

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

WESLEY SILVA JÚLIO

**IDENTIFICAÇÃO DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS E A
INFLUÊNCIA NA PRODUÇÃO DE CAFÉ DE MONTANHA NAS
MATAS DE MINAS**

VIÇOSA-MG

2015

Wesley Silva Júlio

**IDENTIFICAÇÃO DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS E A INFLUÊNCIA NA
PRODUÇÃO DE CAFÉ DE MONTANHA NAS MATAS DE MINAS**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Edson Soares Fialho

Co-orientador: Williams Pinto Marques Ferreira

VIÇOSA-MG

2015

Wesley Silva Júlio

**IDENTIFICAÇÃO DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS E A INFLUÊNCIA NA
PRODUÇÃO DE CAFÉ DE MONTANHA NAS MATAS DE MINAS**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Prof. Edson Soares Fialho

(Orientador – DAH/UFV)

Dr. Williams Pinto Marques Ferreira

(Co-orientador – EMBRAPA CAFÉ/EPAMIG)

VIÇOSA-MG

2015

À minha mãe Sônia e ao meu pai Nilton;

Aos meus irmãos Dayane e Wallace;

*A todos os amigos e familiares que torceram por mais
essa vitória!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, sobretudo pela saúde e força ao longo desta caminhada.

Aos meus pais Nilton e Sônia pelo incentivo, apoio e fortaleza em todos os momentos, sem vocês eu não conseguiria.

Aos meus irmãos Dayane e Wallace, pelo companheirismo e pelo carinho.

A todos os familiares, que torceram pelo sucesso da minha graduação.

Aos amigos, sempre presentes nos momentos de dificuldades e de alegrias.

Ao Williams pela amizade, por todo o aprendizado e pela orientação.

Aos professores do Departamento de Geografia, em especial ao orientador Edson.

A todos que de alguma forma contribuíram para a obtenção de mais essa vitória!
Muito obrigado!

RESUMO

O Estado de Minas Gerais possui o maior parque cafeeiro do país e responde por mais de 51% da produção brasileira (26,34 milhões de sacas) CONAB (2014). O café mineiro é produzido em 80 mil propriedades rurais de 680 municípios, gerando 1,6 milhão de empregos diretos e indiretos, o que mostra sua importância, não só para econômica, mas também social para o Estado. A região das Matas de Minas, caracterizada pela cafeicultura de montanha, contribui com boa parte da produção do café mineiro (cerca de 30% da produção). Como os níveis de precipitação são importantes controladores da prática agrícola, a conhecimento da variabilidade dos períodos secos e chuvosos dessa região torna-se de fundamental importância para orientar o produtor no correto manejo da lavoura de café. Assim, com o presente trabalho, objetivou-se realizar a análise da variabilidade temporal dos períodos chuvosos e secos e a relação desses eventos com a produção de café nas Matas de Minas. Foi adotado o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) considerando a escala de tempo de 03, 06, 12 e 24 meses, foi utilizada a série de dados de precipitação pluvial do período de 1982 a 2012 dos municípios de Viçosa, Caratinga, Aimorés, Caparaó, localizados na mesorregião da Zona da Mata de Minas e de Itaperuna, no Rio de Janeiro. Com base nos resultados o SPI-3 foi o que apresentou o maior número de ocorrências de eventos secos e chuvosos, e a identificação desses eventos, por meio desse índice, nos períodos mais crítico de demanda de água pela planta, apresentou estreita relação com a produção da cafeicultura de montanha da região das Matas de Minas.

Palavras-chave: Ciclo Fenológico, Café, Precipitação Pluviométrica, Índice padronizado de Precipitação - SPI.

ABSTRACT

The State of Minas Gerais has the largest coffee plantations in the country and accounts for more than 51% of the Brazilian production (26.34 million of bags) (CONAB, 2014). The coffee from Minas is produced in 80.000 rural properties located in 680 municipalities, which generate 1.6 million direct and indirect jobs, emphasizing its importance to this State, not only economics but also social. The region of “Matas de Minas”, characterized by the Mountain coffee production, contributes with much of the Minas coffee production (about 30%). Considering that the levels of precipitation are important controllers of the agricultural practice, the knowledge of the variability of the rainy and dry periods in this region becomes of fundamental importance to guide the producer in the correct management of coffee plantations. Thus, the present work aimed to perform the analysis of the temporal variability of the rainy and dry seasons and the relationship of these events with the coffee production in “Matas de Minas” region. It was adopted the Standard precipitation index (SPI) considering the timescale of 03, 06, 12 and 24 months. It was used the rainfall data series for the period of 1982 to 2012 in the municipalities of Viçosa, Caratinga, Aimorés, Caparaó, located in the middle region of “Zona da Mata de Minas”, in Minas Gerais state and Itaperuna, located in the state of Rio de Janeiro. Based on the results, the SPI-3 was the one to present the highest number of occurrences of dry and rainy events, and the identification of these events, through this index, in the most critical periods of water demand by the plant, showed a close relation to the production of the coffee in the mountains of the region of “Matas de Minas”.

Keywords: Phenological Cycle, Coffee, Precipitation, Standard Precipitation Index - SPI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema detalhado da fenologia do cafeeiro conforme Camargo et al. (2001)...	14
Figura 2 - Localização da Região das Matas de Minas.....	18
Figura 3 - Totais anuais de chuva de Viçosa-MG, no período de 1982 a 2012, ajustada à Distribuição Nomal.....	22
Figura 4 - Totais de chuva mensal de janeiro em Viçosa-MG, ajustados a distribuição Gama.....	30
Figura 5 - Médias mensais pluviométricas em Viçosa-MG, nos anos de 1982 a 2012.....	31
Figura 6 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, nos anos de 1982 a 2012.....	32
Figura 7 - Anômalias TSM Observadas na Região 3.4 El niño / La niña.....	32
Figura 8 - Médias mensais pluviométricas em Caratinga-MG, nos anos de 1982 a 2012....	39
Figura 9 - Total anual Pluviométrico em Caratinga-MG, nos anos de 1982 a 2012.....	39
Figura 10 - Médias mensais pluviométricas em Aimorés-MG, nos anos de 1982 a 2012....	46
Figura 11 - Total anual Pluviométrico em Aimorés-MG, nos anos de 1982 a 2012.....	47
Figura 12 - Médias mensais pluviométricas em Caparaó-MG, nos anos de 1982 a 2012....	53
Figura 13 - Total anual Pluviométrico em Caparaó-MG, nos anos de 1982 a 2012.....	53
Figura 14 - Médias mensais pluviométricas em Itaperuna-RJ, nos anos de 1982 a 2012....	60
Figura 15 - Total anual Pluviométrico em Itaperuna-RJ, nos anos de 1982 a 2012.....	60
Figura 16 - Médias mensais pluviométricas dos municípios de Viçosa - MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna - RJ.....	67
Figura 17 - Precipitação média anual e Produção em mil sacas beneficiadas de café na Região das Matas de Minas.....	67
Figura 18 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ, entre os anos de 1982 a 2012.....	73
Figura 19 - Precipitação Máxima Pluviométrica na Região das Matas de Minas – Anômalias TSM Observadas na Região 3.4 El Niño / La Niña.....	73

Figura 20 - Precipitação Mínima Pluviométrica na Região das Matas de Minas - Anômalias TSM Observadas na Região 3.4 El Niño / La Niña.....	74
Figura 21 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ, entre os anos de 1998.....	75
Figura 22 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ, entre os anos de 1983.....	75
Figura 23 - Produção total (em mil sacas beneficiadas) de Café no Estado de Minas Gerais, na região das Matas de Minas e a produção de Café Arábica nas Matas de Minas.....	76
Figura 24 - SPI - 3 em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ, entre os anos de 2000 a 2012.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores totais das chuvas anuais de Viçosa-MG (1982- 2012).....	20
Tabela 2 - Distribuição de frequências dos totais anuais de chuva de Viçosa – MG, no período de 1982 a 2012. Ajuste à distribuição Normal.....	21
Tabela 3 - Classificação dos períodos secos e chuvosos do SPI.....	24
Tabela 4 - Chuva mensal de janeiro em Viçosa-MG, no período de 1982 a 2012.....	28
Tabela 5 - Distribuição de frequências dos totais mensais de chuva de janeiro em Viçosa MG, Ajustado à distribuição Gama.....	28
Tabela 6 - Distribuição de frequências dos totais mensais de chuva de janeiro em Viçosa – MG, ajustados à distribuição Gama de probabilidade.....	29
Tabela 7 - Regime do SPI- 3 em Viçosa – MG.....	34
Tabela 8 - Regime do SPI- 6 em Viçosa – MG.....	35
Tabela 9 - Regime do SPI-12 em Viçosa MG.....	37
Tabela 10 - Regime do SPI- 24 em Viçosa MG.....	38
Tabela 11 - Regime do SPI- 3 em Caratinga – MG.....	41
Tabela 12 - Regime do SPI- 6 em Caratinga – MG.....	42
Tabela 13 - Regime do SPI- 12 em Caratinga – MG.....	44
Tabela 14 - Regime do SPI- 24 em Caratinga – MG.....	45
Tabela 15 - Regime do SPI- 3 em Aimorés – MG.....	48
Tabela 16 - Regime do SPI- 6 em Aimorés – MG.....	49
Tabela 17 - Regime do SPI- 12 em Aimorés – MG.....	51
Tabela 18 - Regime do SPI- 24 em Aimorés – MG.....	52
Tabela 19 - Regime do SPI- 3 em Caparaó –MG.....	55
Tabela 20 - Regime do SPI- 6 em Caparaó –MG.....	56
Tabela 21 - Regime do SPI-12 em Caparaó –MG.....	58
Tabela 22 - Regime do SPI- 24 em Caparaó –MG.....	59

Tabela 23 - Regime do SPI- 3 em Itaperuna – RJ.....	61
Tabela 24 - Regime do SPI- 6 em Itaperuna – RJ.....	63
Tabela 25 - Regime do SPI- 12 em Itaperuna – RJ.....	64
Tabela 26 - Regime do SPI- 24 em Itaperuna – RJ.....	66
Tabela 27 - Análise dos SPI's de períodos Secos.....	69
Tabela 28 - Análise dos SPI's de períodos Chuvosos	70
Tabela 29 - Índices Padronizados de Precipitação mais intensos, dos períodos de Seca...	71
Tabela 30 - Índices Padronizados de Precipitação mais intensos, dos períodos de Chuva.	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	17
2.1. Objetivos Específicos:	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. A Distribuição Normal	18
3.1.1. Parâmetros da Distribuição Normal	18
3.1.2. Exemplo da Distribuição de Probabilidade Normal	20
3.2. Índice Padronizado de Precipitação (Standard Precipitation Index - SPI)	22
3.3. Cálculo do SPI por meio do uso da planilha eletrônica Microsoft Excel® 2010	25
3.4. Exemplo da Distribuição de Probabilidade Gama	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Análise pluviométrica da cidade de Viçosa-MG	31
4.1.1. Análise dos períodos secos e chuvosos em Viçosa -MG	32
4.2. Análise pluviométrica da cidade de Caratinga-MG	39
4.2.1. Análise dos períodos secos e chuvosos em Caratinga-MG	40
4.3. Análise pluviométrica da cidade de Aimorés-MG	46
4.3.1. Análise dos períodos secos e chuvosos em Aimorés-MG	47
4.4. Análise pluviométrica da cidade de Caparaó-MG	53
4.4.1. Análise dos períodos secos e chuvosos em Caparaó-MG	54
4.5. Análise pluviométrica em Itaperuna-RJ	59
4.5.1. Análise dos períodos secos e chuvosos em Itaperuna-RJ	60
4.6. Análises dos períodos Chuvosos e Secos na região das Matas de Minas e o Ciclo Fenológico do Café	66
4.6.1. A cafeicultura na região das Matas de Minas	75
5. CONCLUSÕES	80
6. BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	83

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, sendo responsável por mais de 30% da produção, com o plantio numa área total de 1,96 milhões de hectares (CONAB, 2014). A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), estima que em 2014 será produzida entre 46,53 a 50,15 milhões de sacas de 60 quilos de café (arábica e conilon) do produto beneficiado, que irá contribuir significativamente para o crescimento do PIB brasileiro.

Minas Gerais possui o maior parque cafeeiro do País, respondendo por mais de 51% da produção nacional e por 2/3 da produção total de café arábica com o volume variando entre 25,6 a 27,1 milhões de sacas (CONAB, 2014). O café é vendido para mais de 60 países do mundo, sendo quatro as regiões produtoras no Estado: Sul de Minas (47%), Matas de Minas (30,7%), Cerrado Mineiro (19%) e Chapada de Minas (3,3%).

Este cultivo agrícola, pertencente à família das Rubiáceas, é o principal produto de exportação do agronegócio do Estado e o segundo na pauta total das exportações, atrás apenas do minério de ferro. Em Minas, são em média 700 municípios que plantam e colhem o grão em cerca de 1,1 milhão de hectares, empregando 1,6 milhão de pessoas, o que demonstra a importância da cafeicultura, não só para a economia, mas também no campo social para esses municípios. Juntas, as quatro regiões produtoras de café rendem cerca de R\$ 4 bilhões, aproximadamente 25% do PIB do agronegócio mineiro (CONAB, 2014).

A Região das Matas de Minas é composta por 61 municípios localizados em parte da Zona da Mata Mineira e do Vale do Rio Doce. Situa-se entre as divisas entre o Espírito Santo e Rio de Janeiro. Denominada como Região de Montanha, por sua característica de relevo muito acidentado, destaca-se pela elevada densidade de trabalho humano nas operações de cultivo devido à impossibilidade topográfica de desenvolver agricultura mais mecanizada e poupadora de mão-de-obra, (VILELA & RUFINO, 2010).

Por ser o setor mais importante do Estado, em termos de geração de empregos totais, a economia cafeeira exprime forte característica social. Para cada aumento de um milhão de reais em sua produção (cerca de sete milhões de sacas de café), são criados 238 novos empregos.

Devido à importância econômica e social do cultivo do café para o Estado e para o Brasil, é fundamental o conhecimento da distribuição da precipitação pluviométrica na região uma vez que esse é um dos principais elementos meteorológicos que influenciam na produção e qualidade dos frutos nas plantas.

Fundamental tanto no período reprodutivo quanto vegetativo, a importância da chuva para o cafeeiro pode ser explicada pela natureza fisiológica de produção da planta na qual

segundo Camargo & Fahl (2001), ocorre concomitantemente à concorrência entre as funções vegetativas e reprodutivas.

Nos anos de grande produção, o crescimento dos frutos absorve a maior parte da atividade metabólica da planta, reduzindo o desenvolvimento vegetativo. O crescimento dos ramos novos depende da quantidade de frutos em desenvolvimento e o volume de produção é proporcional ao vigor vegetativo, ao número de nós e gemas florais formadas na estação vegetativa anterior (CAMARGO & FAHL, 2001).

Na Figura 1 é apresentado o esquema detalhado da fenologia do cafeeiro segundo Camargo et al. (2001), com seis fases fenológicas distintas, sendo duas vegetativas e quatro reprodutivas que ocorrem em dois anos consecutivos.

