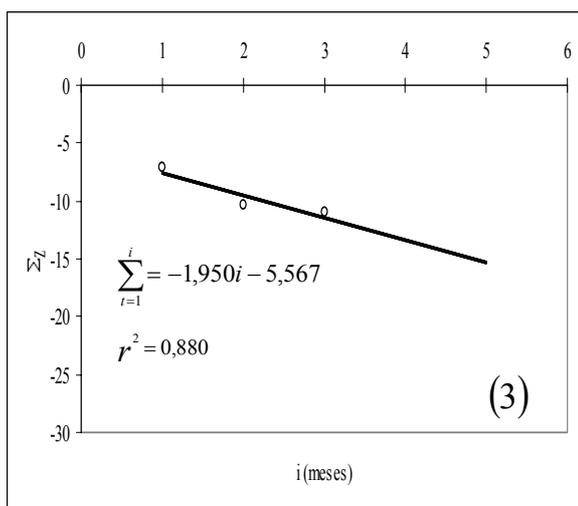
WLHITE, D.; COLLINS, D.; HOWDEN, M. Drought in Australia: Prediction, Monitoring, Management, and Policy, em D.A. wilhite (ed), **Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case studies**, Kluwer Acad. Publ., Boston, 1996.

XAVIER, T.M.B.S. & XASVIER, A.F.S. Classificação de anos secos e chuvosos na Região Nordeste do Brasil e sua distribuição espacial. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 3., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Minas Gerais, Sociedade Brasileira de Meteorologia, v.1, p. 267-275.

\_\_\_\_\_. Classificação e Monitoramento de Períodos Secos e Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia/Cadernos de Recursos Hídricos**, v. 5, n 2, p.7-31, 1987.

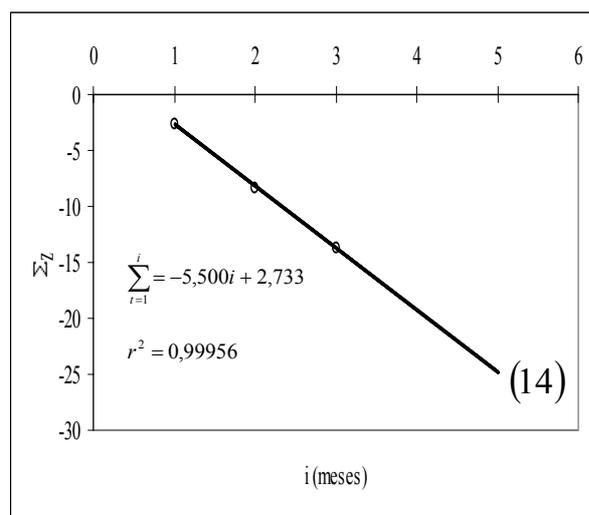
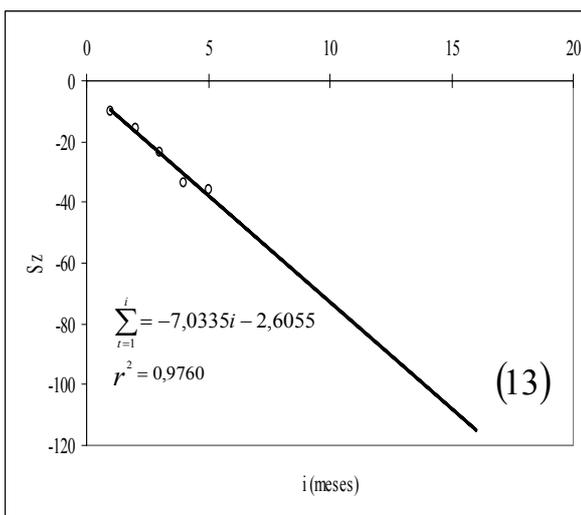
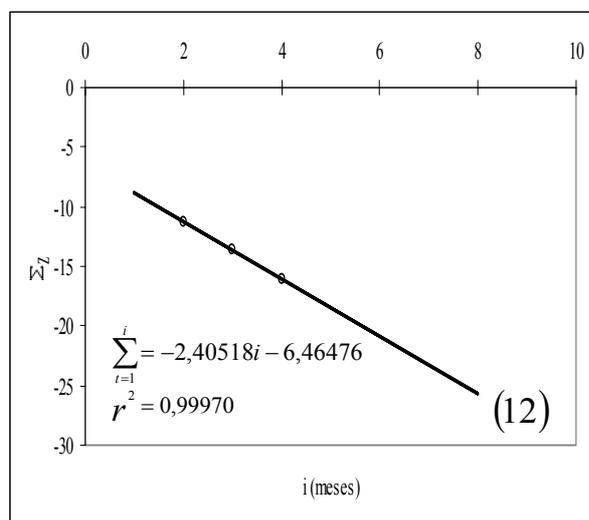
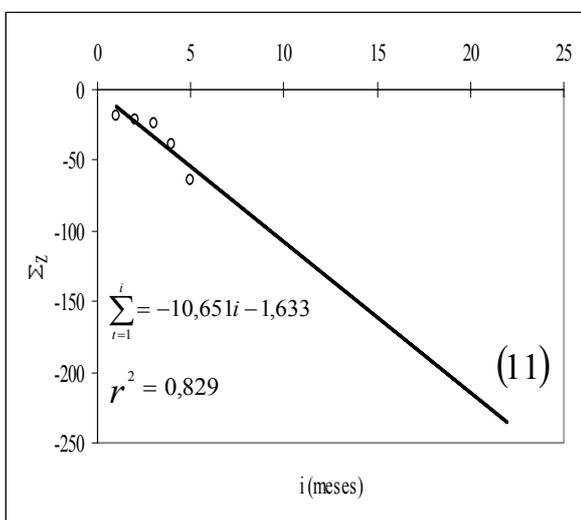
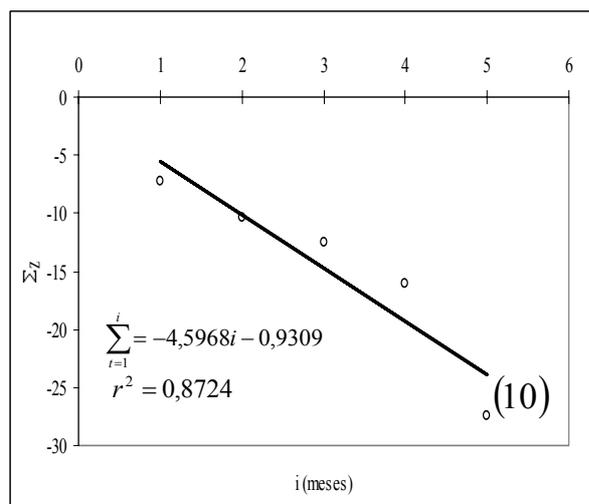
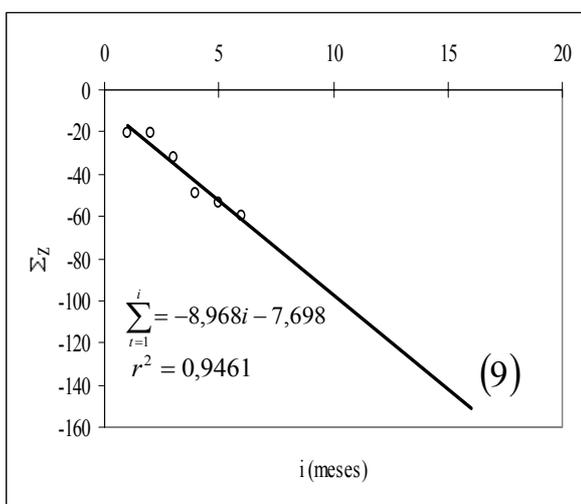
## **APÊNDICES**

## APÊNDICE (A)



**FIGURAS (3 a 8)** Diagrama de dispersão dos valores de z acumulado durante o período mais seco (Norte de Minas-3; Vale do Jequitinhonha-4; Vale do Mucuri-5; Vale do Rio Doce-6; Central Mineira-7; Met. de Belo Horizonte-8).

APÊNDICE (A)



FIGURAS (9 a 14) Diagrama de dispersão dos valores de z acumulado durante o período mais seco (Zona da Mata-9; Campo das Vertentes-10; Sul/Sudoeste de Minas-11; Oeste de Minas-12; Triângulo/Alto Paranaíba-13; Nordeste de Minas-14).

## **APÊNDICE (B)**

**APÊNDICE (B)**

QUADRO – 4 Equações dos fatores de Duração ( $X_i$ ), para cada uma das mesorregiões do estado de Minas Gerais.

Mesorregiões	Coeficientes		Equações
	a	b	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(ai + b)}$
NORTE DE MINAS	1,950	5,567	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(1,950i + 5,567)}$
VALE DO JEQUITINHONHA	6,414	14,833	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(6,414i + 14,833)}$
VALE DO MUCURI	1,990	0,350	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(1,990i + 0,350)}$
VALE DO RIO DOCE	1,762	4,778	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(1,762i + 4,778)}$
CENTRAL MINEIRA	2,196	4,090	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(2,196i + 4,090)}$
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	5,853	9,807	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(5,853i + 9,807)}$
ZONA DA MATA	8,968	7,698	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(8,968i + 7,698)}$
CAMPO DAS VERTENTES	4,597	0,939	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(4,597i + 0,939)}$
SUL / SUDOESTE DE MINAS	10,651	1,633	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(10,651i + 1,633)}$
OESTE DE MINAS	2,405	6,464	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(2,405i + 6,464)}$
TRIÂNGULO / ALTO PARANAÍBA	7,033	2,606	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(7,033i + 2,606)}$
NORDESTE DE MINAS	5,500	2,733	$X_i = \frac{\sum_{i=1}^i z_i}{(5,500i + 2,733)}$

## APÊNDICE (B)

QUADRO – 5 Valores da Equação 22 para o fator de duração ( $X_i$ ), para cada uma das mesorregiões do estado de Minas Gerais.

<b>Mesorregiões</b>	<b>Coefficientes</b>		<b>Equações</b>
	<b>a</b>	<b>b</b>	$X_i = \frac{z_i}{(a+b)}$
<b>NORTE DE MINAS</b>	1,950	5,567	$X_i = \frac{z_i}{(7,517)}$
<b>VALE DO JEQUITINHONHA</b>	6,414	14,833	$X_i = \frac{z_i}{(21,247)}$
<b>VALE DO MUCURI</b>	1,990	0,350	$X_i = \frac{z_i}{(2,340)}$
<b>VALE DO RIO DOCE</b>	1,762	4,778	$X_i = \frac{z_i}{(6,540)}$
<b>CENTRAL MINEIRA</b>	2,196	4,090	$X_i = \frac{z_i}{(6,286)}$
<b>METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE</b>	5,853	9,807	$X_i = \frac{z_i}{(15,660)}$
<b>ZONA DA MATA</b>	8,968	7,698	$X_i = \frac{z_i}{(16,666)}$
<b>CAMPO DAS VERTENTES</b>	4,597	0,939	$X_i = \frac{z_i}{(5,536)}$
<b>SUL / SUDOESTE DE MINAS</b>	10,651	1,633	$X_i = \frac{z_i}{(12,284)}$
<b>OESTE DE MINAS</b>	2,405	6,464	$X_i = \frac{z_i}{(8,869)}$
<b>TRIÂNGULO / ALTO PARANAÍBA</b>	7,033	2,606	$X_i = \frac{z_i}{(9,639)}$
<b>NORDESTE DE MINAS</b>	5,500	2,733	$X_i = \frac{z_i}{(8,233)}$

## APÊNDICE (B)

QUADRO – 6 Valores de  $Z_i$ ,  $\sum Z$ ,  $X_i$ ,  $X_{i-1}$  e  $c$ , nos meses em que  $\Delta X_i = 0$ , nos 23 municípios estudados inseridos nas 12 mesorregiões.

MESORREGIÕES	ANOS	MÊS	i	$Z_i$	$\sum Z$	$X_i$	$X_{i-1}$	c
NORTE DE MINAS	1968	OUT	3	-2,60	-7,10	-0,62	-0,62	-0,56
	1969	AGO	5	-0,70	-10,30	-0,67	-0,67	-0,14
	1970	JUL	6	-0,90	-11,00	-0,64	-0,64	-0,19
							$\bar{c}$	-0,29
VALE DO JEQUITINHONHA	1970	FEV	2	-12,50	-22,79	-0,82	-0,82	-0,71
	1982	FEV	6	-6,72	-24,12	-0,45	-0,45	-0,70
	1990	DEZ	3	-1,85	-35,42	-1,04	-1,04	-0,08
	1975	NOV	4	-11,11	-39,84	-0,98	-0,98	-0,53
	1982	JAN	5	-21,63	-50,61	-1,08	-1,08	-0,94
	1970	DEZ	10	-1,90	-50,91	-0,64	-0,64	-0,14
							$\bar{c}$	-0,52
VALE DO MUCURI	1968	JUN	1	-3,10	-3,10	-1,32	-1,32	-1,00
	1969	SET	3	-1,70	-3,50	-0,55	-0,55	-1,31
	1970	SET	4	-0,50	-5,70	-0,69	-0,69	-0,31
	1974	AGO	5	-2,00	-9,00	-0,87	-0,87	-0,98
							$\bar{c}$	-0,90
VALE DO RIO DOCE	1973	MAI	2	-3,77	-6,84	-0,82	-0,82	-0,70
	1971	ABR	4	-3,30	-8,08	-0,68	-0,68	-0,74
	1974	MAI	5	-0,51	-9,59	-0,71	-0,71	-0,11
	1987	ABR	6	-1,72	-12,21	-0,80	-0,80	-0,33
								-0,47
CENTRAL MINEIRA	1968	ABR	1	-7,40	-7,40	-1,18	-1,18	-1,00
	1981	JUN	2	-5,12	-7,83	-0,92	-0,92	-0,88
	1979	JUN	5	-2,09	-9,42	-0,62	-0,62	-0,53
	1969	OUT	3	-6,55	-12,88	-1,21	-1,21	-0,86
	1974	FEV	4	-11,11	-15,85	-1,23	-1,23	-1,44
							$\bar{c}$	-0,94
MET. DE BELO HORIZONTE	1973	JUL	2	-7,47	-13,43	-0,62	-0,62	-0,76
	1968	JAN	1	-20,96	-20,96	-1,34	-1,34	-1,00
	1972	MAR	5	-11,18	-29,53	-0,76	-0,76	-0,94
	1988	MAI	4	-8,05	-37,05	-1,12	-1,12	-0,46
	2003	ABR	6	-17,89	-38,25	-0,85	-0,85	-1,34
	1997	JUL	3	-21,89	-42,53	-1,55	-1,55	-0,90
							$\bar{c}$	-0,90

## APÊNDICE (B)

Continuação do QUADRO – 6 Valores de  $Z_i$ ,  $\sum Z$ ,  $X_i$ ,  $X_{i-1}$  e  $c$ , nos meses em que  $\Delta X_i = 0$ , nos 23 municípios estudados inseridos nas 12 mesorregiões.

MESORREGIÕES	ANOS	MÊS	i	$Z_i$	$\sum Z$	$X_i$	$X_{i-1}$	c
<b>ZONA DA MATA</b>	1979	AGO	2	-7,82	-20,27	-0,82	-0,82	-0,71
	1979	JAN	1	-20,36	-20,36	-0,45	-0,45	-0,70
	1975	JUL	3	-3,87	-31,76	-1,04	-1,04	-0,08
	1962	MAR	4	-26,86	-48,72	-0,98	-0,98	-0,53
	2002	JUN	6	-22,84	-53,87	-1,08	-1,08	-0,94
	1975	ABR	5	-21,08	-59,56	-0,64	-0,64	-0,14
							$\bar{c}$	-0,52
<b>CAMPO DAS VERTENTES</b>	1978	AGO	2	-3,03	-7,25	-0,72	-0,72	-0,77
	1985	JUN	3	-4,08	-10,38	-0,71	-0,71	-1,05
	2000	ABR	4	-1,11	-12,54	-0,65	-0,65	-0,31
	1987	JUN	5	-2,42	-16,02	-0,67	-0,67	-0,65
	1977	JAN	6	-2,72	-27,42	-0,96	-0,96	-0,51
							$\bar{c}$	-0,66
<b>SUL/SUDOESTE DE MINAS</b>	2003	JUN	4	-4,77	-19,27	-0,44	-0,44	-0,89
	1969	JAN	1	-21,33	-21,33	-1,74	-1,74	-1,00
	1981	JUN	3	-10,14	-24,50	-0,73	-0,73	-1,13
	1983	JUN	2	-12,19	-39,26	-1,71	-1,71	-0,58
	1968	JAN	7	-3,27	-63,56	-0,83	-0,83	-0,32
							$\bar{c}$	-0,78
<b>OESTE DE MINAS</b>	2001	JUL	3	-2,487	-11,29	-0,826	-0,826	-0,34
	1973	ABR	5	-3,970	-13,63	-0,737	-0,737	-0,61
	2000	ABR	7	-0,803	-16,11	-0,691	-0,691	-0,13
							$\bar{c}$	-0,36
<b>TRIÂNGULO E ALTO PARANAÍBA</b>	1968	JAN	1	-9,92	-9,92	-1,03	-1,03	-1,00
	1970	JUL	2	-7,84	-15,56	-0,93	-0,93	-0,87
	1975	MAR	4	-7,59	-23,39	-0,76	-0,76	-1,04
	1991	JUL	3	-14,85	-33,56	-1,42	-1,42	-1,09
	1987	JUN	5	-11,61	-36,09	-0,96	-0,96	-1,26
							$\bar{c}$	-1,05
<b>NORDESTE DE MINAS</b>	1968	FEV	1	-2,70	-2,70	-0,33	-0,33	-1,00
	1968	JUN	3	-1,30	-8,40	-0,44	-0,44	-0,36
	1973	MAR	5	-6,60	-13,70	-0,45	-0,45	-1,77
							$\bar{c}$	-1,04

**APÊNDICE (B)**

QUADRO – 7 Valores do fator de Duração ( $X_i$ ) (Equação 25) para cada mesorregião do estado de Minas Gerais.