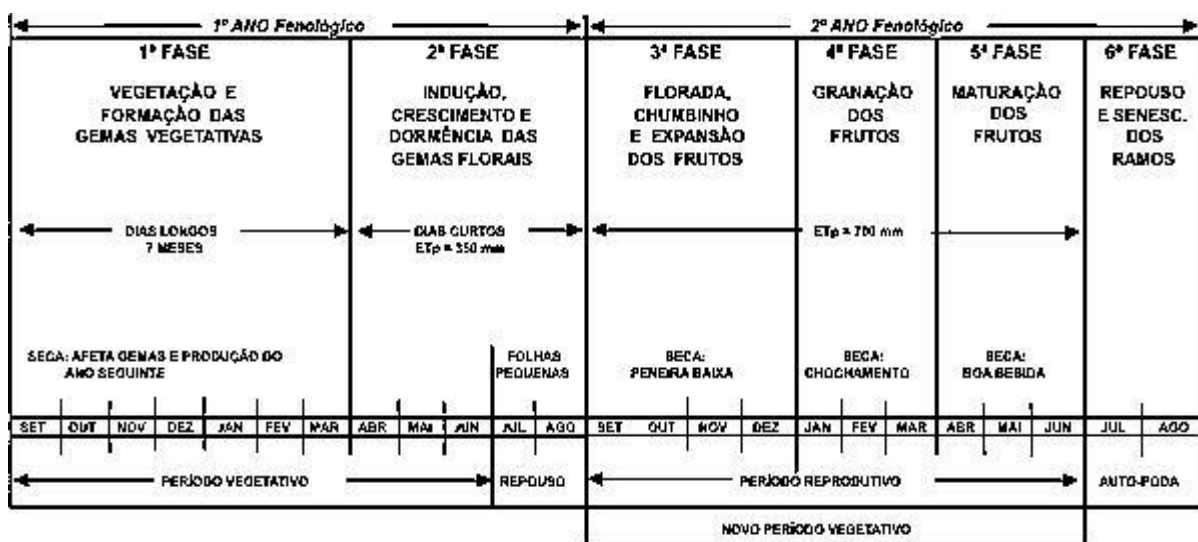


Figura 1. Esquema detalhado da fenologia do cafeeiro conforme Camargo et al. (2001).

De acordo com o ciclo fenológico do café elaborado por Camargo et al. (2001), ocorre na primeira fase a vegetação e formação de gemas foliares, a qual é influenciada pelo fotoperiodismo, entre setembro a março, quando os dias são mais longos. A segunda fase é marcada pela indução, desenvolvimento, maturação e dormência das gemas florais, que ocorrem quando os dias são mais curtos, de abril a agosto, também influenciada pelas condições fotoperiódicas. Essa fase se completa quando o somatório de evapotranspiração potencial (EP) acumulada alcança cerca de 350 mm a partir do início de abril. Nos dois meses finais, julho a agosto, as gemas entram em dormência e produzem um par de folhas pequenas, que separam o primeiro ano fenológico do segundo (CAMARGO et al. 2001).

A terceira fase é o período da florada e de expansão dos frutos - segundo ano fenológico, de setembro a dezembro, que tem início após o choque hídrico, por chuva ou irrigação, induzindo as gemas maduras a intumescerem, transformando-se em botões

florais, bem como induzindo também o florescimento, aproximadamente uma semana após as chuvas. Em seguida, vêm as fases de frutos chumbinhos e expansão rápida. Um estresse hídrico nessa fase pode prejudicar o crescimento dos frutos, resultando em frutos mal formados popularmente conhecidos como frutos de peneira baixa (CAMARGO et al. 2001).

Na quarta fase ocorre a granação dos frutos, período de janeiro a março do ano seguinte, quando há formação dos grãos. Um estresse hídrico pode prejudicar essa fase, produzindo frutos mal granados que causam os defeitos mais comuns nos grãos identificados popularmente por grãos pretos, verdes e ardidos, como também podem causar o “chochamento” de grãos (CAMARGO et al. 2001).

A quinta fase é a da maturação dos frutos, que ocorre de abril a junho e depende da precocidade do cultivar e da energia solar acumulada. Na sexta fase ocorre a senescência, no período de julho a agosto. Muitos ramos produtivos, geralmente terciários e quaternários, secam e morrem, limitando o crescimento do cafeeiro, também conhecido como período de autopoda da planta (CAMARGO et al. 2001).

De acordo com Ayoade (1996), o monitoramento dos níveis de precipitação é fundamental para o desenvolvimento da agricultura de modo geral. O autor cita que as épocas do início, duração e término da estação chuvosa controlam as atividades agrícolas. Neste sentido, as variabilidades das chuvas podem influenciar sensivelmente a disponibilidade de terras para cultivo.

De acordo com CPTEC (2014) os regimes das precipitações em diferentes regiões do planeta são influenciados pelo fenômeno climático “ENOS” (El Niño Oscilação Sul). Este fenômeno oceânico-atmosférico envolve a interação das águas superficiais do Oceano Pacífico tropical com a atmosfera circundante. Além do fenômeno “ENOS” está relacionado com as diferentes condições climáticas em muitas partes do mundo, ele também está associado as alterações significativas em diversos tipos de ecossistemas terrestres e marinhos.

Existem diferentes técnicas científicas para análise dos diferentes regimes de precipitação, dentre as quais destaca-se o uso de ferramentas estatísticas para o estudo da distribuição das chuvas. Segundo Reboita (2005) para essa ciência uma distribuição de probabilidade descreve a probabilidade que uma variável pode assumir ao longo de um espaço de valores, ela associa uma probabilidade a cada resultado numérico de um experimento, ou seja, exprime a probabilidade de cada valor de uma variável aleatória. É comum o uso de funções que se ajustem à distribuição de probabilidade.

A “Distribuição Normal” conhecida também como “Distribuição Gaussiana” é sem dúvida a mais importante distribuição contínua (REBOITA, 2005). Sua importância se deve a vários fatores, entre eles podemos citar o “Teorema Central do Limite”, o qual é um resultado fundamental em aplicações práticas e teóricas, pois garante que mesmo que os dados não sejam distribuídos segundo um arranjo normal, a média dos dados converge para a distribuição normal à medida que o número de dados aumenta. Além disso, diversos estudos práticos tem como resultado a distribuição Normal. Como exemplo pode-se citar a altura de determinada população, que em geral, segue a distribuição Normal.

Outro tipo de distribuição de probabilidade conhecida, a “Distribuição Gama” é apropriada para modelar o tempo requerido para o acontecimento de exatamente “ α ” eventos. Por exemplo, o tempo para falha de um sistema é uma variável gama se essa falha ocorre após exatamente “ α ” falhas menores. Essa característica torna a distribuição Gama importante na modelagem estatística de problemas de fila, que trata com tempos em linhas de espera e tempos de serviço. Assim, essa distribuição é o caso geral de distribuições importantes, mas ela própria é um caso particular de outras famílias de distribuições estatísticas. Segundo Reboita (2005), em estudos hidrológicos é prática comum a utilização dessa distribuição para modelar o logaritmo da variável em estudo.

Segundo a OMM (2012), ao longo dos anos, muitos índices de seca foram desenvolvidos e utilizados por meteorologistas e climatologistas. Esses índices variam desde os mais simples, como porcentagem de precipitação normal e percentis de precipitação; aos mais complicados, como o Índice de Severidade de Seca de Palmer. Assim, o entendimento de que determinado déficit de precipitação tem diferentes impactos sobre as águas subterrâneas, o armazenamento do reservatório, a umidade do solo, a camada de neve e a vazão, levou, em 1993, os cientistas americanos McKee, Doesken e Kleist a desenvolver o Índice Padronizado de Precipitação (SPI – *Standard Precipitation Index*, em inglês).

O cálculo simplificado do SPI o torna uma excelente ferramenta de aplicação. A precipitação é o único parâmetro necessário como dado de entrada. Além disso, é tão eficaz na análise de períodos húmidos quanto na possibilidade do aviso prévio da seca, ajudando a avaliar a severidade da mesma (FERNANDES et al. 2009). Para o cálculo dos SPI's, foi utilizado a planilha Excel Drought Index Calculation Standardized Precipitation Index (MAKKEE, 1993), elaborada por Glaucio de Souza Rolim, Gabriel Constantino Blain & Orivaldo Brunini, do Instituto Agrônomo – IAC – Centro de Ecofisiologia e Biofísica - CEB-CIIAGRO / APTA - Brasil.

Como os resultados dos cálculos do SPI podem ajudar na identificação dos períodos secos e chuvosos em diferentes escalas temporais ao longo dos anos, permitindo também comparações entre regiões com diferentes características climáticas (McKee et al. 1993), este se torna um instrumento de grande vantagem para identificação das épocas mais adequadas para a prática agrícola, no caso a atividade cafeeira.

Sabendo-se da importância da distribuição de chuvas ao longo do ciclo fenológico do cafeeiro, cumpre o conhecimento, por parte dos produtores, dos períodos secos e chuvosos para o correto manejo da lavoura objetivando o aumento do ganho de produção bem como da qualidade do produto final da bebida.

2. OBJETIVO GERAL

- Analisar o uso do Índice Padronizado de Precipitação para identificação da ocorrência de períodos secos e chuvosos e a relação desses eventos com a produção de café nas Matas de Minas.

2.1 Objetivos Específicos

- Analisar a relação entre a variabilidade temporal da ocorrência de períodos secos e chuvosos na região das Matas de Minas e a ocorrência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña (ENOS).
- Analisar qual escala temporal do Índice Padronizado de Precipitação é mais indicado para representar os períodos secos e chuvosos que mais interferem no ciclo fenológico e consequentemente na produção de café da região das Matas de Minas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se, para o desenvolvimento do presente trabalho, a série de dados do período de 30 anos da precipitação pluviométrica dos municípios de Viçosa (20° 45' 14" S, 42° 52' 55" W e altitude de 648 m) Caratinga (19° 47' 24" S, 42° 08' 20" W e altitude de 578 m), Aimorés (19° 29' 45" S, 41° 03' 50" W e altitude de 76 m) e do Caparaó (20° 26' 02" S, 41° 52' 04" W e altitude de 997m), todos localizados na mesorregião da Zona da Mata de Minas (FIGURA 2), bem como os dados de chuva também do município de Itaperuna-RJ (21° 12' 18" S, 41° 53' 16" W e altitude de 108 m).

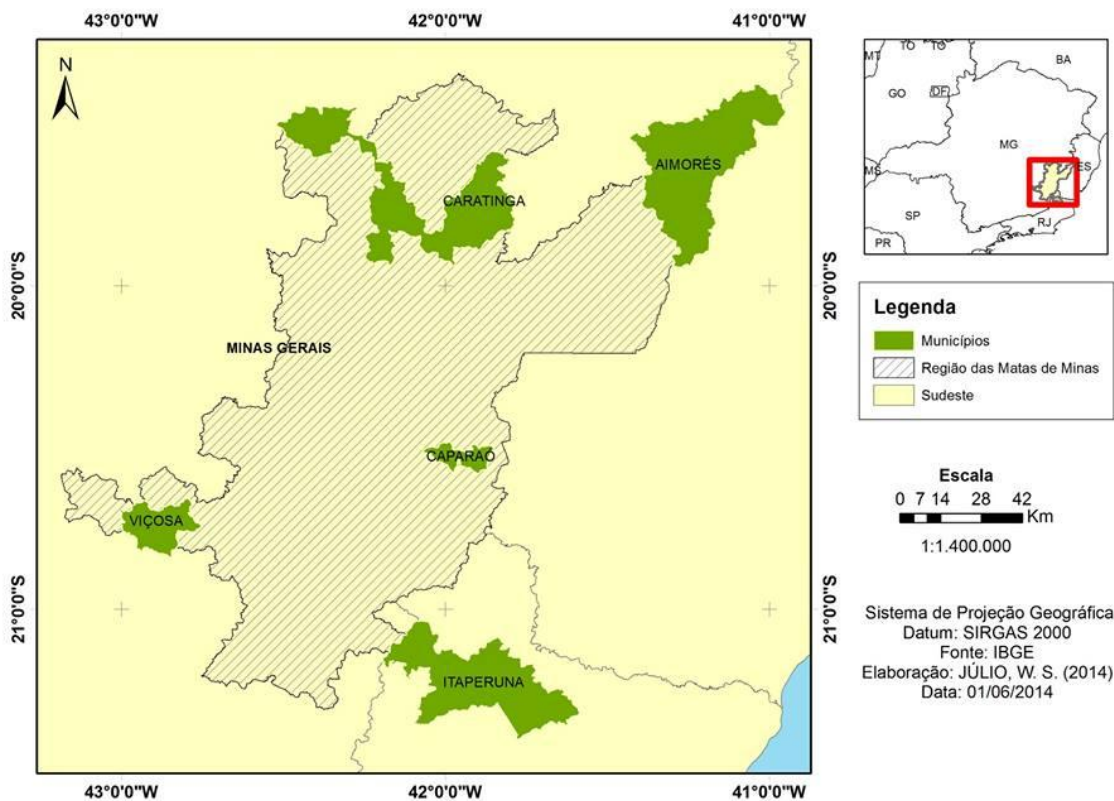


Figura 2. Localização da Região das Matas de Minas.

3.1 A Distribuição Normal

No presente estudo foi utilizada a distribuição Normal que é a distribuição de probabilidade contínua mais importante e mais utilizada, geralmente mencionada como curva normal ou curva de Gauss (ASSIS, ARRUDA & PEREIRA, 1996). Sua importância nas análises matemáticas resulta do fato de que muitas técnicas estatísticas, como análise de variância, de regressão e alguns testes de hipótese, assumem e exigem a normalidade dos dados em questão.

3.1.1 Parâmetros da Distribuição Normal

A distribuição Normal é uma distribuição de dois parâmetros, μ (média) e σ (desvio-padrão). A densidade de probabilidade desta distribuição é dada pela equação abaixo:

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ para } -\infty < X < +\infty \quad (01)$$

em que:

μ e σ são a média e o desvio-padrão da população, respectivamente. “N” é a soma das frequências, os valores de μ são estimados por $\bar{x}$, σ por “s”, que são obtidos por meio das relações:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (02)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1} \quad (03)$$

A notação bastante empregada para designar que uma variável tem distribuição Normal com média $\bar{x}$ e variância s^2 é $N(\bar{X}, s^2)$. Se determinada amostra de dados tem realmente distribuição Normal à relação $\{A = (K-3) = 0\}$ é válida. A curtose da distribuição Normal é igual a três e a assimetria é nula.

O histograma de frequências da distribuição Normal tem a forma de “sino” ou parecida. Com a média constante e a variância variável, o gráfico da curva Normal assume diferentes formas de sino: de alongada a achatada.

A probabilidade de que “X” assuma valores menores ou iguais a um dado “x” quando uma variável tem distribuição Normal com média $\bar{x}$ e variância “s²” é estimada por:

$$F(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dX \quad (04)$$

Mas essa equação não pode ser resolvida analiticamente sem o uso de métodos de integração aproximada. Por essa razão usa-se a transformação $Z = (X - \bar{X}) / S$. E com isso a variável Z tem N variando de (0,1). A variável “Z” é chamada “variável reduzida” e a curva dada pela equação (05) é a curva Normal reduzida.