Mesorregiões	Coeficientes		Equações
	a	b	$X_i = \frac{Z_i}{(a+b)} + (1+c)x_{i-1}$
NORTE DE MINAS	1,950	5,567	$X_i = \frac{z_i}{(7,517)} - 0,04x_{i-1}$
VALE DO JEQUITINHONHA	6,414	14,833	$X_i = \frac{z_i}{(21,247)} + 0,48x_{i-1}$
VALE DO MUCURI	1,990	0,350	$X_i = \frac{z_i}{(2,340)} + 0,10x_{i-1}$
VALE DO RIO DOCE	1,762	4,778	$X_i = \frac{z_i}{(6,540)} + 0,53x_{i-1}$
CENTRAL MINEIRA	2,196	4,090	$X_i = \frac{z_i}{(6,286)} + 0,06x_{i-1}$
METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE	5,853	9,807	$X_i = \frac{z_i}{(15,660)} + 0,10x_{i-1}$
ZONA DA MATA	8,968	7,698	$X_i = \frac{z_i}{(16,666)} + 0,48x_{i-1}$
CAMPO DAS VERTENTES	4,597	0,939	$X_i = \frac{z_i}{(5,536)} + 0,34x_{i-1}$
SUL / SUDOESTE DE MINAS	10,651	1,633	$X_i = \frac{z_i}{(12,284)} + 0,22x_{i-1}$
OESTE DE MINAS	2,405	6,464	$X_i = \frac{z_i}{(8,869)} + 0,64x_{i-1}$
TRIÂNGULO / ALTO PARANAÍBA	7,033	2,606	$X_i = \frac{z_i}{(9,639)} - 0,05x_{i-1}$
NORDESTE DE MINAS	5,500	2,733	$X_i = \frac{z_i}{(8,233)} - 0,04x_{i-1}$

## **APÊNDICE (C)**

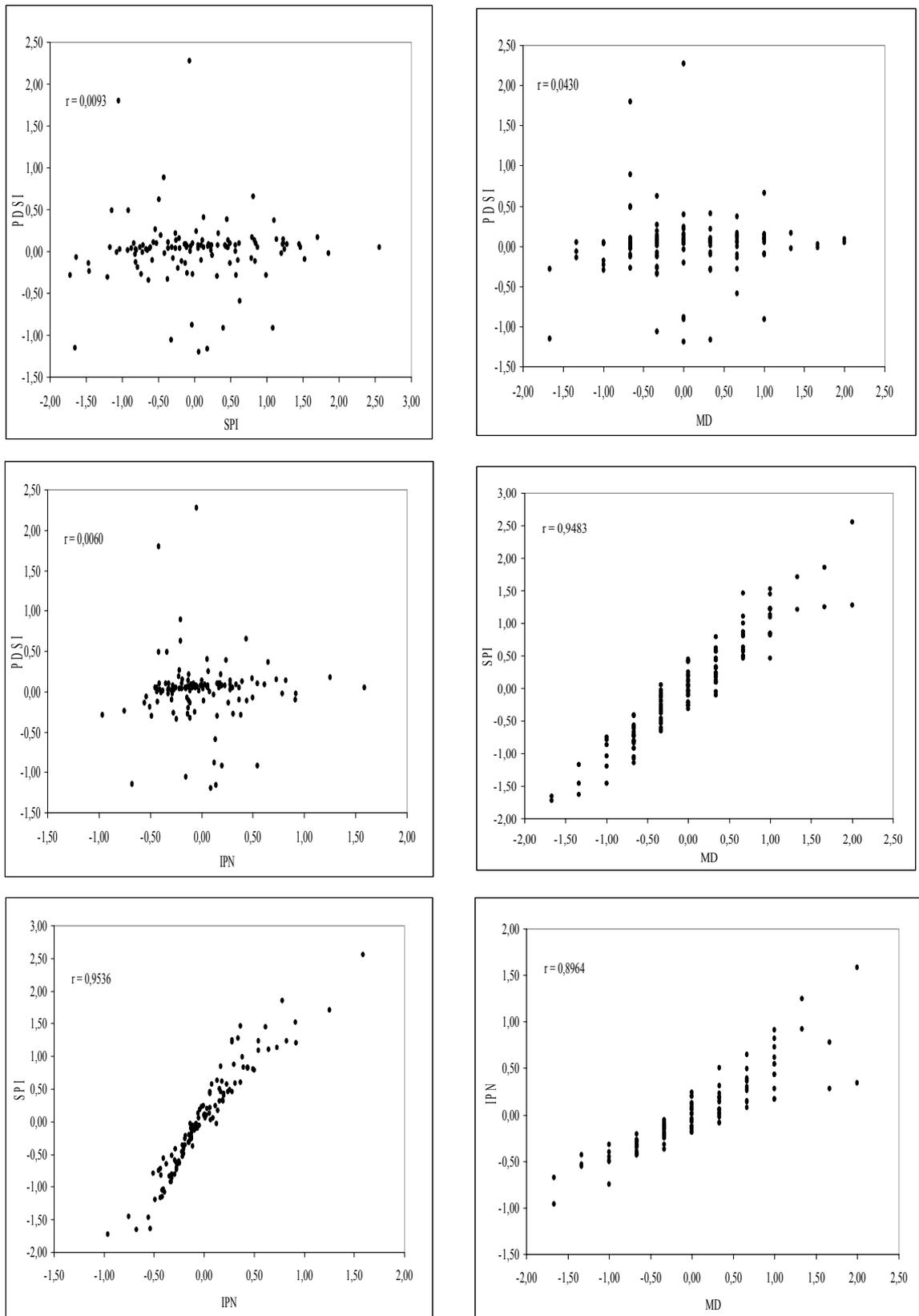


FIGURA – 18 (a) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. (APÊNDICE – C)

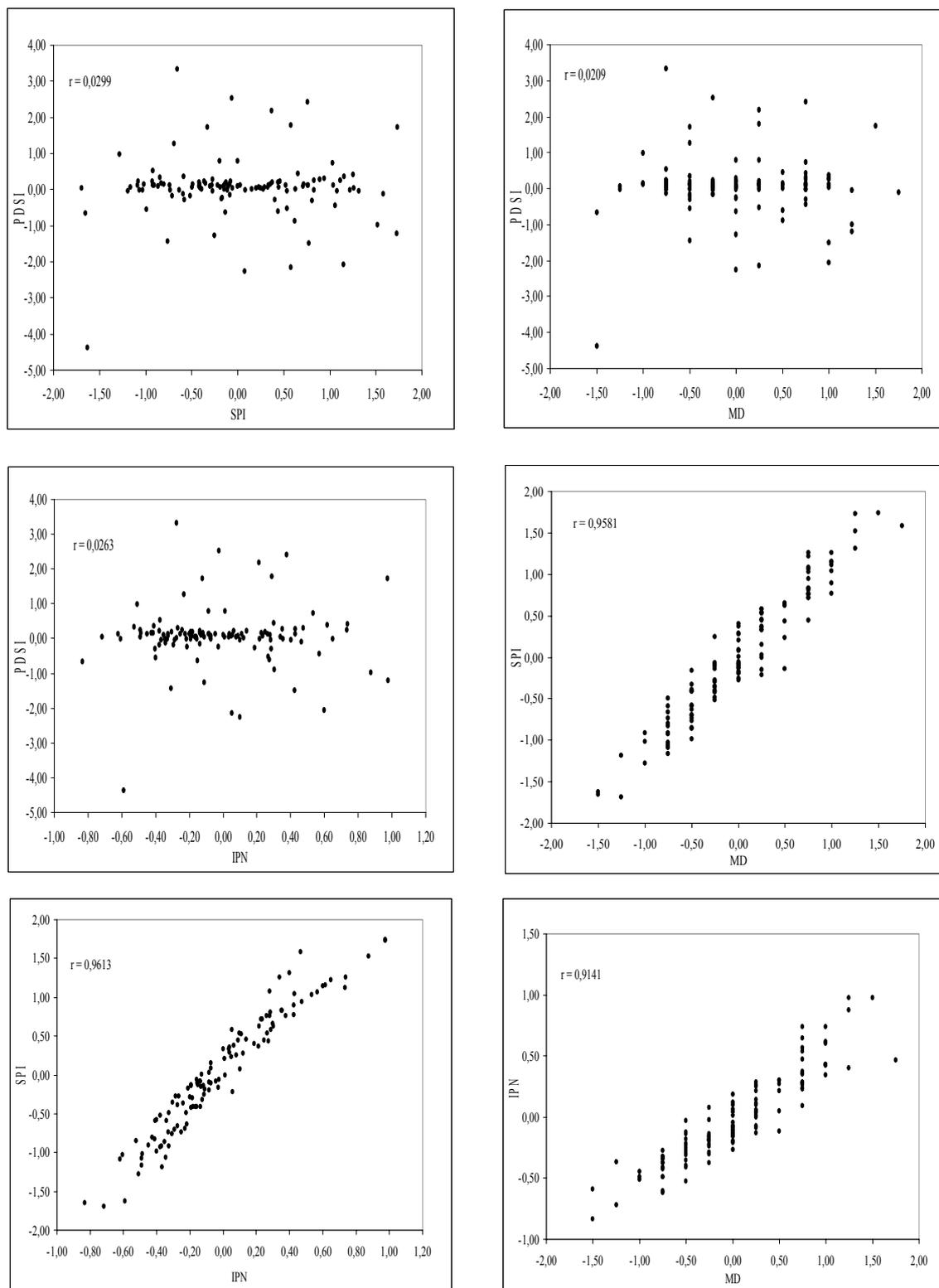


FIGURA – 18 (b) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Triângulo e Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais. (APÊNDICE – C)