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{Z^2}{2}} dZ \quad (05)$$

3.1.2 Exemplo da Distribuição de Probabilidade Normal

O exemplo a seguir utiliza dados de precipitação pluviométrica (Tabela 1) obtidos na estação meteorológica número 83642, pertencente ao INMET que fica instalada no campus da Universidade Federal de Viçosa (20° 45' 14" S, 42° 52' 55" W e altitude de 648 m).

Tabela1. Valores totais das chuvas anuais de Viçosa-MG (1982- 2012)

Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)
1982	108.26	1991	132.9	2000	86.6	2009	130.61
1983	73.94	1992	105.09	2001	96.67	2010	112.63
1984	-----	1993	73.64	2002	106.14	2011	119.48
1985	-----	1994	95.92	2003	95.06	2012	107.49
1986	-----	1995	92.41	2004	149.83		
1987	-----	1996	94.82	2005	119.66		
1988	-----	1997	105.2	2006	91.18		
1989	-----	1998	95.44	2007	84.12		
1990	115.22	1999	100.65	2008	140.8		

*A ausência de dados é representada por (-----) e "Precp" significa precipitação pluviométrica.

Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Foram considerados os dados de chuva anual da Tabela 01, cuja distribuição de frequência é reproduzida na Tabela 2, da seguinte forma:

$$\sum f = 0 + 0 + 2 + 5 + 11 + 5 + 2 + 0 = 25$$

$$\sum fX = 0 \times 28.5 + 0 \times 47.5 + 2 \times 66.5 + 5 \times 85.5 + 11 \times 104.5 + 5 \times 123.5 + 2 \times 142.5 + 0 \times 161.5 = 2612.5$$

$$\sum fX^2 = 0 \times 28.5^2 + 0 \times 47.5^2 + 2 \times 66.5^2 + 5 \times 85.5^2 + 11 \times 104.5^2 + 5 \times 123.5^2 + 2 \times 142.5^2 + 0 \times 161.5^2 = 282392.25$$

$$\bar{X} = \frac{\sum fX}{\sum f} = \frac{2612.5}{25} = 104.5$$

$$s^2 = \frac{\left[\sum fX^2 - (\sum fX)^2 / \sum f \right]}{\sum f - 1} = \frac{282392.25 - 2612.5^2 / 25}{24} = 391.08$$

$$S = 19.78$$

Tabela 2. Distribuição de frequências dos totais anuais de chuva de Viçosa – MG, no período de 1982 a 2012. Ajuste à distribuição Normal

Classes	P.M.(X)	f	Zi	F(Zi)	f(Xi)	fe
19-38	28.5	0	-3.36	0.0004	0.0004	0
38-57	47.5	0	-2.4	0.0082	0.0078	0.2
57-76	66.5	2	-1.44	0.0748	0.0666	2
76-95	85.5	5	-0.48	0.3155	0.2407	6
95-114	104.5	11	0.48	0.6845	0.3690	9.2
144-133	123.5	5	1.44	0.9252	0.2407	6
133-152	142.5	2	2.4	0.9918	0.0666	1.7
152-171	161.5	0	3.36	0.9996	0.0078	0.2
Totais		25			1	25

Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O cálculo da variável reduzida para cada classe, considerando-se o limite superior da classe, é dado da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \frac{(38 - 104.5)}{19.78} = -3.36 \Rightarrow F(Z_1) = 0.0004 \\
 Z_2 &= \frac{(57 - 104.5)}{19.78} = -2.40 \Rightarrow F(Z_2) = 0.0082 \\
 Z_3 &= \frac{(76 - 104.5)}{19.78} = -1.44 \Rightarrow F(Z_3) = 0.0748 \\
 Z_4 &= \frac{(95 - 104.5)}{19.78} = -0.48 \Rightarrow F(Z_4) = 0.3155 \\
 Z_5 &= \frac{(114 - 104.5)}{19.78} = 0.48 \Rightarrow F(Z_5) = 0.6845 \\
 Z_6 &= \frac{(133 - 104.5)}{19.78} = 2.14 \Rightarrow F(Z_6) = 0.9252 \\
 Z_7 &= \frac{(152 - 104.5)}{19.78} = 2.84 \Rightarrow F(Z_7) = 0.9918 \\
 Z_8 &= \frac{(171 - 104.5)}{19.78} = 3.55 \Rightarrow F(Z_8) = 1.0000
 \end{aligned}$$

Como $F(Z_i)$ é acumulada, a $F(X)$, ou seja, a probabilidade de que ocorra um valor de chuva menor ou igual ao da classe, é calculada subtraindo-se cada valor de $F(Z_i)$ pelo valor da cada classe anterior como indicado na Tabela 2.

As frequências esperadas (f_e) em cada classe, (a última coluna da tabela 2) são obtidas, multiplicando-se o valor de $f(X)$ pela soma de todas as frequências, ou seja:

$$\begin{aligned}
 f_{e1} &= 0,0004 \times 25 = 0 \\
 f_{e2} &= 0,0078 \times 25 = 0,2 \\
 f_{e3} &= 0,0666 \times 25 = 1,7 \\
 f_{e4} &= 0,2407 \times 25 = 6 \\
 f_{e5} &= 0,3690 \times 25 = 9,2 \\
 f_{e6} &= 0,2407 \times 25 = 6
 \end{aligned}$$

$$f_{e7} = 0,0666 \times 25 = 1,7$$

$$f_{e8} = 0,0078 \times 25 = 0,2$$

A soma das frequências esperadas (f_e) deve ser igual a soma das frequências observadas (f). A representação gráfica do ajuste acima é indicada na Figura 3.

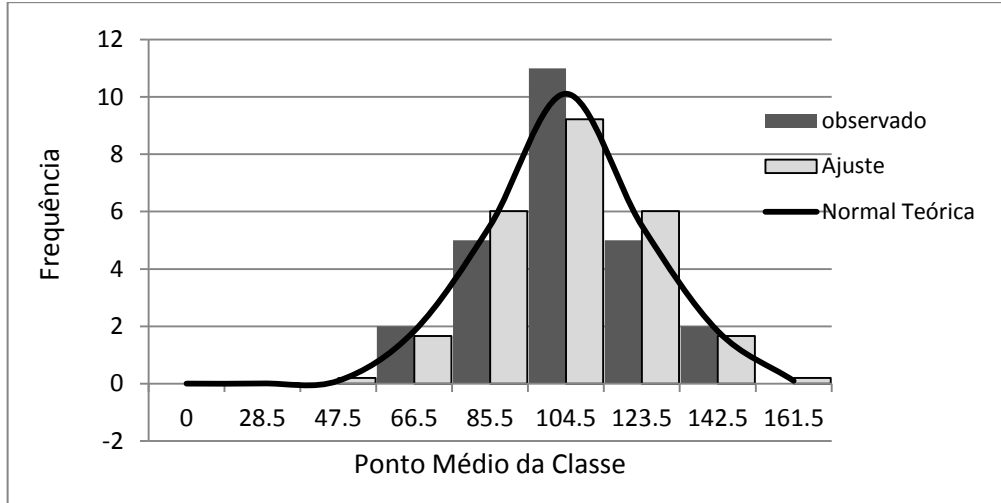


Figura 3: Totais anuais de chuva de Viçosa-MG, no período de 1982 a 2012, ajustada à distribuição Normal. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

3.2 Índices Padronizados de Precipitação (Standard Precipitation Index - SPI)

O cálculo do SPI é determinado a partir das funções de densidade de probabilidade que descrevem as séries históricas de precipitação nas diferentes escalas de tempo (EDWARDS, DC & TB MCKEE, 1997). Para o ajuste da distribuição de frequência ao total precipitado em dado posto pluviométrico foi utilizada a distribuição Gama, cuja função de densidade de probabilidade tem a seguinte forma:

$$f(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha-1} \exp(-x/\beta)}{\beta \Gamma(\alpha)}, \text{ quando } x, \alpha, \beta > 0 \quad (06)$$

em que $\alpha > 0$ é o parâmetro de forma; $\beta > 0$ é o parâmetro de escala e $x > 0$ é a quantidade de chuva precipitada.

Assim, a função Gama é dada por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (07)$$

Os parâmetros α e β da função densidade de probabilidade Gama são estimados para cada estação e escala de tempo de interesse. Logo, para a estimativa dos parâmetros α e β , utilizam-se as soluções de Máxima Verossimilhança, sendo:

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4D/3}}{4D} \quad (08)$$

$$D = \ln(\bar{x}) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i), \text{ e } \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}. \quad (09)$$

em que:

“n” é o número de observações da amostra e $\bar{x}$ é o valor médio dos dados de chuva.

Os parâmetros resultantes são utilizados para obtenção da probabilidade de chuva para um determinado mês e para o período de tempo desejado para o posto em estudo. Logo, a função acumulada de probabilidade Gama é:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)\beta^\gamma} \int_0^x X^{\gamma-1} e^{-\frac{X}{\beta}} dX \quad (10)$$

A função Gama não é definida para $x = 0$, mas como a amostra dos dados de precipitação pode conter zeros, a probabilidade acumulada é dada da seguinte forma:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (11)$$

em que:

“q” é a probabilidade de ocorrer um valor zero.

Se “m” for o número de zeros numa série de precipitação, então $q = m/(n+1)$. Segundo Abramowitz e Stegun (1965), a relação entre as distribuições de probabilidade Gama e Normal é dada por:

$$Z = \text{SPI} = - \left\{ t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right\}, \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (12)$$

$$Z = \text{SPI} = + \left\{ t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right\}, \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (13)$$

em que os valores dos coeficientes foram: $C_0 = 2,515517$; $C_1 = 0,802853$; $C_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$ e $d_3 = 0,001308$ e “t” é definido pelas equações:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]}, \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (14)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1-(H(x))^2} \right]}, \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (15)$$

Segundo McKee et al. (1993) o cálculo do SPI inicia com o ajuste das séries de dados dos totais mensais precipitados, à função densidade de probabilidade Gama. Em seguida, estima-se essa probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal. O SPI é o resultado da função Normal aplicada a essa probabilidade. Esse índice pode ser calculado em diferentes escalas. Para isso, o SPI-1 corresponde a precipitação acumulada em períodos mensais, o SPI-3 corresponde a precipitação acumulada no período de 3 meses e assim consecutivamente. Desse modo, é considerado que o evento “seca” tem início quando o SPI torna-se negativo e atinge o valor “-1” e o termino do evento ocorre quando este volta a apresentar valores positivos. Os valores maiores ou iguais a “+2” indicam “chuva extrema” e os maiores ou iguais a “-2” indicam “seca extrema”. Em contrapartida o evento “chuva” começa quando o SPI torna-se positivo e atinge o valor “+1” e termina quando o índice padronizado de precipitação volta a apresentar valores negativos (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação dos períodos secos e chuvosos do SPI

Classificação do SPI	
≥ 2,00	Chuva extrema
1,99 a 1,50	Chuva severa
1,49 a 1,00	Chuva moderada
0,99 a 0,50	Chuva fraca
0,49 a - 0,49	Normal
-0,50 a -0,99	Seca fraca
-1,00 a - 1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
≤ -2,00	Seca extrema

Fonte: McKee et al. (1993)

3.3 Cálculo do SPI por meio do uso da planilha eletrônica Microsoft® Excel® 2010

Para a realização do cálculo do SPI utilizando a planilha eletrônica Microsoft Excel é necessário, inicialmente, fazer o ajuste de frequência da distribuição Gama. De acordo com Assis, Arruda & Pereira (1996) a frequência é calculada a partir da escolha do número de classes. Assim, o número de classes é uma escolha aleatória que normalmente fica entre os valores 5 e 20. Esse número é calculado pela equação: $3,3[\text{Log}_{10}(N)]+1$, sendo “N” o número de observações, ou seja, a soma de todas as frequências da classe. Após a escolha do número de classes, monta-se uma tabela com os limites inferiores e superiores. Para o resultado final da tabela de frequência, pode-se usar a função “FREQUÊNCIA” na planilha Microsoft Excel 2010, como descrita no anexo 1:

A frequência ou função densidade de probabilidade da distribuição Gama é dada por:

$$f(X) = \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} X^{\gamma-1} e^{-\frac{X}{\beta}} \quad (16)$$

em que:

β é um parâmetro de escala, γ é o parâmetro de forma e $\Gamma(\gamma)$ é a função Gama ordinária de γ . A função Gama tem as seguintes propriedades:

$$\Gamma(X) = \int_0^{\infty} X^{\gamma-1} e^{-X} dX \quad (17)$$

Sendo para todo $X > 0$

$$\Gamma(1) = \Gamma(2) = 1$$

$$\Gamma(X) = \Gamma(X-1) \quad \text{para } X = 1, 2, 3, \dots$$

$$\Gamma(X+1) = X\Gamma(X) \quad \text{para } X > 0$$

$$\Gamma(1/2) = \sqrt{\pi} = 1,77245$$

O valor de $\Gamma(X)$ pode ser obtido, com boa aproximação, por meio da seguinte relação:

$$\Gamma(X) = \sqrt{\frac{2\pi}{X}} e^{X[\ln(X) - f(X)]} \quad (18)$$

em que:

$$f(X) = 1 - \frac{1}{12X^2} + \frac{1}{360X^4} - \frac{1}{1260X^6} \quad (19)$$

A média, a variância e o coeficiente de assimetria (A) da distribuição Gama podem ser obtidos por:

$$\bar{X} = \gamma\beta \quad (20)$$

$$s^2 = \gamma\beta^2 \quad (21)$$

$$A = \frac{2}{\sqrt{\gamma}} \quad (22)$$

A distribuição Gama tem assimetria positiva com o parâmetro β diminuindo e o parâmetro γ aumentando. Variando-se β , com γ constante, muda-se a escala da distribuição, enquanto variando-se γ , com β constante, muda-se a sua forma.

Pode-se então concluir, com base na equação (22), que, quando γ tende para infinito $A \Rightarrow 0$, ou seja, a distribuição Gama, neste caso, tende a ser simétrica.

As estimativas dos parâmetros β e γ resultam da solução das equações (20) e (21). Mas essas estimativas não são adequadas, preferindo-se as estimativas descritas em THOM (1966):

$$\gamma = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (23)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\gamma} \quad (24)$$

Uma vez que,

$$A = \ln \bar{X} - X_g \quad (25)$$

em que

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (26)$$

é a média aritmética e a equação 27 é a média geométrica das observações, ou alternativamente, segundo Greenwood e Durand (1960) é dada pela equação 28 quando $0 \leq Z \leq 0,5772$, e pela equação 29 quando $0,5772 < Z < 7,0$, na qual

$$X_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(X_i) \quad (27)$$

$$\gamma = \frac{0,5000876 + 0,1648852 Z - 0,054427 Z^2}{Z} \quad (\text{quando } 0 \leq Z \leq 0,5772) \quad (28)$$

$$\gamma = \frac{8,898919 + 9,05995Z - 0,9775373Z^2}{Z(17,79728 + 11,968477Z + Z^2)} \quad (\text{quando } 0,5772 < Z < 7,0) \quad (29)$$

em que:

$$Z = \ln(\bar{X}) - X_g \quad (30)$$

Neste caso, o parâmetro “ β ” continua sendo calculado como na equação (24).