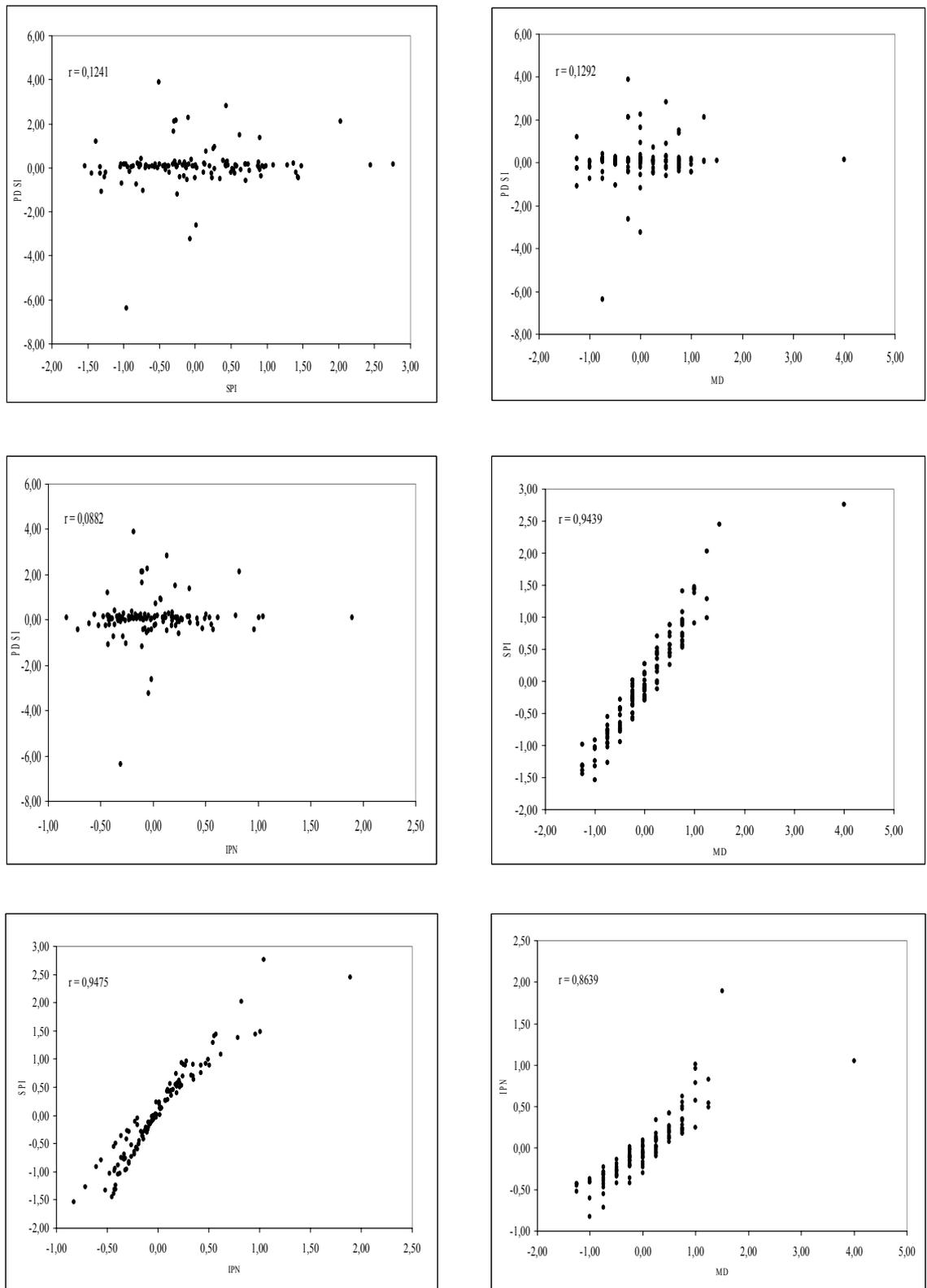


FIGURA – 18 (c) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Sul e Sudoeste do Estado de Minas Gerais. (APÊNDICE – C)

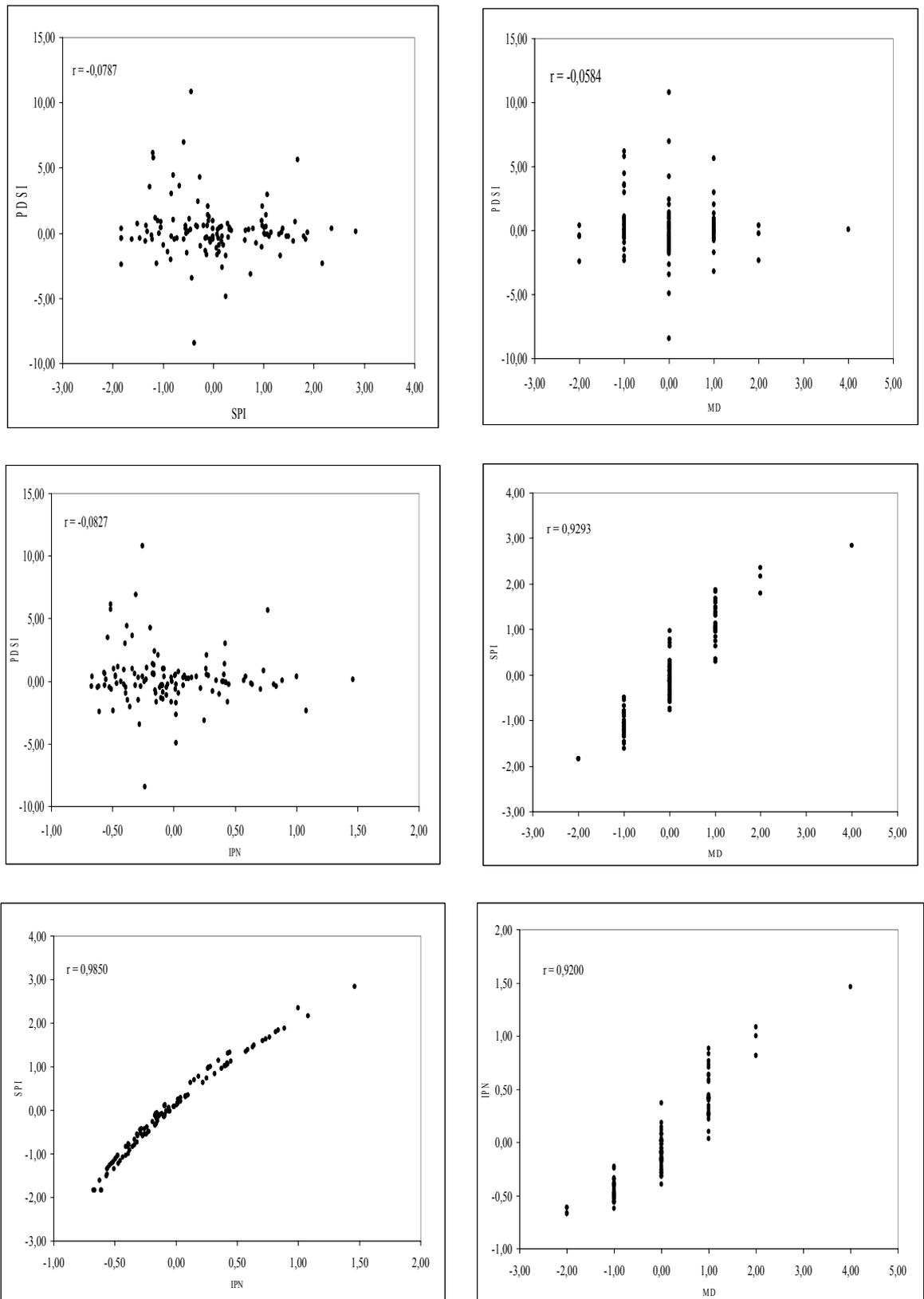


FIGURA – 18 (d) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais. (APÊNDICE – C)