A função cumulativa de probabilidade é então dada por:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)\beta^\gamma} \int_0^X X^{\gamma-1} e^{-\frac{X}{\beta}} dX \quad (31)$$

Esta equação não tem solução imediata, exigindo tabelas ou técnicas de integração numérica como expansão em série e a fórmula de Simpson, por exemplo. A série normalmente utilizada é a seguinte:

$$F(t) = \frac{t^\gamma}{\gamma\Gamma(\gamma)e^t} \left[1 + \frac{t^1}{\gamma+1} + \frac{t^2}{(\gamma+1)(\gamma+2)} \right] + \dots + \frac{t^3}{(\gamma+1)(\gamma+2)(\gamma+3)} \quad (32)$$

Na equação (31), fazendo-se “ t ” = X / β ; $X = \beta t$; $dx = \beta dt$, chega-se a equação (32). Em que “ t ” é o valor do limite superior dividido pelo valor beta.

3.4 Exemplo da Distribuição de Probabilidade Gama:

Considerem-se os 23 valores mensais de chuva do mês de janeiro em Viçosa, MG, na Tabela 4, cuja distribuição de frequências é mostrada na Tabela 5, tem-se:

$$\sum f = 3 + 5 + 4 + 5 + 1 + 2 + 2 + 1 = 23$$

$$\sum fX = 3 \cdot 93 + 5 \cdot 155 + 4 \cdot 217 + 5 \cdot 279 + 1 \cdot 341 + 2 \cdot 403 + 2 \cdot 465 + 1 \cdot 527 = 5921$$

$$\bar{X} = \frac{5921}{23} = 256.43$$

$$\sum fX^2 = 3 \cdot 93^2 + 5 \cdot 155^2 + 4 \cdot 217^2 + 5 \cdot 279^2 + 1 \cdot 341^2 + 2 \cdot 403^2 + 2 \cdot 465^2 + 1 \cdot 527^2 = 1874911$$

$$s^2 = \frac{[\sum fX^2 - (\sum fX)^2 / \sum f]}{(\sum f - 1)} = \frac{(1874911 - 5921^2 / 23)}{22} = 15938.17$$

$$\sum \ln(X)f = 3 \times \ln(93) + 5 \times \ln(155) + 4 \times \ln(217) + 5 \times \ln(279) + 1 \times \ln(341) + 2 \times \ln(403) + 2 \times \ln(465) + 1 \times \ln(527) = 124.8716$$

$$A = \ln(256.46) - 124.8716 / 23 = 0.11766$$

Tabela 4. Chuva mensal de janeiro em Viçosa-MG, no período de 1982 a 2012

Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)	Ano	Precp (mm)
1982	257.9	1991	496.8	2000	295.9	2009	253.1
1983	205.2	1992	299.9	2001	171.9	2010	117.7
1984	-----	1993	196.9	2002	270	2011	184.1
1985	-----	1994	332.5	2003	440.3	2012	403.4
1986	-----	1995	105.3	2004	405.9		
1987	-----	1996	85.2	2005	203.2		
1988	-----	1997	-----	2006	180		
1989	-----	1998	157.7	2007	460.7		
1990	-----	1999	154.2	2008	220.1		

*A ausência de dados é representada por (-----) e "Precp" significa precipitação pluviométrica.

Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Tabela 5. Distribuição de frequências dos totais mensais de chuva de janeiro em Viçosa– MG Ajustado à distribuição Gama

Classes	P.M.(X)	f	fx	fx²	Ln(X)f
62-124	93	3	279	25947	13.5978
124-186	155	5	775	120125	25.2171
186-248	217	4	868	188356	21.5196
248-310	279	5	1395	389205	28.1561
310-372	341	1	341	116281	5.8319
372-434	403	2	806	324818	11.9979
434-496	465	2	930	32450	12.2841
496-558	527	1	527	277729	6.2672
Totais		23	5921	1874911	124.872

Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

$$\gamma = (1/4 \times 0.011766) \times \left[1 + \sqrt{(1 + 4 \times 0.11766 / 3)} \right] = 4.4102$$

$$\beta = \frac{256.43}{4.4102} = 58.1445$$

$\Gamma(\gamma) = \Gamma(4.4102)$ é estimada pela equação (17), na qual

$$f(Y) = 1 - 1/12 \times 4.4102^2 + 1/360 \times 4.4102^4 - 1/1.260 \times 4.4102^6 = 0,99571$$

$$\sqrt{\frac{2\pi}{4.4102}} \times e^{4.4102[\ln(4.4102-0.99571)]} = 10.2793$$

A partir da estimativa dos parâmetros β e γ tem-se, então, a função densidade de probabilidade, na forma da equação (06):

$$f(x) = 2,61 \times 10^{-5} X^{4.4102} e^{-\frac{X}{58.1445}} \quad (33)$$

e a função cumulativa de probabilidade (equação 31) será:

$$F(X) = 2,61 \times 10^{-5} \int_0^X X^{4.4102} e^{-\frac{X}{58.1445}} dX. \quad (34)$$

A solução dessa equação exige o emprego de técnicas de integração numérica ou uso de tabelas específicas. Adotou-se a expansão em série na forma da equação (32).

A seguir é apresentado, a título de exemplo, apenas os cálculos da primeira classe.

$$t = \frac{124}{58.1445} = 2.1326$$

$$F(t) = \frac{2.1326^{4.4102}}{4.4102 \times 10.2793 e^{2.1326}} \times \left(1 + \frac{2.1326}{5.4102} + \frac{12.1326^2}{5.4102 \times 6.4102} + \frac{2.1326^3}{5.4102 \times 6.4102 \times 7.4102} + \frac{2.1326^4}{5.4102 \times 6.4102 \times 7.4102 \times 8.4102} + \frac{12705^5}{5.4102 \times 6.4102 \times 7.4102 \times 8.4102 \times 9.4102} \right)$$

$$F(X_1) \cong 0.1162$$

Obs: Como a função acima demonstra certo nível de complexidade pode-se usar a função DIST. GAMA do Microsoft Excel 2010, descrita no anexo 2.

A distribuição de frequências ajustados à distribuição Gama de probabilidade é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Distribuição de frequências dos totais mensais de chuva de janeiro em Viçosa – MG, ajustado à distribuição Gama de probabilidade

Classes	P.M.(X)	f	F(X)	Fe
62-124	93	3	0.1162	3
124-186	155	5	0.3168	5
186-248	217	4	0.5359	5
248-310	279	5	0.7151	4
310-372	341	1	0.8382	3
372-434	403	2	0.9136	2
434-496	465	2	0.956	1
496-558	527	1	0.9785	1
Totais		23		23

Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O histograma de frequências deste exemplo é apresentado na (Figura 4).

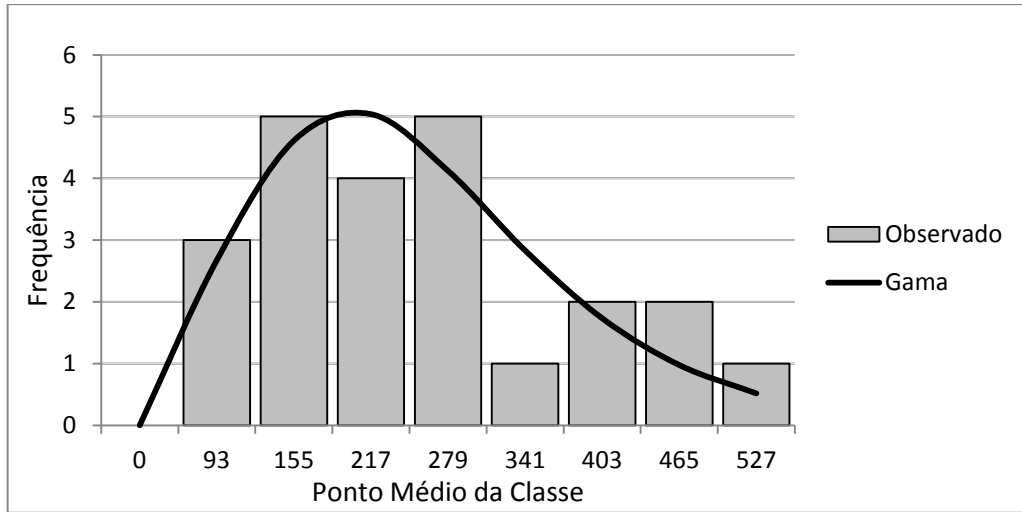


Figura 4. Totais de chuva mensal de janeiro em Viçosa-MG, ajustados a distribuição Gama. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

A função Gama não é definida para $x = 0$, mas como a amostra dos dados de precipitação pode conter zeros, a probabilidade acumulada é dada da seguinte forma:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (35)$$

em que: “q” é a probabilidade de ocorrer um zero. Se “m” for o número de zeros numa série de precipitação, então $q = m/(n+1)$. A distribuição de probabilidade Gama é dada por $G(x)$, no qual os parâmetros são estimados na ausência de zeros.

Em seguida $H(x)$ é usado para o cálculo do t:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]}, \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (36)$$

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

Depois do cálculo do t, finalmente o SPI é calculado pela equação:

$$Z = \text{SPI} = - \left\{ t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right\}, \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (38)$$

$$Z = \text{SPI} = + \left\{ t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right\}, \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (39)$$

em que: os valores dos coeficientes foram: $c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$; $c_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$ e $d_3 = 0,001308$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise pluviométrica da cidade de Viçosa-MG

A cidade de Viçosa apresenta precipitação média anual de 1.210 mm, com maiores concentrações pluviométricas no período de outubro a março, nesses meses os valores superam 100 mm, como pode ser observado na (Figura 5). O período de menor pluviometria, todavia, varia de abril a setembro com valores inferiores a 50 mm. Na série histórica pluviométrica de 30 anos (1982 a 2012 - Figura 6), os anos com maiores volumes precipitados, acima de 1.400 mm, foram 1991, 1992, 2004, 2005, 2008, 2009 e 2011. Ao longo desses anos, com exceção de 2008 e 2011, é possível identificar, com base na Figura 7, (elaborada com os dados do site www.cpc.ncep.noaa.gov) a ocorrência do fenômeno El Niño. Com relação aos anos com menores volumes precipitados, destaca-se 1983, 1993 e 2007. Ainda com base na Figura 7, é possível identificar a ocorrência do fenômeno La Niña nesses anos, com exceção de 1993, sendo que no ano de 1983 a atuação desse fenômeno ocorreu a partir do segundo semestre.

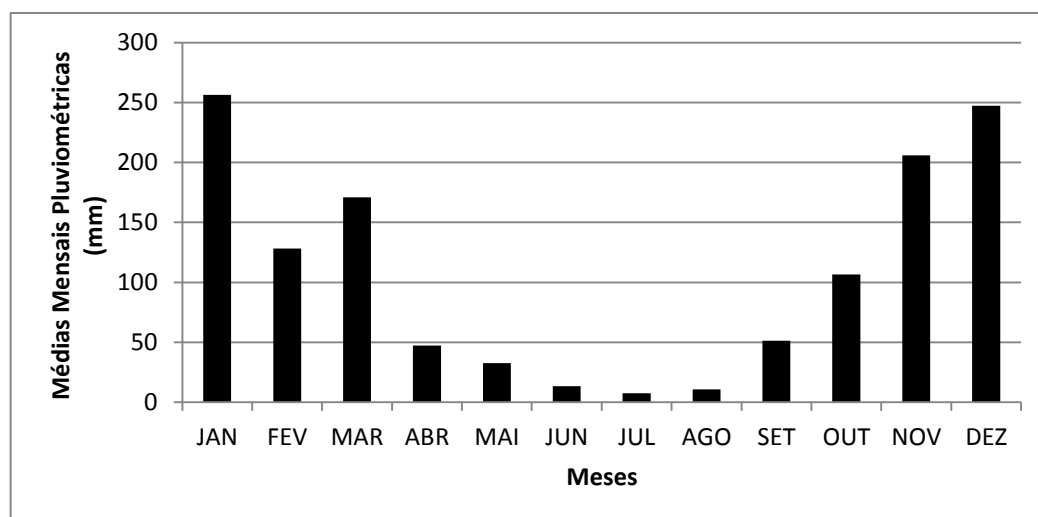
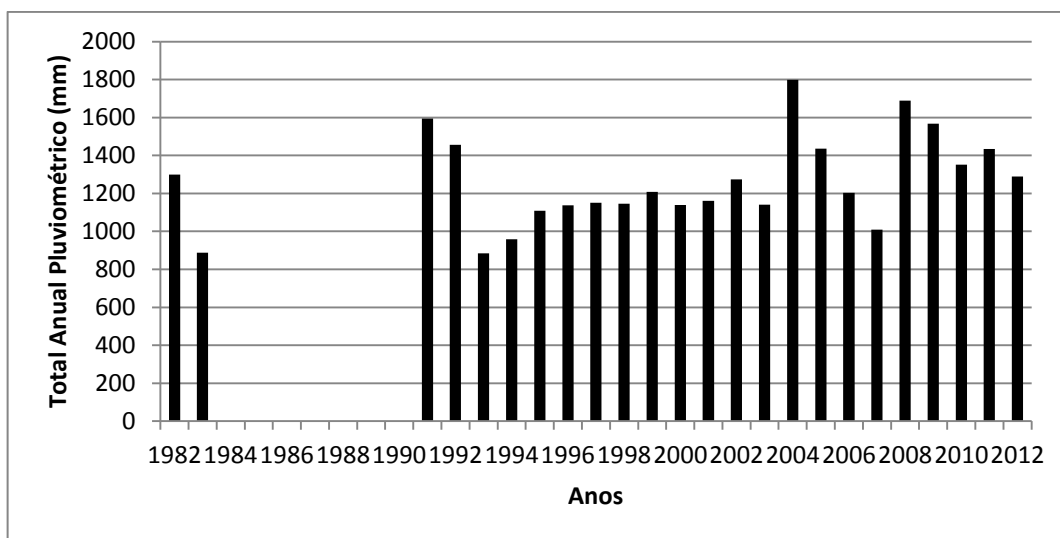


Figura 5. Médias mensais pluviométricas em Viçosa-MG, entre os anos de 1982 a 2012. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).



*Entre os anos de 1984 a 1990 há ausência de dados.

Figura 6. Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, entre os anos de 1982 a 2012.

Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

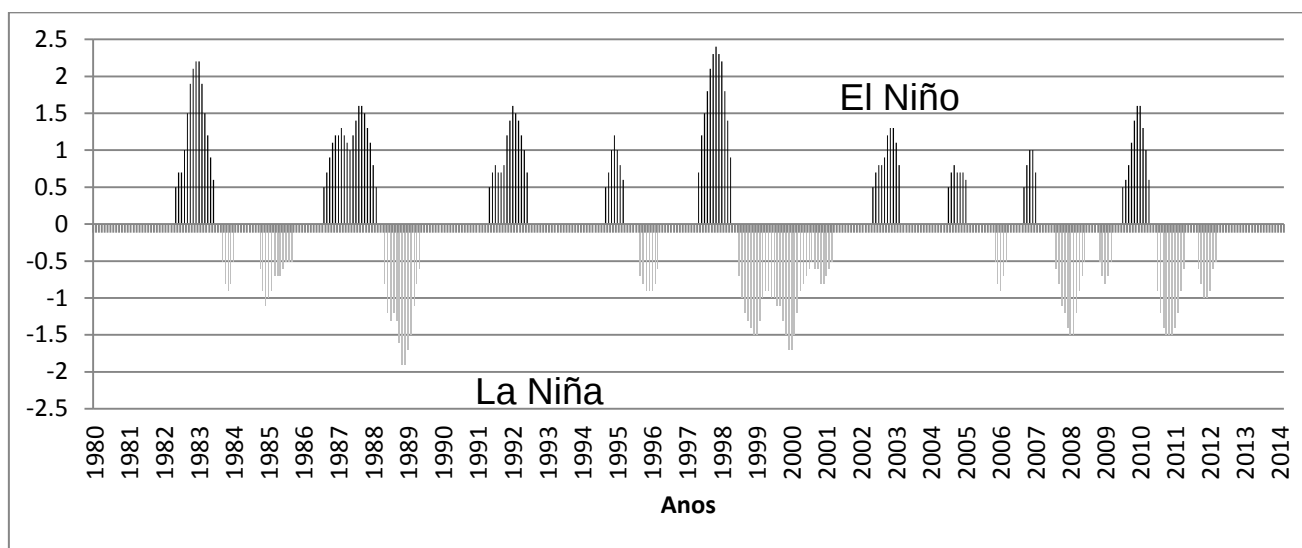


Figura 7. Anomalias TSM Observadas na Região 3.4 El Niño / La Niña. Fonte de dados: www.cpc.ncep.noaa.gov. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.1.1 Análise dos períodos secos e chuvosos em Viçosa - MG

Na Tabela 7 são exibidos os resultados do SPI-3. Foi detectado que a chuva acumulada gerou vários tipos de seca com durações distintas, nesta escala temporal é interessante destacar apenas as secas com durações e intensidades maiores. Assim, foi observado seca extrema de 2 meses no ano de 1994. O maior período de duração de seca foi de 11 meses, variando de fraca a extrema, nos anos de 2007 a 2008. Tal comportamento pluviométrico pode ter sido influenciado pela ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7).

Destaca-se também o longo período de 6 meses de seca, variando de fraca a severa, ocorrido no ano de 1993.

Na Tabela 7 são exibidos também os resultados das análises do SPI-3, para os períodos chuvosos, na qual são observadas diferentes categorias de chuva, com destaque para o período de 8 meses, variando de fraca a extrema, no ano de 2004. Neste ano houve a ocorrência do El Niño (Figura 7). Foram detectados também o período de chuva, variando de fraca a extrema, compreendendo 5 meses em 1994 e a chuva variando de fraca a severa, com duração de 7 meses no ano de 2005. O período mais longo de chuva ocorreu nos anos de 2008 a 2009 com 11 meses de chuva, variando de fraca a extrema.

Tabela7 – Regime do SPI-3 em Viçosa – MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982			0.92	0.86	0.53	-0.94	0.22	0.89	-0.31	-0.73	-1.71	-0.38
1983	-0.72	0.13	-0.52	-0.34	-0.31	0.07	0.67	-0.44	0.6	0.49	-0.31	-2.61
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990											-1.03	-1.01
1991	0.83	1.14	1.65	0.57	0.39	-0.26	-0.39	-0.5	0.57	0.33	0.43	0.1
1992	0.22	0.33	-0.23	0.01	-0.09	1.79	0.81	0.35	1.33	0.89	1.4	0.43
1993	-0.03	-1.29	-1.44	-1.49	-1.56	-0.53	-0.57	0.2	-0.66	0.11	-0.88	-0.72
1994	-0.47	-0.29	0.97	1.05	2.12	1.42	0.58	0.09	-2.05	-2.06		
1995			-0.95	0.12	0.44	0.17	-0.15	-0.7	-1.55	-1.21	-0.06	0.36
1996	-0.77	-1.31	-2.08	-0.51	-0.01	0.94	0.08	-0.7	0.43	0.88	0.73	0.68
1997									0.44	0.59	0.23	0.02
1998	-0.93	-0.37	-0.84	-0.46	-0.79	0.07	0.78	0.86	-0.02	1.82	0.98	0.25
1999	-1.7	-1.86	-0.11	0.45	0.64	-1.12	-1.55	-0.39	-0.06	0.08	1.24	0.23
2000	0.26	-0.45	0.09	-0.31	-1.17	-0.94	-0.87	0.64				-0.32
2001	-0.72	-1.1	-1.12	-0.84	-0.04	-0.02	0.42	-1.04	0.58	0.98	0.84	0.4
2002	0.05	0.72	0.64	0.34	-1.32	-1.43	-0.35	-1.53	0.35	-1.02	-0.48	-0.28
2003	1.13	0.59	0.07	-2.06	-1.69	-1.59	-0.67	1.21	0.97	-0.57	-1.11	-0.76
2004	0.61	1.99	2.21	2.17	1	1.96	1.91	1.45	-0.56	-1.91	-0.88	-0.03
2005	-0.23	0.28	0.75	1.2	1.12	0.77	1.41	1.73	1.14	0.25	-0.69	-0.31
2006	-0.72	-0.43	-0.52	-0.03	0.04	-0.47	-1.21	0.24	0.65	1.49	0.78	0.24
2007	0.74	0.61	0.36	-1.4	-2.01	-1	-1.28	-1.04	-0.56	-1.41	-2.3	-1.83
2008	-1.62	-0.54	0.22	0.56	0.61	-0.26	-1.48	0.13	1.59	0.54	0.45	1.87
2009	1.95	2.02	1	1.37	0.91	1.07	0.93	1.59	0.79	0.68	-0.21	0.29
2010	-0.89	-0.84	-1.27	-0.66	0.12	-0.71	-0.11	-2.34	-1.03	0.26	1.61	2.09
2011	1.25	-0.05	0.11	0.62	0.91	-0.26	-1.09	-0.09	-2.29	-0.09	0.85	1.47
2012	1.75	0.7	0.08	-1.22	0.19	1.22	1.86	-0.57	-0.11	-0.34	0.12	-0.18

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

Com base na análise do SPI-6, apresentado na Tabela 8, pode ser observado que a seca de 2007 a 2008, detectada pelo SPI-3 permanece, agora apresentando 10 meses, variando de fraca a extrema. Ainda com base nessa tabela, pode-se observar dois períodos de seca, variando de fraca a severa, entre os anos de 1982 a 1983, com duração de 8 meses e no ano de 1993 com duração de 7 meses. Destaca-se também o período de 6 meses de seca no ano de 1996, variando de fraca a moderada.

Na Tabela 8 são exibidos também os valores do SPI-6 para os períodos chuvosos, na qual se observa vários tipos de chuva, com destaque para o período de 2004 detectado também pelo SPI-3, com 8 meses de chuva, variando de fraca a severa. Pode-se observar também os 11 meses de chuva, variando de fraca a extrema nos anos de 2008 a 2009. Em todos os períodos é possível identificar a ocorrência do El Niño (Figura 7).

Tabela 8 – Regime do SPI- 6 em Viçosa - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982						0.64	0.82	0.66	-1.11	-0.68	-1.52	-0.62
1983	-1	-0.87	-0.89	-0.81	-0.06	-0.5	-0.2	-0.45	0.32	0.65	-0.52	-2.3
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991		0.48	0.77	0.95	1.12	1.47	0.45	0.21	0.08	0.1	0.25	0.13
1992	0.26	0.43	-0.28	0.12	0.2	0.35	0.14	-0.06	2.11	1.1	1.41	0.75
1993	0.28	-0.2	-0.91	-0.89	-1.83	-1.51	-1.54	-1.43	-1.04	-0.18	-0.96	-1.04
1994	-0.45	-0.9	0.24	0.37	0.88	1.25	1.06	1.99	0.31	-1.55		
1995						-0.86	0.05	0.24	-0.83	-1.29	-0.3	-0.09
1996	-1.21	-1.32	-1.38	-0.97	-1.13	-1.48	-0.49	-0.2	0.83	0.82	0.55	0.63
1997												0
1998	-0.64	-0.32	-0.83	-1.06	-0.7	-0.79	-0.28	-0.51	-0.15	2.02	1.09	0.08
1999	-0.57	-0.94	-0.06	-0.92	-1.15	-0.4	0.2	0.48	-1.02	-0.47	1.12	0.05
2000	0.2	0.31	0.1	-0.04	-0.92	-0.17	-0.48	-0.93				
2001			-1.32	-1.12	-0.98	-1.07	-0.71	-0.27	0.25	1.03	0.63	0.42
2002	0.39	1.03	0.69	0.21	0.12	0.29	0.23	-1.6	-0.81	-1.21	-0.82	-0.32
2003	0.68	0.17	-0.31	-0.1	-0.11	-0.3	-2.07	-1.06	-0.21	-0.9	-0.83	-0.5
2004	0.3	1.35	1.5	1.98	2.12	2.54	2.37	1.27	1.19	-0.51	-0.51	-0.33
2005	-0.87	-0.33	0.49	0.65	0.74	0.86	1.36	1.48	1.24	0.77	-0.21	-0.01
2006	-0.61	-0.92	-0.84	-0.61	-0.39	-0.65	-0.25	0.02	0.02	1.14	0.74	0.29
2007	1.22	0.9	0.33	-0.19	-0.17	0.08	-1.59	-2.2	-1.35	-1.96	-2.7	-2.11
2008	-2.07	-1.83	-1.19	-0.79	-0.19	0.09	0.31	0.54	1.06	0.05	0.37	2.19
2009	1.93	2.06	2.11	2.31	2.11	1.17	1.43	1.24	1.18	0.94	0.17	0.39
2010	-0.56	-1.01	-0.91	-1.15	-0.68	-1.41	-0.68	-0.19	-1.41	0.13	1.41	1.73
2011	1.18	0.89	1.61	1.29	0.36	-0.01	0.42	0.78	-1.41	-0.54	0.75	1
2012	1.54	1.03	1.06	0.76	0.65	0.4	-0.56	0.01	0.73	0.54	-0.09	-0.36

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014)

Na Tabela 9 podem ser observados os resultados do SPI-12, com a ocorrência de vários períodos de seca, dentre os quais se destacam 13 meses de seca, variando de fraca a severa entre os anos de 1995 a 1996 e 13 meses de seca, variando de fraca a extrema entre os anos de 2007 a 2008. Em todos esses anos foi observada a ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7). Destaca - se ainda os 11 meses de seca, variando de fraca a extrema, entre os anos de 1993 a 1994.

Na Tabela 9 também são exibidos os valores do SPI-12 para os períodos chuvosos, pode-se observar que nos anos de 2008 a 2009 houve um período de 13 meses de chuva, variando de moderada a extrema. Nestes anos também ocorreu o El Niño (Figura 7). Observa-se 12 meses de chuva, variando de fraca a severa, nos anos de 2004 a 2005. Destaca-se ainda o longo período de chuva, variando de fraca a moderada (21 meses) nos anos de 2011 a 2012.

Tabela 9 – Regime do SPI- 12 em Viçosa - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												0.11
1983	-0.27	-0.43	-1.28	-1.16	-0.92	-0.97	-0.96	-1.06	-0.76	-0.63	-0.43	-1.83
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991								0.48	0.66	0.89	1.07	1.25
1992	0.35	0.41	-0.33	0.05	0.21	0.24	0.23	0.31	0.5	0.43	0.83	0.74
1993	0.17	-0.23	-0.04	-0.56	-0.84	-0.65	-0.66	-0.82	-1.19	-1.02	-2.3	-1.86
1994	-1.32	-1.36	-0.14	0.21	0.34	0.34	0.36	0.34	0.25	-0.13		
1995												-0.73
1996	-0.98	-1	-1.68	-1.5	-1.39	-1.32	-1.32	-1.34	-0.99	-0.71	-0.81	-0.6
1997												
1998						-0.75	-0.74	-0.57	-0.87	-0.26	-0.12	-0.56
1999	-0.74	-1.04	-0.19	-0.17	-0.51	-0.39	-0.36	-0.64	-0.39	-1.15	-0.46	-0.29
2000	0.15	0.43	-0.28	-0.3	-0.29	-0.23	-0.19	-0.15				
2001									-1.17	-0.76	-0.63	-0.5
2002	-0.23	0.74	0.66	0.47	0.35	0.39	0.38	0.34	0.36	-0.21	-0.39	0
2003	0.52	-0.45	-0.63	-0.57	-0.65	-0.6	-0.52	-0.33	-0.41	-0.45	-0.62	-0.59
2004	-0.9	0.76	1.31	1.72	1.76	1.89	1.93	1.78	1.67	1.79	1.75	1.96
2005	1.09	0.32	0.8	0.4	0.39	0.39	0.32	0.45	0.79	0.81	0.49	0.65
2006	0.4	-0.01	-0.39	-0.43	-0.62	-0.65	-0.7	-0.87	-0.82	-0.25	-0.06	-0.31
2007	0.68	0.74	0.24	0.12	0.14	0.14	0.14	0.06	-0.09	-0.81	-1.39	-1.2
2008	-2.66	-2.43	-1.64	-1.49	-1.51	-1.36	-1.35	-1.35	-0.73	-0.84	-0.09	1.58
2009	1.54	1.94	2.29	2.29	2.25	2.36	2.36	2.41	2.22	2.52	2.01	1.15
2010	0.48	-0.21	-0.49	-0.88	-0.69	-0.88	-0.92	-1.06	-1.29	-1.16	0.1	0.32
2011	0.43	0.65	1.17	1.26	1.05	1.14	1.12	1.13	1.12	1.07	0.61	0.64
2012	1.3	1.16	0.61	0.51	0.94	0.89	0.88	0.9	1.13	0.85	0.46	0.06

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

Na Tabela 10 são exibidos os resultados do SPI-24, na qual é possível verificar-se que os destaques do SPI-12 permanecem, como os períodos de 2007 a 2008, e 1999 a 2000, agora com 21 e 15 meses, respectivamente, de secas variando de fraca a severa no primeiro e variação de fraca a moderada no segundo. Destaca-se também o longo período de 20 meses de seca, variando de fraca a severa entre os anos de 1993 a 1994.

Na Tabela 10 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-24, nos quais se destacam longos períodos de chuva, sendo eles no ano de 2004, com duração de 9 meses,

variando de fraca a moderada e dois períodos de chuva, variando de fraca a severa, nos anos de 2005 a 2006 com duração de 12 meses e 2009 a 2011 com duração de 23 meses. Pode ser observado ainda o período de 10 meses de chuva, variando de moderada a severa, em 2012.