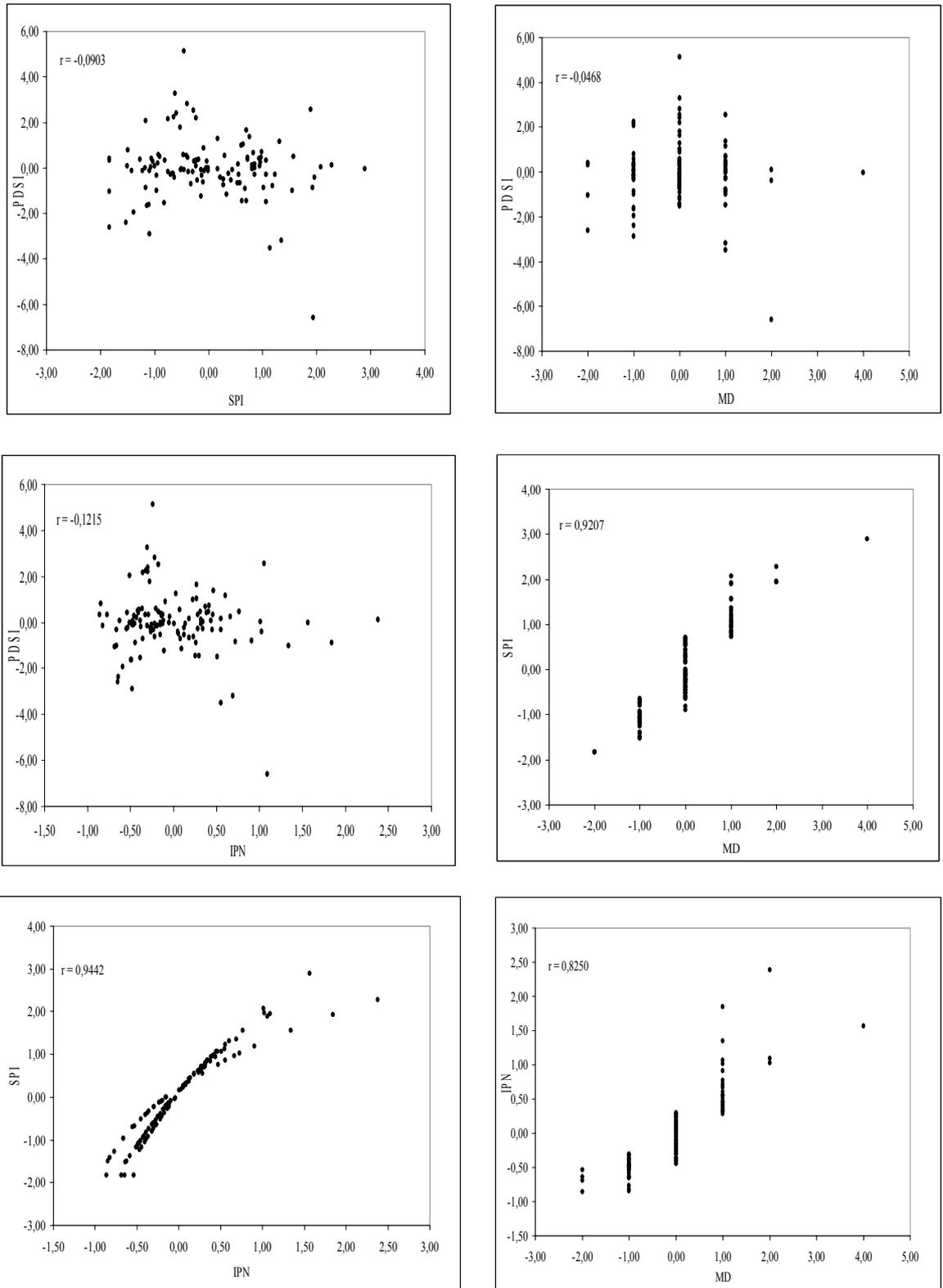


FIGURA – 18 (e) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Oeste de Minas. (APÊNDICE – C)

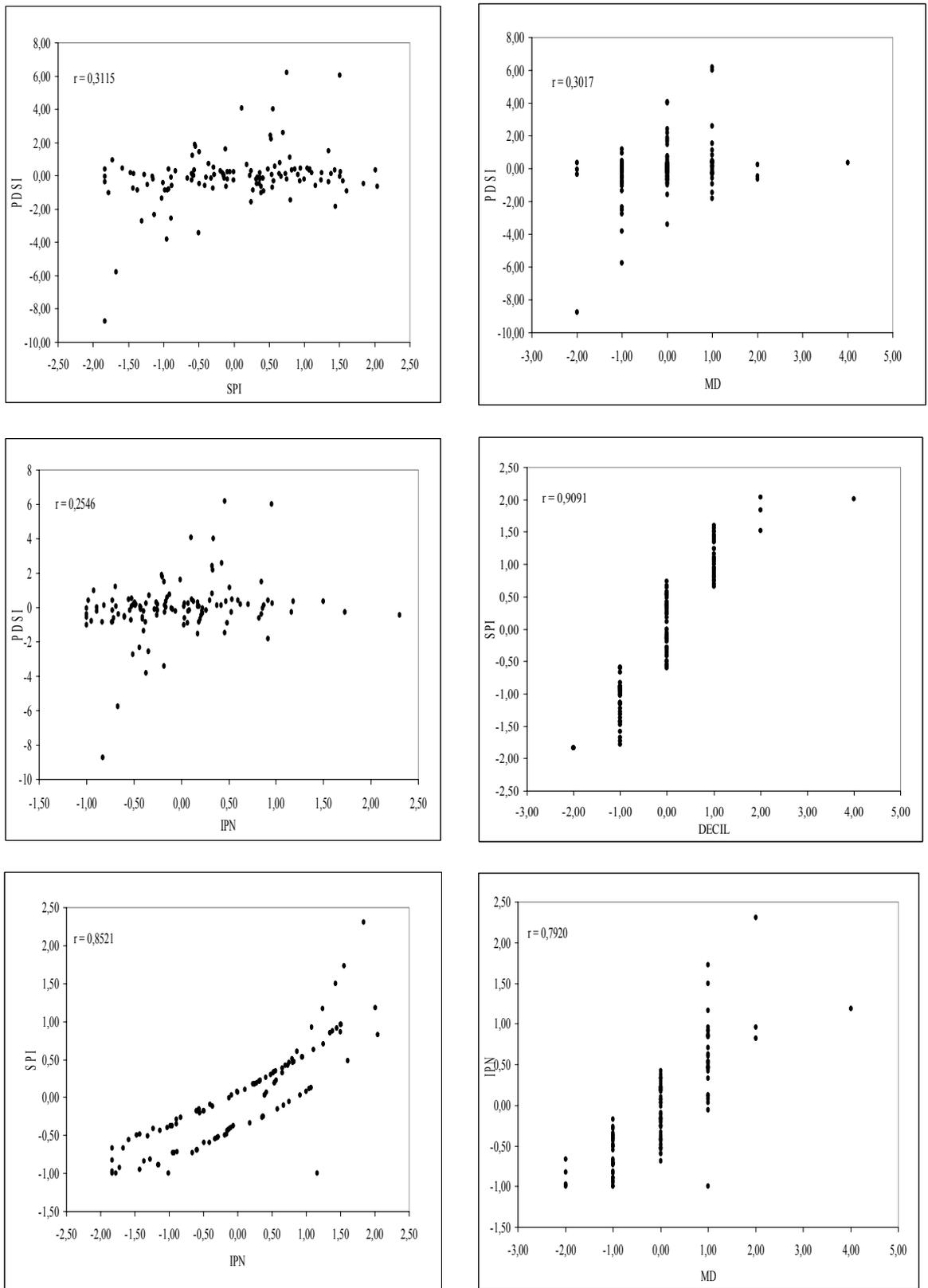


FIGURA – 18 (f) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Vale do Rio Doce. (APÊNDICE – C)