Tabela 10 – Regime do SPI- 24 em Viçosa - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												
1983												-1.4
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992								0.41	0.68	0.74	1.09	1.16
1993	0.17	-0.1	-0.87	-0.9	-0.85	-0.63	-0.65	-0.67	-0.79	-0.59	-1.11	-0.91
1994	-1.31	-1.88	-0.68	-0.74	-0.73	-0.55	-0.53	-0.65	-1.01	-1.01		
1995												
1996												-1.2
1997												
1998												
1999						-1.28	-1.26	-1.3	-1.31	-1.2	-0.69	-0.86
2000	-0.83	-0.85	-0.98	-0.87	-1.03	-0.84	-0.78	-0.93				
2001												
2002									-0.89	-0.9	-1.01	-0.61
2003	-0.02	0.04	-0.43	-0.49	-0.56	-0.45	-0.4	-0.25	-0.3	-0.68	-1	-0.67
2004	-0.6	0.06	0.28	0.82	0.8	0.96	1.06	1.07	0.85	0.85	0.66	0.85
2005	-0.02	0.81	1.62	1.67	1.63	1.72	1.71	1.68	1.77	1.68	1.37	1.63
2006	1.09	0.02	-0.06	-0.42	-0.5	-0.5	-0.6	-0.58	-0.24	0.22	0.04	0
2007	0.7	0.46	-0.65	-0.71	-0.73	-0.73	-0.76	-0.94	-1.02	-0.96	-1.28	-1.32
2008	-1.81	-1.69	-1.81	-1.67	-1.47	-1.29	-1.29	-1.32	-0.95	-1.39	-1.3	0.18
2009	-0.83	-0.2	0.55	0.73	0.67	0.89	0.91	0.96	1.14	1.21	1.19	1.69
2010	1.6	1.59	1.49	1.2	1.26	1.22	1.2	1.16	0.77	1.02	1.31	0.8
2011	0.54	0.17	0.24	0.07	0.07	0.03	-0.02	-0.09	-0.28	-0.17	0.24	0.43
2012	1.31	1.56	1.28	1.31	1.44	1.46	1.43	1.47	1.58	1.17	0.49	0.24

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.2 Análise pluviométrica da cidade de Caratinga - MG

Caratinga apresenta precipitação média anual de 1160 mm, com os meses de maiores concentrações pluviométricas no período outubro a março, quando os valores superam os 80 mm como pode ser verificado na (Figura 8), enquanto o período de menor pluviometria varia de abril a setembro com valores inferiores a 65 mm. Na série histórica pluviométrica (Figura 9), os anos de maiores valores (acima de 1.400 mm) foram 1997, 2002, 2004 e 2005. Em todos esses anos é possível identificar a ocorrência do fenômeno El Niño (Figura 7). O ano de menor pluviometria foi em 1986.

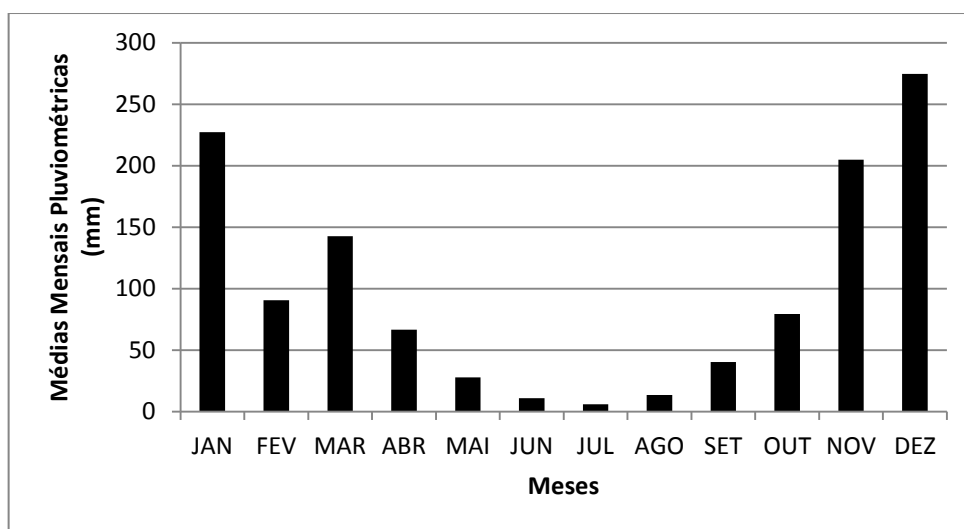
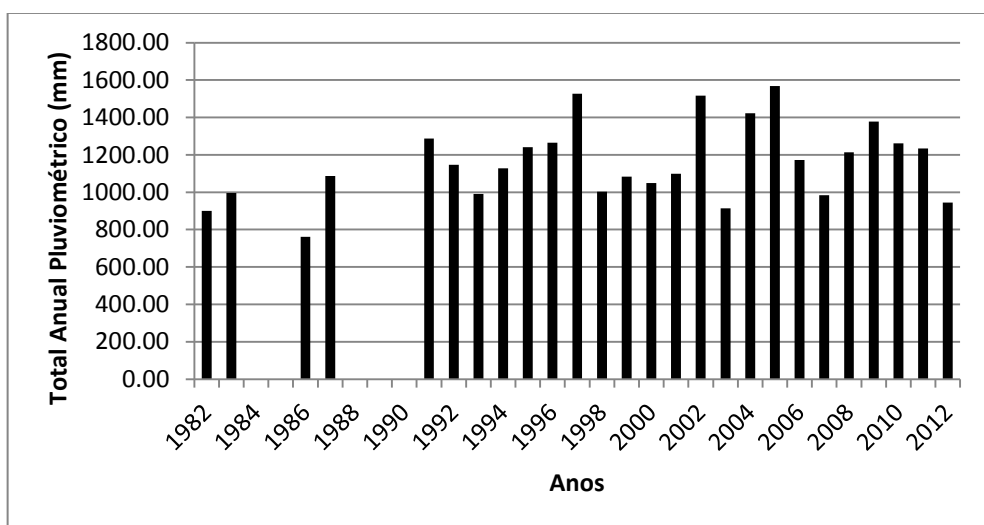


Figura 8. Médias mensais pluviométricas em Caratinga-MG, nos anos de 1982 a 2012. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).



*Entre os anos de 1984, 1985, 1988, 1989, 1990 há ausência de dados.

Figura 9. Total anual Pluviométrico em Caratinga-MG, nos anos de 1982 a 2012. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.2.1 Análise dos períodos secos e chuvosos em Caratinga - MG

Na Tabela 11 são exibidos os valores do SPI-3. Foram detectados vários tipos de seca, dentre elas observa-se 5 meses de seca ,variando de fraca a extrema com pico de - 3.17 entre os anos de 1982 a 1983. Neste ano pode ser observado a ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7) . Destaca-se também a seca no ano de 1993 com duração de 5 meses , variando de fraca a severa . No ano de 2006 observa-se 3 meses de seca, variando de moderada a severa . Neste ano também pode ser observado à ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7).

O SPI-3 exibido na Tabela 11 identificou também vários tipos de chuva, nesta análise temporal pode-se observar três eventos de chuva, variando de fraca a extrema, com duração de 10 meses, entre os anos de 1996 a 1997 assim como 6 meses, no ano de 2005 e 5 meses no ano de 2009.Em todos esses períodos é possível observar a ocorrência do fenômeno El Niño (Figura 7).

Tabela 11 – Regime do SPI- 3 em Caratinga - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982			0.14	0.78	1.36	1.09	-0.39	-0.49	-0.72	-1.95	-3.17	-2.34
1983	-0.7	0.01	-0.21	-2.44	-1.66	-1.89	-0.53	-1.75	-0.6	0.17	-0.56	-0.08
1984												
1985												
1986			-1.72	-1.8	-2.07	-0.91	0.47	2.66	1.47	0.17	-1.35	-1.42
1987	-1.46	-1.37	-0.36	0.13	0.67	0.14	0.75	0.48	1.34	0.65	-0.1	-0.46
1988												
1989												
1990												
1991			1.57	1.28	0.75	-0.61	-0.53	-1	1.03	0.08	0.14	-1.27
1992	-0.66	-0.35	0.03	-0.39	-0.88	-0.42				1.34	0.75	-0.02
1993	-0.57	-1.23	-1.28	-1.71	-1.42	0.18	0.72	1.35	0.19	-0.26	-0.12	0.15
1994	0.76	0.49	1.26	1.33	2.02	1.76	0.83	0.15	-1.1			
1995				0.45	0.37	1.44	-0.03	-1.19	-1.68	1.26	0.86	1.69
1996	0.34	-0.21	-1.31	-1	-0.48	-0.94	0.12	0.27	0.57	0.55	1.19	1.76
1997	2.33	1.41	1.38	0.53	1.07	0.54	0.41	0.55	0.34	1.07	0.24	0.54
1998	-0.06	0.79	-0.09	-0.09	-1.28	-0.28	0.28	0.76	-0.3	-0.02	-0.49	-0.58
1999	-0.97	-0.67	-0.6	-0.25	-0.41	-0.44	-1.84	-1.3	-1.59	-1.13	0.77	0.61
2000	0.43	-0.28	0.42	0.38	0.05	-2.02	-1.04	0.41				-0.48
2001	-0.94	-1.2	-1.08	-0.18	0.04	0.24	0.22	0.3	0.23	0.04	1.04	0.62
2002	1.1	0.91	0.91	0.15	-0.91	-0.28	0.32	-0.68	1.53	1.11	1.12	0.83
2003	1.6	0.85	0.45	-1.22	-0.94	-1.56	-2.12	-0.11	-0.5	-1.01	-1.6	-1.63
2004	-0.48	0.82	1.08	0.86	0.3	1.2	1.5	1.37	-0.19	-1.33	-1.24	0.19
2005	0.29	2.1	1.8	1.88	0.75	0.65	1.34	0.45	0.94	0.28	0.55	-0.04
2006	-1.41	-2.28	-2.14	0.16	0.86	1.67	1.19	-0.91	0.34	0.39	0.72	1.07
2007	1.04	0.94	0.17	-0.1	-0.9	-0.82	-2.12	-1.09	-0.46	-0.89	-0.16	-0.84
2008	-0.96	-0.56	0.32	0.87	0.43	0.38	-0.35	0.7	0.19	-0.76	0.09	0.03
2009	0.42	0.16	0.36	0.31	0.38	0.83	0.78	0.7	1.91	2.22	0.46	0.1
2010	-1.25	-0.63	-0.36	0.55	0.95	-0.04	-0.06	-0.83	-1.16	-0.26	-0.09	1.26
2011	0.63	0.44	-0.02	0.49	0.86	-0.39	-0.91	-0.68	-1.35	-0.04	0.48	0.93
2012	0.53	-0.14	-0.69	-0.88	0.12	0.49	1.23	-0.21	-0.53	-1.71	0.71	-0.6

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-6 (Tabela 12) detectou vários períodos de seca, nesta análise temporal percebe-se que a seca do ano de 1982 detectada pelo SPI-3 se estendeu até 1983, agora com duração de 12 meses, variando de fraca a extrema. Destaca-se também o período de 6 meses de seca, variando de fraca a extrema entre os anos de 1986 a 1987. Foi detectado ainda dois eventos de seca, variando de fraca a severa no ano de 1993, com duração de 6 meses e entre os anos de 1998 a 1999 com duração de 11 meses. Em 2006 foi detectado 6 meses de seca moderada.

Na Tabela 12 são exibidos também os períodos chuvosos do SPI-6, como destaque observa-se três períodos de chuva, variando de fraca a extrema, em 1994 com duração de 7 meses, entre os anos de 1996 a 1997 com duração de 10 meses e no ano de 2005 também com duração de 10 meses .

Tabela 12 – Regime do SPI- 6 em Caratinga - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982						0.44	0.64	1.3	0.36	-1.83	-3.34	-2.54
1983	-1.3	-1.56	-1.73	-1.76	-0.81	-0.67	-2.45	-2.3	-2.11	-0.07	-0.85	-0.31
1984												
1985												
1986						-1.95	-1.55	-0.56	0.48	0.3	-0.36	-0.8
1987	-1.4	-2.21	-1.32	-1.08	-0.74	-0.34	0.21	0.69	0.93	0.84	-0.06	-0.06
1988												
1989												
1990												
1991						1.39	1.13	0.55	0.19	-0.16	-0.01	-0.91
1992	-0.71	-0.34	-0.92	-0.83	-0.85	-0.13						
1993	-0.09	-0.46	-0.96	-1.4	-1.92	-1.16	-1.38	-1	0.03	0.07	0.14	0.08
1994	0.55	0.16	0.96	1.41	1.68	1.7	1.38	2.12	0.91			
1995							0.36	0.1	0.48	1.11	0.78	1.35
1996	0.68	0.34	0.45	-0.3	-0.53	-1.57	-0.99	-0.59	-0.44	0.49	1.26	1.72
1997	2.3	1.82	2.1	2.13	1.77	1.45	0.52	1.14	0.42	1.07	0.3	0.49
1998	0.23	0.65	0.21	-0.16	0.09	-0.21	-0.1	-1.19	-0.66	0.06	-0.39	-0.74
1999	-1.03	-1.05	-0.94	-0.98	-0.9	-0.74	-0.55	-0.81	-1.37	-1.65	0.66	0.27
2000	0	0.21	0.62	0.51	-0.29	-0.02	0.16	0.01				
2001			-1.19	-0.92	-1.06	-0.96	-0.21	-0.03	0.1	0.09	1.11	0.54
2002	0.96	1.32	0.98	0.91	0.34	0.78	0.13	-1.28	0.87	1.08	1.09	1.16
2003	1.78	1.34	0.79	0.73	0.27	0.07	-1.59	-1.17	-1.79	-1.58	-1.73	-1.79
2004	-0.88	-0.29	-0.19	0.17	0.82	1.35	1.08	0.57	0.68	-0.16	-0.88	0.03
2005	-0.18	1.08	1.43	1.51	2.21	1.89	2.01	0.76	0.93	0.81	0.61	0.14
2006	-1.31	-1.3	-1.43	-1.02	-1.19	-1.08	0.35	0.68	1.36	0.82	0.63	1
2007	1.01	1.11	0.77	0.72	0.38	-0.08	-0.42	-1.34	-1.21	-1.46	-0.35	-1.03
2008	-1.31	-0.74	-0.42	-0.15	-0.28	0.37	0.73	0.5	0.19	-0.85	0.19	-0.03
2009	0.07	0.03	0.17	0.46	0.29	0.55	0.39	0.44	1.89	2.25	0.57	0.7
2010	-0.17	-0.3	-0.29	-0.61	0.03	-0.4	0.45	0.79	-0.85	-0.29	-0.25	0.95
2011	0.41	0.14	0.79	0.73	0.83	-0.17	0.28	0.71	-1.25	-0.37	0.39	0.61
2012	0.38	0.08	0.13	-0.09	-0.13	-0.52	-0.53	-0.06	-0.11	-0.57	0.69	-0.8

Chuva Extrema

Chuva Severa

Chuva Moderada

Chuva Fraca

Normal

Seca Fraca

Seca Moderada

Seca Severa

Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014)

Na tabela 13 são exibidos os valores do SPI-12, destaca-se que nesta análise temporal persiste a seca, variando de fraca a extrema detectada pelo SPI- 6, agora com

duração de 13 meses nos de 1982 a 1983. Pode-se observar ainda o período de 12 meses de seca, variando de fraca a extrema, nos anos de 1986 a 1987, bem como dois longos períodos de seca, variando de fraca a severa, com duração de 11 meses entre os anos de 1998 a 1999 e 8 meses de duração entre 2007 a 2008. Destacam-se ainda 10 meses de seca, variando de fraca a moderada, no ano de 2006.

Os períodos chuvosos do SPI-12, exibido na Tabela 13, detectaram como destaque 13 meses de chuva, variando de fraca a extrema com pico de 2.26 nos anos de 1996 a 1997. Foi detectado ainda dois períodos de chuva, variando de fraca a severa, entre os anos de 2002 a 2003 com duração de 20 meses e entre os anos de 2004 a 2006 com duração de 14 meses e pico de 2.39. Em 2007 observa-se 8 meses de chuva, variando de fraca a moderada.

Tabela 13 – Regime do SPI- 12 em Caratinga - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												-1.24
1983	-0.69	-0.66	-1.74	-2.37	-2.39	-2.42	-2.44	-2.34	-2.14	-1.59	-1.5	-0.74
1984												
1985												
1986												-2.06
1987	-2.26	-2.32	-1.3	-1.08	-1.07	-1.03	-1.06	-1.51	-0.92	-0.67	-0.89	-0.29
1988												
1989												
1990												
1991												0.61
1992	0.16	-0.1	-1.01	-1	-0.94	-0.93						
1993							-0.92	-0.88	-0.91	-1.23	-1.77	-0.76
1994	-0.37	-0.32	0.82	1.25	1.34	1.22	1.27	1.19	1.09			
1995												
1996	0.68	0.29	0.43	-0.06	-0.12	-0.07	-0.06	0.02	0.27	-0.12	0.37	0.51
1997	1.45	1.45	1.91	2.06	2.08	2.13	2.11	2.06	2.03	2.26	1.77	1.58
1998	0.42	1.07	0.17	0.05	0.05	0.02	0.02	0.11	0	-0.13	-0.32	-0.71
1999	-1.05	-1.55	-1.3	-1.07	-1.23	-1.29	-1.3	-1.35	-1.24	-1.31	-0.46	-0.32
2000	-0.46	-0.2	0.17	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.13				
2001									-1.09	-0.8	-0.2	-0.23
2002	0.58	1.16	0.86	0.75	0.8	0.78	0.77	0.73	1.09	1.16	0.97	1.53
2003	1.5	0.77	0.89	0.88	0.74	0.73	0.73	0.78	0.36	0.35	-0.83	-1.18
2004	-1.79	-0.81	-0.76	-0.36	-0.29	-0.14	0.01	-0.04	-0.01	0.12	0.14	1.17
2005	0.51	1.19	1.48	1.29	1.38	1.35	1.27	1.24	1.52	1.62	2.39	1.73
2006	0.55	-0.79	-1.22	-0.82	-0.75	-0.83	-0.89	-0.81	-0.84	-0.62	-0.73	0.1
2007	0.95	1.26	1.04	0.8	0.5	0.51	0.51	0.51	0.44	0.37	-0.01	-0.8
2008	-1.51	-1.3	-0.89	-0.67	-0.67	-0.59	-0.58	-0.45	-0.37	-0.35	-0.29	0.29
2009	0.44	0.2	0.07	0.07	0.14	0.2	0.2	0.17	0.71	1.19	0.52	0.99
2010	0	-0.13	0.23	0.18	0.17	0.05	0.06	0.06	-0.51	-0.63	-0.29	0.5
2011	0.52	0.44	0.45	0.48	0.37	0.41	0.4	0.39	0.45	0.59	0.9	0.37
2012	0.38	0.35	-0.32	-0.35	-0.08	-0.1	-0.09	-0.01	0.06	-0.23	0.23	-1.01

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-24, apresentado na Tabela 14, detectou um longo período de 20 meses de seca, variando de fraca a severa nos anos de 1999 a 2000, período esse em que houve racionamento de energia elétrica no Brasil, como aponta Brito (2010) na reportagem da Folha de São Paulo, que menciona a influência do fenômeno La Niña como o fenômeno climático responsável pelo ocorrido à época. Destacam-se ainda 9 meses de seca, variando de fraca a moderada, ocorrido entre 2007 a 2008 e 12 meses entre 2008 a 2009, também no qual pode ser observada a ocorrência do fenômeno La Niña à época (Figura 7).

Na Tabela 14 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-24, nesta análise temporal pode-se observar a ocorrência do período de 23 meses de chuva variando de fraca a severa nos anos de 1997 e 1998. Nestes anos ocorreu o evento El Niño mais intenso da história Macedo, Guedes & Souza (2011). Destaca-se ainda 11 meses de chuva, variando de fraca a moderada entre 2002 a 2003 e 10 meses de chuvas, variando de fraca a severa no ano de 2005 a 2006.

Tabela 14 – Regime do SPI- 24 em Caratinga - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												
1983												-1.68
1984												
1985												
1986												
1987												-1.87
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994						0.04	-0.04	-0.31				
1995												
1996												
1997	1.45	1.25	1.87	1.67	1.61	1.66	1.71	1.74	1.95	1.59	1.42	1.18
1998	1.24	1.94	1.65	1.77	1.76	1.74	1.78	1.82	1.69	1.58	0.85	0.42
1999	-0.86	-0.65	-1.45	-1.49	-1.53	-1.59	-1.65	-1.68	-1.94	-2.16	-1.33	-1.01
2000	-1.65	-1.99	-1.45	-1.58	-1.61	-1.62	-1.68	-1.65				
2001												
2002									-0.47	-0.26	0.13	0.68
2003	1.41	1.38	1.25	1.16	1.06	1	1.02	1.03	0.95	0.78	-0.39	0.11
2004	-0.33	-0.39	-0.23	0.08	0.03	0.14	0.28	0.27	-0.27	-0.28	-1.22	-0.18
2005	-1.31	0.05	0.4	0.53	0.71	0.78	0.85	0.77	1.07	1.08	1.87	1.74
2006	0.53	0.06	0.03	0.12	0.31	0.2	0.07	0.08	0.3	0.42	1.18	1.04
2007	0.91	0.14	-0.46	-0.44	-0.63	-0.69	-0.76	-0.74	-1.03	-0.99	-1.29	-0.77
2008	-0.68	-0.26	-0.18	-0.3	-0.56	-0.48	-0.49	-0.41	-0.55	-0.73	-0.89	-0.63
2009	-1.17	-1.38	-1.2	-1.09	-0.94	-0.8	-0.81	-0.77	-0.24	0.17	-0.38	0.61
2010	0	-0.35	-0.15	-0.25	-0.13	-0.2	-0.2	-0.26	-0.38	-0.08	-0.39	0.75
2011	0.07	-0.12	0.22	0.17	0.09	0	0	-0.03	-0.68	-0.75	-0.01	0.31
2012	0.39	0.32	-0.29	-0.35	-0.16	-0.14	-0.14	-0.11	-0.09	-0.37	0.45	-0.7

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.3 Análise pluviométrica em Aimorés - MG

A cidade de Aimorés apresenta precipitação média anual de 923.3 mm, com os meses de maiores concentrações pluviométricos entre outubro a março, nesses meses as chuvas chegam a superar os 60 mm como pode ser visto na (Figura 10), enquanto o período de menor pluviometria varia de abril a setembro com valores inferiores a 53 mm. Na série histórica pluviométrica (Figura 11), os anos de maiores valores, (acima de 1.200 mm) foram 1992, 2004 e 2005. Nesses anos citados, é possível identificar a ocorrência do fenômeno El Niño com base na (Figura 7). Dentre os anos analisados os menores valores pluviométricos ocorreram nos anos de 1985 e 2007, nestes anos é possível identificar com base na (Figura 7) a ocorrência do fenômeno La Niña.

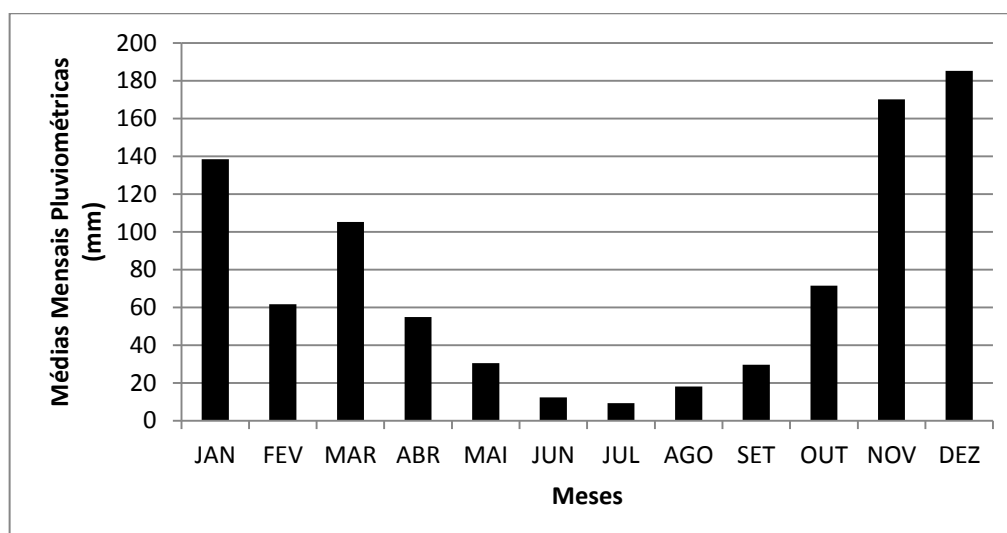
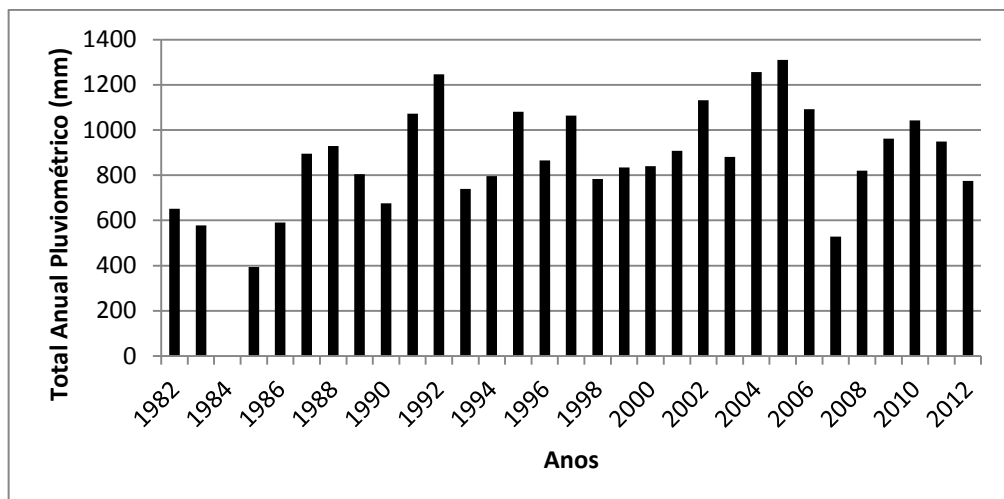


Figura 10. Médias mensais pluviométricas em Aimorés-MG, nos anos de 1982 a 2012.
Fonte: INMET.Elaboração: Júlio, W.S. (2014).



*No ano de 1984 há ausência de dados.

Figura 11. Total anual Pluviométrico em Aimorés-MG, nos anos de 1982 a 2012.

Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.3.1 Análise dos períodos secos e chuvosos em Aimorés - MG

Na Tabela 15 são exibidos os resultados dos SPI-3, esta escala temporal apresenta vários tipos de seca dentre os quais se pode destacar os 11 meses de seca, variando de fraca a severa nos anos de 1982 a 1983 e 8 meses nos anos de 1994 a 1995, este com pico de -2.99. Observa-se também que ocorre um período de 5 meses seca, variando de fraca a extrema no ano de 2007 a 2008. Em todos os finais dos períodos citados pode ser observado a ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7).

Na Tabela 15 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-3 no qual possibilitou a detecção de vários tipos de chuva, dentre elas, foi observado o período de 6 meses de chuva, variando de moderada a extrema no ano de 1992. Entre os anos de 1996 e 1997, foi detectado 9 meses de chuva, variando de fraca a severa. Foi detectada ainda chuva, variando de fraca a extrema, de 7 meses nos anos de 2002 a 2003. Em todos os períodos é possível observar que houve também a ocorrência do fenômeno El Niño (Figura 7).

Tabela 15 – Regime do SPI- 3 em Aimorés - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982			0.28	0.43	0.62	0.69	0.11	0.46	0.32	-0.6	-2.01	-2.52
1983	-1.93	-1.48	-1.19	-2.21	-1.94	-1.09	-1.83	-1.66	-0.08	0.09	-0.44	-0.39
1984												
1985							-1.7	-1.83	-0.92	-0.27	-0.66	-0.4
1986	-0.09	0.17	-0.37	-1.73	-1.94	-1.25	-0.35	1.62	1.04	-0.08	-1.93	-1.51
1987	-0.73	-0.3	0.49	0.23	0.38	-0.73	-0.14	-0.3	0.21	-0.27	0.07	0.05
1988	0.42	0.14	0.78	0.65	1.01	-0.05	0.49	-0.06	-1.18	-0.68	-0.18	-0.02
1989	-0.71	-0.78	-0.32	0.24	0.45	0.92	1.68	1.57	0.53	0.14	-0.03	-0.37
1990	-1.37	-1.53	-1.93	-0.73	-0.56	0.83	1.07	1.7	1.32	1.16	0.11	-0.48
1991	0.21	0.79	1.52	0.95	0.6	-0.71	0.48	0.66	0.83	-0.16	-0.77	-0.52
1992	0.29	1.11	0.75	0.12	-0.08	0.35	1.16	1.21	1.09	2.04	1.21	1.19
1993	0.04	-0.16	-1.09	-0.58	0.1	1.37	0.88	0.07	0.82	0.13	-1.51	-0.55
1994	-0.62	-0.06	0.81	1.72	2.09	0.79	-0.26	-2.07	-2.89	-2.99	-1.14	-1.38
1995	-1.35	-1.68	-0.78	0.07	0.45	0.91	0.53	0.01	-0.51	0.56	0.61	1.71
1996	0.67	0.25	-2.21	-1.2	-0.8	-0.29	-0.32	0.2	1.25	1.29	1.86	1.14
1997	1.47	0.5	1.64	1.39	1.51	-0.85	-0.63	-0.53	0.24	0.67	0.11	-0.53
1998	-0.52	-0.23	-0.02	-0.93	-1.4	-1.43	-0.2	-0.69	-1.63	1.19	0.49	0.31
1999	-1.19	-1.29	-0.42	0.15	0.22	-0.63	-0.9	-0.94	-1.31	-0.29	0.92	0.76
2000	1.04	0.29	0.27	-0.75	-0.96	-1.72	-1.17	-0.58	0.1	-0.83	-0.01	0.16
2001	0.08	-0.64	-1.04	-1.01	-0.3	-0.16	0.25	-0.25	0.24	0.41	1.31	1.19
2002	0.93	0.61	0.22	0.21	-0.13	0.24	0.92	0.37	2.03	1.02	1.21	0.72
2003	1.19	0.85	0.72	0.37	-0.02	-1.55	-1.23	0.35	0.37	-0.45	-1.44	-0.23
2004	1.22	2.33	1.97	1.55	0.72	0.05	0.25	0.53	-0.25	-0.02	-0.44	0.03
2005	0.51	1.89	1.35	1.06	0.46	1.91	2.22	1.27	0.26	-0.46	0.48	0.47
2006	-0.01	-0.46	0.01	1.12	0.97	0.74	-0.06	-0.75	0.1	-0.45	0.55	1.21
2007	1.44	1.46	0.03	-0.58	-1.99	-1.4	-0.71	-0.48	0.02	-1.14	-1.5	-2.22
2008	-1.25	-0.55	0.13	0.08	-0.36	-0.5	-1.53	-1.66	-1.07	-1.97	0.15	0.15
2009	0.73	-0.09	0.11	0.22	0.58	1.58	0.83	1.08	-0.62	1.7	0.46	0.22
2010	-1.93	-1.57	-1.34	-0.18	0.47	1.13	1.03	0.01	-0.05	0.06	1.23	1.66
2011	1.24	0.52	0.23	1.17	1.02	0.94	-0.32	-0.1	-0.87	0.37	0.44	0.34
2012	0.24	-0.13	-0.56	-1.76	-1.08	-0.11	-0.03	0.86	0.96	0.04	0.9	-0.13

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-6, exibido na Tabela 16 apresenta vários períodos de seca, no qual se destaca o período de seca, variando de fraca a severa, detectado pelo SPI-3, nos anos de 1982 a 1983, agora com 13 meses de duração. Em 1990 foi observado 6 meses de seca, variando de moderada a severa e entre 1994 a 1995 foi detectado 8 meses de seca, variando de fraca a extrema. Destacam-se ainda 11 meses de seca, variando de fraca a extrema entre os anos de 2007 a 2008 e 6 meses de seca, variando de fraca a moderada, no ano de 2010.