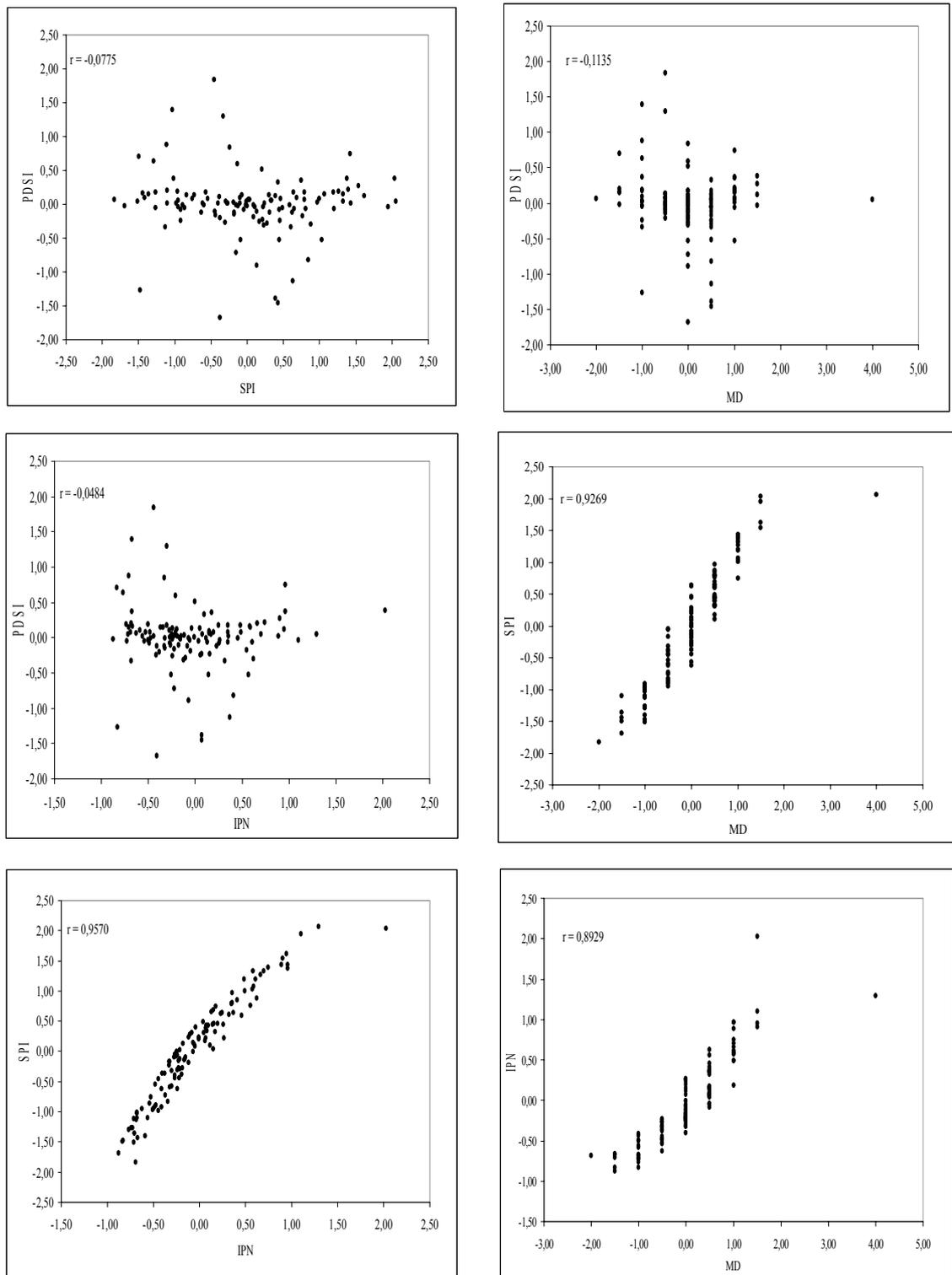


FIGURA – 18 (g) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Vale do Jequitinhonha. (APÊNDICE – C)

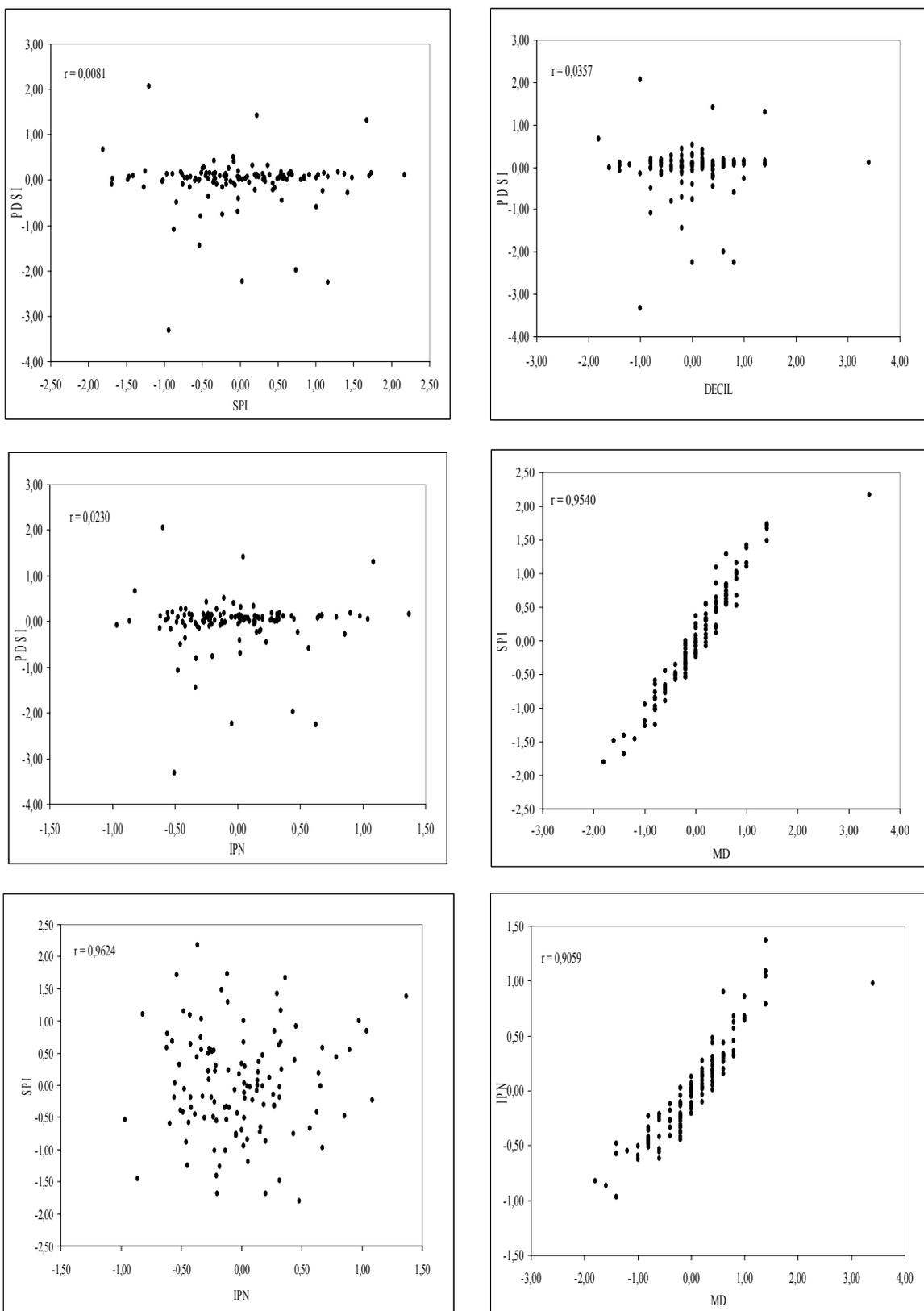


FIGURA – 18 (h) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte. (APÊNDICE – C)

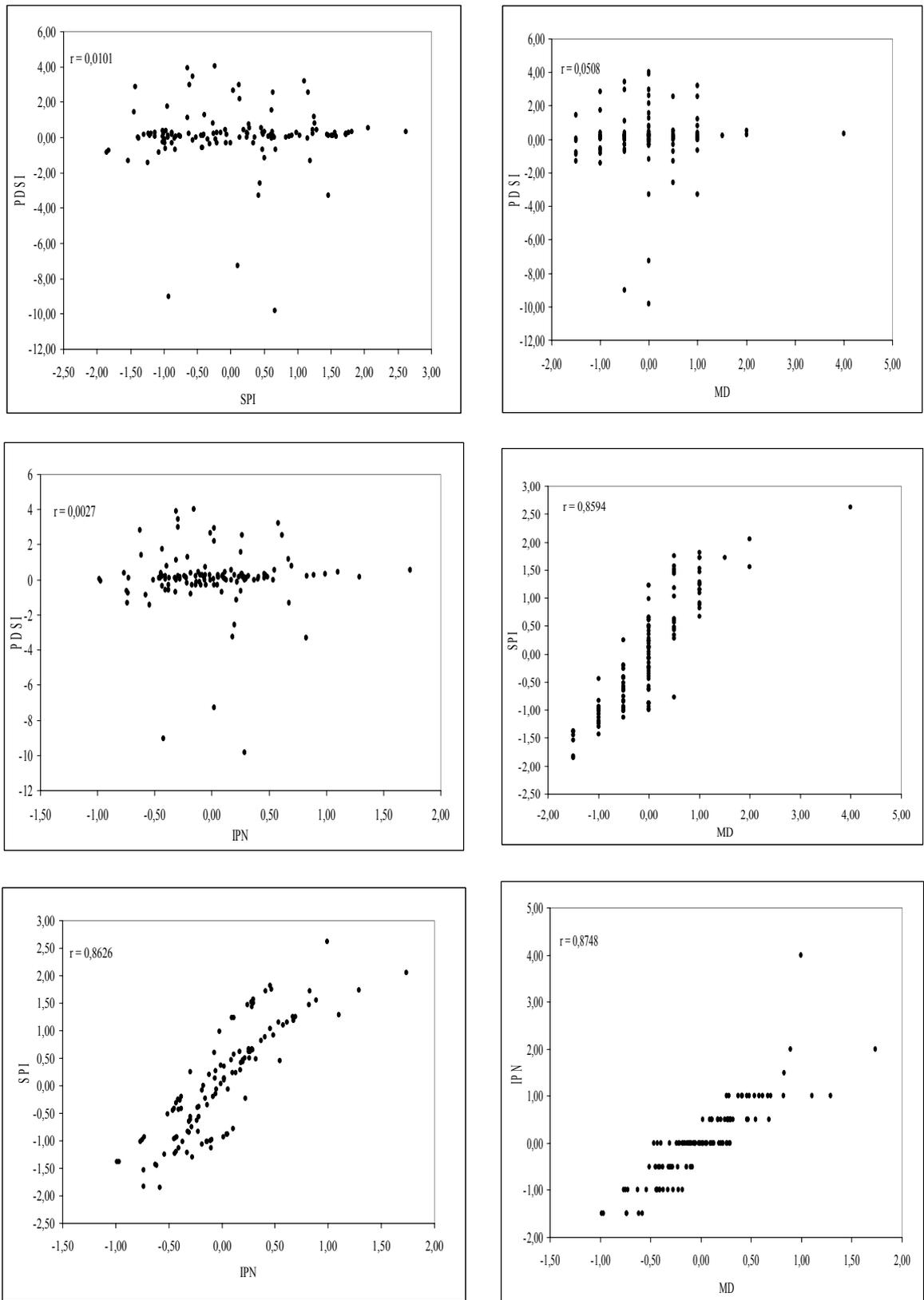


FIGURA – 18 (i) Diagramas de dispersões dos índices PDSI, SPI, MD e IPN no período de outubro a dezembro de 1974 a 2003, na Mesorregião Central Mineira. (APÊNDICE – C)

## **APÊNDICE (D)**

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 14 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Zona da Mata, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	DURAÇÃO
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/74	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
set/74	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
mar/75	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
ago/75	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
nov/75	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
jan/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mai/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
out/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/81	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
abr/82	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/82	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/83	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
nov/83	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
jul/85	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
set/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/87	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
jul/88	set/88	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
jan/89	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
mai/89	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
out/89	dez/89	-1,00	Seca Severa	Três Meses
ago/91	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
mar/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/93	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/94	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
ago/95	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
set/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/99	mai/99	-1,67	Seca Severa	Dois Meses
ago/99	set/99	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
mai/00	jul/00	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jun/01	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
abr/02	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
jun/02	-	-1,67	Seca Severa	Um Mês
fev/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/03	-	-1,33	Seca Severa	Um Mês
fev/02	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 15 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Triângulo/Alto Paranaíba, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/74	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/74	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
mar/75	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
ago/75	set/75	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
nov/75	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jan/76	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-1,75	Seca Severa	Um Mês
ago/78	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jul/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/81	set/81	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jan/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/85	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
abr/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/85	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
abr/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/87	nov/87	-1,25	Seca Severa	Dois Meses
jul/88	ago/88	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
mai/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/90	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jun/91	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
ago/91	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/91	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/92	jul/92	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
jul/93	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
ago/94	set/94	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
nov/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/95	ago/95	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
jul/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/97	jul/97	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
jun/98	jul/98	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
abr/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/99	ago/99	-1,25	Seca Severa	Dois Meses
mai/00	jun/00	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
jun/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/02	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/03	jul/03	-1,50	Seca Severa	Dois Meses

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 16 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/74	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
set/74	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
mar/75	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jul/75	ago/75	-1,63	Seca Severa	Dois Meses
nov/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/76	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
mai/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/79	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/79	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jul/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/84	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/84	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jul/85	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
out/85	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/86	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
mai/88	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
mai/89	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
out/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/90	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
mai/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/91	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jun/92	-	-1,75	Seca Severa	Um Mês
abr/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/94	set/94	-1,75	Seca Severa	Dois Meses
ago/95	-	-1,75	Seca Severa	Um Mês
jul/96	-	-1,75	Seca Severa	Um Mês
ago/97	-	-1,25	Seca Severa	Um Mês
jan/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/98	jul/98	-1,25	Seca Severa	Dois Meses
dez/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/99	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
abr/00	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
out/00	nov/00	-1,12	Seca Severa	Dois Meses
abr/02	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/02	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jun/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 17 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Campo das Vertentes, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/75	abr/75	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
ago/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/76	abr/76	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
dez/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mai/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
nov/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/78	out/78	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
mar/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/79	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/80	mar/80	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jul/80	set/80	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
nov/80	dez/80	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
abr/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/82	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/84	mar/84	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/85	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/86	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
fev/87	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/87	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/87	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/88	ago/88	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
nov/88	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/89	mai/89	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
out/89	nov/89	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jan/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/90	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
ago/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 18 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Oeste de Minas, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/74	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/74	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jan/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/75	nov/75	-1,00	Seca Severa	Cinco Meses
jan/76	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
abr/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
fev/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mai/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/78	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
out/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/79	jun/79	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
dez/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/80	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/81	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
out/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/83	fev/83	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
abr/83	mai/83	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
ago/83	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/83	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/84	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jan/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/87	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/87	nov/87	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/88	ago/88	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses

Continuação QUADRO – 18 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Oeste de Minas, na série de 1974 a 2003. **APÊNDICE (D)**

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
nov/88	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/89	mai/89	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
set/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/91	ago/91	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
out/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/92	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/93	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/93	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/94	dez/94	-1,30	Seca Severa	Seis Meses
jan/95	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/95	ago/95	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
out/95	nov/95	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jan/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/97	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/98	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/98	out/98	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
fev/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/99	mai/99	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/99	set/99	-2,50	Seca Extrema	Três Meses
abr/00	jun/00	-1,30	Seca Severa	Três Meses
dez/00	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/01	abr/01	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jun/01	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mar/02	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mai/02	ago/02	-2,00	Seca Extrema	Quatro Meses
jun/03	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
nov/03	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 19 (a) Duração e intensidade das secas, na Mesorregião Vale do Rio Doce, na série de 1974 a 2003.

Período		Apêndice – (D) Vale do Rio Doce		
De	De	Intensidade	Classificação	Duração
jan/74	mar/74	-1,00	Seca Severa	Três Meses
set/74	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/76	set/76	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
dez/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/78	jun/78	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
fev/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/79	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/80	nov/80	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jan/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/81	mai/81	-1,00	Seca Severa	Três Meses
dez/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/82	abr/82	-1,30	Seca Severa	Três Meses
dez/82	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/83	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/83	dez/83	-1,30	Seca Severa	Três Meses
abr/84	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/86	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
out/86	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jul/87	set/87	-1,33	Seca Severa	Três Meses
jan/88	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/88	ago/88	-1,00	Seca Severa	Quatro Meses
abr/89	mai/89	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jan/90	-	2,00	Seca Extrema	Um Mês
mar/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/92	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jan/93	mar/93	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jul/93	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
fev/94	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês

## APÊNDICE (D)

Continuação QUADRO – 19 (a) Duração e intensidade das secas, na Mesorregião Vale do Rio Doce, na série de 1974 a 2003.)

Período		Apêndice – (D) Vale do Rio Doce		
De	Até	Intensidade	Classificação	Duração
ago/94	set/94	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
nov/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/95	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/95	out/95	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
ago/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/97	set/97	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
nov/97	dez/97	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jan/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/98	jul/98	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
set/98	nov/98	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jul/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/99	nov/99	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jan/00	jun/00	-1,33	Seca Severa	Seis Meses
out/00	nov/00	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/01	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/02	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/02	jul/02	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
mai/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
out/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 20 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Vale do Jequitinhonha, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
set/74	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
dez/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/74	jul/74	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
set/75	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/76	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
Abr/76	jun/76	-1,00	Seca Severa	Três Meses
mar/77	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
dez/77	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Set/81	Out/81	1,50	Seca Severa	Dois Meses
jun/82	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jun/83	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
nov/83	Dez/83	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jan/84	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/84	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mar/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Mai/85	jul/85	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
mar/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/86	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
Out/86	nov/86	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jul/87	Agos/87	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jul/88	Agos/88	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jan/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Abr/89	Mai/89	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
jan/90	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
nov/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/93	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/93	Agos/93	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
fev/94	-	1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/94	Set/94	-2,00	Seca Extrema	Três Meses

## APÊNDICE (D)

Continuação QUADRO – 20 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Vale do Jequitinhonha, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
jan/95	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/95	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Agos/95	Out/95	-1,50	Seca Severa	Três Meses
jan/96	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/96	Set/96	-2,00	Seca Extrema	Quatro Meses
jun/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/98	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Agos/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/00	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/01	Fev/01	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
Out/01	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
Fev/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/03	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 21 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
jul/74	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
ago/75	-	-1,60	Seca Severa	Um Mês
jan/76	-	-1,80	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
jun/78	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/79	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
jul/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/81	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
jan/83	mar/83	-1,00	Seca Severa	Três Meses
jun/83	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
abr/84	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/84	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
set/86	nov/86	-1,20	Seca Severa	Três Meses
fev/87	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
out/87	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
jul/88	ago/88	-1,80	Seca Severa	Dois Meses
abr/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/92	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
abr/93	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
jun/93	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jun/94	ago/94	-1,60	Seca Severa	Três Meses
jan/95	jul/95	-1,40	Seca Severa	Três Meses
mai/95	jul/95	-1,40	Seca Severa	Três Meses
jun/96	-	-1,40	Seca Severa	Um Mês
mai/99	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
jun/99	jul/99	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
mai/00	jun/00	-1,20	Seca Severa	Dois Meses
fev/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/01	-	-1,20	Seca Severa	Um Mês
jun/02	-	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
abr/03	-	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jun/03	jul/03	-1,90	Seca Severa	Dois Meses

## APÊNDICE (D)

QUADRO – 22 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Central Mineira, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
fev/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/74	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
ago/74	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
dez/75	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
dez/76	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
fev/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jul/77	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
ago/78	set/78	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
jun/79	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/80	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/80	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
fev/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
abr/81	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
jun/81	jul/81	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
out/81	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
fev/82	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/82	ago/82	-1,00	Seca Severa	Três Meses
mar/83	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/83	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
mar/84	abr/84	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
mai/894	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
set/84	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
nov/84	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mar/85	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/85	nov/85	-1,12	Seca Severa	Três Meses
mar/86	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/86	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
fev/87	-	-1,60	Seca Severa	Um Mês
mai/87	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
set/87	out/87	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
mai/88	ago/88	-1,75	Seca Severa	Quatro Meses
nov/88	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/89	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/894	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
jun/90	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## APÊNDICE (D)

Continuação QUADRO – 22 (a) Duração e intensidade das secas na Mesorregião Central Mineira, na série de 1974 a 2003.

Período		Intensidade	Classificação	Duração
De	Até			
mai/91	ago/91	-1,75	Seca Severa	Quatro Meses
out/91	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/92	ago/92	-1,00	Seca Severa	Três Meses
dez/92	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jan/93	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/93	jul/93	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
fev/94	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jul/94	set/94	-2,00	Seca Extrema	Três Meses
jan/95	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
jun/95	ago/95	-1,60	Seca Severa	Três Meses
jun/96	jul/96	-1,00	Seca Severa	Dois Meses
jul/97	ago/97	-2,00	Seca Extrema	Dois Meses
mar/98	-	-2,00	Seca Extrema	Um Mês
jun/98	jul/98	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
abr/99	ago/99	-1,20	Seca Severa	Cinco Meses
dez/99	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
mai/00	jun/00	-1,25	Seca Severa	Dois Meses
jan/01	fev/01	-1,25	Seca Severa	Dois Meses
abr/01	-	-1,50	Seca Severa	Um Mês
jun/01	jul/01	-1,50	Seca Severa	Dois Meses
out/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês
dez/01	-	-1,00	Seca Severa	Um Mês

## **APÊNDICE (E)**

## APÊNDICE (E)

QUADRO – 24 Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião Zona da Mata do estado de Minas Gerais.

<b>Anos</b>	<b>PDSI</b>	<b>SPI</b>	<b>MD</b>	<b>IPN</b>	<b>Produção (t)</b>
1974	0,60	0,23	0,00	7,66	3840
1975	0,12	0,63	0,67	14,56	2989
1976	-0,24	-0,59	-0,67	1,91	3539
1977	0,45	1,17	1,33	18,02	3523
1978	-1,09	0,14	0,67	-3,92	4420
1979	-0,56	0,76	0,33	12,34	4584
1980	-1,05	-0,25	0,67	-5,47	4440
1981	-1,19	-1,12	-0,67	-18,66	5170
1982	-0,72	1,50	0,67	15,85	5411
1983	0,14	0,70	0,33	5,38	6063
1984	1,23	-0,21	-0,67	-13,98	4221
1985	0,25	3,18	3,33	36,59	6000
1986	-1,21	0,18	0,00	2,43	5375
1987	-0,43	-1,42	-1,33	-26,38	6331
1988	0,31	-1,38	-0,67	-18,47	6850
1989	-1,20	-4,32	-4,67	-46,39	7099
1990	-0,16	-1,47	-1,33	-12,04	6361
1991	-0,70	-0,17	-0,33	0,89	6044
1992	-0,78	0,55	0,00	1,62	8059
1993	0,56	0,88	1,00	10,90	8481
1994	-0,10	-1,19	-0,33	-9,07	7960
1995	1,90	-2,03	-1,67	-22,14	8090
1996	0,24	1,38	2,67	9,97	7192
1997	0,94	2,17	1,67	24,88	6534
1998	2,41	1,06	0,33	11,08	8295
1999	0,49	0,86	1,33	19,37	8407
2000	0,64	-0,74	-1,67	-15,53	9205
2001	0,07	-2,08	-1,33	-26,05	9078
2002	0,20	1,30	1,00	10,56	8221
2003	0,03	2,05	1,00	18,47	9395

## APÊNDICE (E)

QUADRO – 25 Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião do Triângulo/Alto Paranaíba do estado de Minas Gerais.

<b>Anos</b>	<b>PDSI</b>	<b>SPI</b>	<b>MD</b>	<b>IPN</b>	<b>Produção (t)</b>
1974	2,04	0,66	1,00	11,28	83953
1975	-0,84	-0,72	0,25	-15,86	66888
1976	-4,45	-2,00	-1,75	-24,91	108281
1977	0,08	0,03	-0,75	-10,40	53669
1978	-4,49	-0,70	-1,00	-9,43	62899
1979	-0,45	2,87	2,50	28,05	68261
1980	2,23	3,04	2,50	34,86	74162
1981	0,78	-1,19	-1,00	-16,46	86398
1982	-0,90	1,56	1,25	18,93	107013
1983	-1,84	2,43	2,00	35,64	79058
1984	-0,79	0,22	0,75	-2,45	97755
1985	1,13	0,99	0,75	7,82	116621
1986	0,22	1,92	1,50	22,58	122004
1987	-0,74	-2,28	-2,25	-32,39	161556
1988	-0,36	-2,02	-1,25	-25,87	148101
1989	1,15	2,20	-2,00	-30,07	167725
1990	0,44	1,33	1,00	8,61	115398
1991	-1,23	-0,73	-0,75	-1,84	225335
1992	-1,28	-1,50	-0,50	-17,14	239766
1993	0,00	-0,06	0,50	4,51	223200
1994	1,38	-0,81	-0,75	-12,59	237486
1995	3,55	-1,15	-1,25	-21,72	222385
1996	1,83	-1,23	-1,25	-17,72	136293
1997	2,80	2,33	1,75	16,89	242483
1998	0,59	0,37	0,75	-1,30	229600
1999	0,74	0,57	0,75	3,91	267068
2000	1,32	0,40	0,25	-2,31	300234
2001	-0,51	-0,86	-0,75	-7,70	304340
2002	2,30	0,09	-0,25	-6,35	333532
2003	1,96	-0,29	0,00	-1,84	364336

## APÊNDICE (E)

QUADRO – 26 Índices de Seca e a Produção da Cultura do Milho na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte do estado de Minas Gerais.

<b>Anos</b>	<b>PDSI</b>	<b>SPI</b>	<b>MD</b>	<b>IPN</b>	<b>Produção (t)</b>
1974	0,74	1,75	0,80	24,66	5020
1975	-0,53	0,64	0,00	10,02	6380
1976	0,67	-1,84	-1,60	-12,98	6892
1977	0,39	1,58	1,00	18,81	6038
1978	-2,68	-1,97	-1,60	-26,86	7801
1979	-1,70	0,63	0,20	9,03	7670
1980	1,68	0,22	0,80	-2,04	7752
1981	0,80	-0,22	-0,40	-2,25	8691
1982	0,17	2,97	2,20	48,13	8634
1983	-3,45	-1,27	-1,00	-20,10	8636
1984	0,37	1,20	1,40	19,82	7351
1985	0,12	2,15	2,00	30,31	7824
1986	0,36	-2,24	-1,80	-25,19	8689
1987	-0,68	-1,97	-1,20	-29,20	9768
1988	0,09	-1,74	-1,00	-25,04	8186
1989	-0,57	-2,54	-2,20	-33,00	9970
1990	-0,24	-0,79	0,40	6,49	9787
1991	-0,19	-0,82	-1,00	-6,04	12528
1992	-1,75	0,20	0,20	-1,41	13104
1993	-1,94	0,47	0,80	1,14	14075
1994	-0,20	-0,17	-0,20	-7,21	13827
1995	2,06	-2,47	-2,20	-33,78	12602
1996	-0,01	1,30	2,40	15,66	12322
1997	-0,20	2,84	2,00	25,03	13643
1998	-0,49	-0,36	-0,20	-9,06	13436
1999	0,32	-0,65	-0,60	-14,16	14144
2000	0,46	0,73	0,40	2,10	14811
2001	-0,51	-1,11	-0,80	-19,40	13849
2002	0,56	2,39	2,00	21,47	15996
2003	1,61	1,15	1,20	14,75	18278