O SPI-6 (Tabela 16) detectou também vários eventos de chuva, dentre eles a chuva variando de fraca a extrema, ocorrida nos anos de 1992 a 1993, com duração de 6 meses e no ano de 2004 com duração de 8 meses. Observa-se ainda três períodos de chuva, variando de fraca a severa, entre os anos de 1996 a 1997 com duração de 12 meses, assim como nos anos de 2002 a 2003 com duração de 9 meses e no ano de 2005 com duração de 10 meses.

Tabela 16 – Regime do SPI- 6 em Aimorés - MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982						0.41	0.32	0.63	0.58	-0.48	-1.78	-2.3
1983	-2.08	-2.24	-2.69	-2.5	-2.25	-1.67	-2.62	-2.49	-1.07	-0.54	-0.8	-0.49
1984												
1985										-0.85	-1.05	-0.67
1986	-0.26	-0.31	-0.66	-0.78	-0.71	-0.85	-1.66	-0.73	-0.1	-0.31	-0.98	-1.07
1987	-0.78	-1.25	-0.64	-0.46	-0.09	0.22	0.07	0.18	-0.58	-0.38	-0.09	0.03
1988	0.22	0.07	0.5	0.58	0.64	0.7	0.63	0.88	-0.82	-0.3	-0.3	-0.31
1989	-0.99	-0.71	-0.35	-0.44	-0.38	-0.06	0.83	0.9	0.9	0.99	0.43	-0.29
1990	-1.24	-1.06	-1.5	-1.43	-1.59	-1.34	-0.18	0.17	1.39	1.29	0.61	-0.05
1991	0.61	0.56	0.86	0.6	0.88	1.39	0.88	0.67	-0.02	0.03	-0.62	-0.31
1992	0.13	0.39	0.14	0.22	0.79	0.78	0.47	0.27	0.87	2.01	1.45	1.4
1993	0.96	0.65	0.19	-0.29	-0.15	-0.47	-0.19	0	1.44	0.46	-1.54	-0.34
1994	-0.6	-0.88	0.17	0.57	1.32	0.97	1.41	1.86	-0.2	-1.97	-1.58	-1.87
1995	-2.08	-1.92	-1.64	-0.96	-0.96	-0.47	0.16	0.33	0.35	0.58	0.54	1.57
1996	0.74	0.48	0.31	0.02	-0.26	-2.19	-1.22	-0.81	0.6	0.87	1.87	1.41
1997	1.77	1.51	1.88	1.72	1.24	1.5	1.04	1.33	-0.64	0.24	-0.09	-0.53
1998	-0.25	-0.16	-0.5	-0.87	-0.93	-0.5	-0.95	-1.7	-2.3	0.81	0.29	-0.01
1999	-0.49	-0.53	-0.17	-0.81	-0.89	-0.73	-0.16	-0.09	-1.42	-0.68	0.72	0.49
2000	0.81	0.71	0.6	0.47	-0.29	-0.21	-1.07	-1.24	-1.29	-1.24	-0.22	0.1
2001	-0.27	-0.5	-0.64	-0.42	-0.76	-1.18	-0.82	-0.49	-0.15	0.33	1.22	1.17
2002	0.93	1.18	0.89	0.75	0.35	0.2	0.43	-0.12	1.64	1.11	1.23	1.33
2003	1.4	1.27	0.9	1.02	0.61	0.34	-0.01	-0.03	-0.94	-0.92	-1.36	-0.2
2004	0.94	1.2	1.41	1.64	2.21	2.04	1.36	0.75	-0.3	0.01	-0.37	-0.11
2005	0.38	1.16	0.97	0.86	1.71	1.9	1.7	0.78	1.6	1.1	0.77	0.45
2006	-0.25	-0.06	0.22	0.55	0.21	0.17	0.9	0.73	0.48	-0.47	0.34	1.16
2007	1.16	1.29	0.79	0.86	0.51	-0.43	-0.81	-2.17	-1.18	-1.33	-1.72	-2.19
2008	-1.65	-1.27	-1.33	-0.89	-0.72	-0.12	-0.32	-0.79	-1.2	-2.39	-0.16	-0.12
2009	0.17	-0.04	0.06	0.59	0.2	0.6	0.4	0.81	0.94	1.6	0.68	0.02
2010	-0.64	-0.7	-0.73	-1.5	-0.88	-0.78	0.18	0.35	0.75	0.5	1.17	1.59
2011	1.11	1.07	1.25	1.45	0.92	0.46	0.88	0.89	0.25	0.07	0.33	0.1
2012	0.28	0.12	-0.24	-0.51	-0.71	-0.71	-1.53	-0.72	0.46	-0.08	1.03	0.1

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Na Tabela 17 são apresentados os resultados do SPI-12, sendo que nesta escala temporal pode-se destacar os 13 meses de seca, variando de moderada a extrema, com pico de -2.95 ocorridos nos anos de 1982 a 1983. Neste último ano observa-se que também ocorreu um evento La Niña a partir do segundo semestre. Observam-se ainda 19 meses de seca, variando de fraca a severa, entre os anos de 1986 a 1987. Foi detectado dois períodos de seca, variando de fraca a moderada, no ano de 1990 com duração de 12 meses e entre os anos de 1998 a 1999 com duração de 13 meses. Entre os anos de 2007 a 2008 observa-se 13 meses de seca, variando de fraca a extrema. Em todos esses anos também é possível observar a presença do fenômeno La Niña (Figura 7).

Na Tabela 17 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-12, dentre eles destaca-se dois períodos de chuva, variando de fraca a severa, no ano de 1997 com duração de 12 meses e entre os anos de 2004 a 2006 com duração de 25 meses. Observa-se ainda dois períodos de chuva, variando de fraca a moderada, entre os anos de 2002 a 2003 com duração 21 meses e entre 2010 a 2011 com duração de 12 meses.

Tabela 17 – Regime do SPI-12 em Aimorés – MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												-1.28
1983	-1.68	-1.67	-2.19	-2.51	-2.67	-2.65	-2.84	-2.95	-2.84	-2.62	-2.68	-1.75
1984												
1985												
1986				-1.11	-1.12	-1.06	-0.98	-0.61	-0.69	-0.96	-1.43	-1.67
1987	-1.88	-1.71	-0.71	-0.62	-0.59	-0.56	-0.59	-0.97	-0.8	-0.68	-0.3	0.06
1988	0.05	0	0.27	0.34	0.4	0.42	0.45	0.42	0.26	0.36	0.28	0.22
1989	-0.58	-0.3	-0.63	-0.6	-0.49	-0.31	-0.23	-0.17	-0.09	-0.05	-0.21	-0.41
1990	-0.61	-0.57	-1.11	-0.83	-0.89	-1.06	-1.06	-0.84	-0.85	-0.67	-1.03	-1.14
1991	0.26	0.47	1.13	0.99	0.92	0.89	0.87	0.71	0.78	0.48	0.34	0.87
1992	0.53	0.55	0.05	0.13	0.29	0.29	0.29	0.39	0.34	1.07	1.51	1.61
1993	0.99	0.6	0.36	0.66	0.68	0.65	0.59	0.5	0.59	-0.18	-1.15	-0.78
1994	-0.87	-0.98	0.53	0.61	0.43	0.41	0.41	0.3	0.07	-0.02	0.41	-0.46
1995	-0.62	-0.46	-1.65	-1.57	-1.55	-1.52	-1.38	-1.37	-1.41	-0.71	-0.61	0.91
1996	0.59	0.47	0.31	0.16	0.05	0.09	0.02	0.07	0.42	0.29	1	-0.11
1997	0.98	1.07	1.88	1.83	1.88	1.82	1.8	1.8	1.67	1.65	0.97	0.84
1998	0.33	0.45	-0.72	-0.77	-0.78	-0.74	-0.71	-0.79	-1.01	-0.51	-0.77	-0.53
1999	-1.24	-1.38	-0.71	-0.43	-0.53	-0.53	-0.52	-0.54	-0.53	-1.12	-0.41	-0.26
2000	0.47	0.5	0.21	0.15	0.14	0.12	0.13	0.16	0.27	0	-0.57	-0.22
2001	-1.08	-1.19	-1.02	-0.87	-0.73	-0.69	-0.67	-0.69	-0.69	-0.36	0.09	0.12
2002	0.25	0.83	0.74	0.72	0.88	0.84	0.86	0.93	1.27	1.05	0.98	1.13
2003	1.37	1.05	1.25	1.28	1.06	1.04	1.02	1.04	0.63	0.63	-0.27	-0.01
2004	0.68	1.02	1.11	1.25	1.28	1.33	1.39	1.28	1.26	1.49	1.83	1.63
2005	1.11	1.32	0.79	0.72	1.16	1.26	1.22	1.26	1.34	1.15	1.91	1.85
2006	0.9	0.21	0.63	0.87	0.51	0.33	0.28	0.24	0.3	0.28	0.24	0.96
2007	1.44	1.44	0.8	0.58	0.51	0.49	0.51	0.52	0.48	0.39	-0.51	-2.09
2008	-2.24	-2.31	-1.67	-1.35	-1.41	-1.41	-1.42	-1.47	-1.63	-1.61	-0.92	-0.33
2009	-0.24	-0.54	-0.3	-0.03	0.02	0.27	0.28	0.29	0.3	1.16	0.46	0.37
2010	-0.49	-0.34	-0.44	-0.48	-0.28	-0.54	-0.42	-0.46	-0.48	-1.2	-0.04	0.74
2011	0.95	1.05	1.31	1.44	1.26	1.29	1.23	1.23	1.22	1.32	0.9	0.31
2012	0.66	0.43	-0.23	-0.52	-0.38	-0.44	-0.48	-0.23	-0.13	-0.61	-0.03	-0.58

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-24, apresentado na Tabela 18, detectou a ocorrência de três períodos de seca variando de fraca a severa, nos anos de 1987 a 1988, com duração de 12 meses, em 1990 também com duração de 12 meses e entre 1999 a 2000 com duração de 15 meses. Pode-se observar também 10 meses de seca, variando de fraca a moderada, no ano de 1995 e 19 meses de seca, variando de fraca a extrema, entre os anos de 2008 a 2009.

O SPI-24(Tabela 18) destaca também dois períodos de chuva, variando de fraca a severa entre os anos de 1992 a 1993 com duração de 13 meses e em 1997 com duração de

11 meses. Observa-se ainda o período de chuva fraca com duração de 10 meses no ano de 1998 e chuva variando de fraca a moderada, com duração de 12 meses entre 2002 a 2003. Entre os anos de 2003 a 2007 foi detectado um longo período de chuva, variando de fraca a extrema, com duração de 42 meses. Nesses períodos houve a atuação do fenômeno El Niño (Figura 7).

Tabela 18 – Regime do SPI-24 em Aimorés – MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												
1983												-2.24
1984												
1985												
1986												
1987				-1.66	-1.63	-1.61	-1.61	-1.62	-1.55	-1.73	-1.59	-1.19
1988	-1.47	-1.41	-0.54	-0.46	-0.38	-0.36	-0.37	-0.67	-0.69	-0.53	-0.26	0.02
1989	-0.59	-0.42	-0.49	-0.44	-0.31	-0.17	-0.1	-0.05	-0.13	-0.02	-0.19	-0.29
1990	-1.1	-0.87	-1.6	-1.42	-1.37	-1.39	-1.36	-1.11	-1.05	-0.91	-1.21	-1.22
1991	-0.43	-0.24	-0.04	-0.01	-0.12	-0.28	-0.3	-0.29	-0.24	-0.41	-0.74	-0.25
1992	0.41	0.59	0.74	0.66	0.72	0.7	0.7	0.66	0.69	1.07	1.26	1.54
1993	0.97	0.69	0.09	0.38	0.52	0.5	0.46	0.47	0.52	0.53	0.25	0.53
1994	-0.01	-0.41	0.47	0.76	0.63	0.6	0.56	0.4	0.29	-0.47	-0.76	-1.02
1995	-1.33	-1.3	-0.94	-0.85	-1.02	-1.04	-0.97	-1.07	-1.32	-0.92	-0.38	0.18
1996	-0.17	-0.17	-1.15	-1.28	-1.37	-1.35	-1.36	-1.3	-0.98	-0.63	0.13	0.4
1997	1.01	0.99	1.58	1.43	1.39	1.41	1.36	1.41	1.56	1.46	1.32	0.35
1998	0.82	0.98	0.91	0.82	0.85	0.85	0.86	0.82	0.55	0.87	0	0.09
1999	-0.81	-0.81	-1.37	-1.24	-1.32	-1.32	-1.33	-1.4	-1.58	-1.72	-1.19	-0.71
2000	-0.69	-0.76	-0.6	-0.49	-0.56	-0.59	-0.6	-0.58	-0.48	-1.23	-1.03	-0.5
2001	-0.59	-0.63	-0.82	-0.81	-0.72	-0.72	-0.73	-0.7	-0.6	-0.6	-0.62	-0.24
2002	-0.77	-0.35	-0.34	-0.29	-0.06	-0.06	-0.05	0.03	0.37	0.39	0.62	0.7
2003	1.08	1.25	1.35	1.36	1.29	1.28	1.29	1.39	1.36	1.18	0.36	0.62
2004	1.39	1.4	1.63	1.77	1.61	1.68	1.74	1.69	1.34	1.59	1.11	1
2005	1.18	1.61	1.27	1.33	1.69	1.86	1.91	1.88	1.93	2.02	2.72	2.21
2006	1.34	1.01	0.89	1.02	1.09	1.07	1.02	1.03	1.16	0.98	1.53	1.76
2007	1.6	1.11	0.9	0.9	0.55	0.41	0.38	0.36	0.39	0.29	-0.45	-0.7
2008	-0.4	-0.42	-0.69	-0.74	-0.85	-0.89	-0.91	-0.93	-1.07	-1.21	-1.38	-1.74
2009	-1.95	-2.29	-1.71	-1.31	-1.3	-1.11	-1.14	-1.15	-1.25	-0.39	-0.55	-0.13
2010	-0.74	-0.88	-0.82	-0.67	-0.47	-0.48	-0.39	-0.4	-0.4	-0.12	0.09	0.59
2011	0.22	0.4	0.56	0.64	0.6	0.46	0.49	0.48	0.46	0.06	0.46	0.55
2012	1.03	0.95	0.7	0.61	0.53	0.53	0.45	0.65	0.72	0.46	0.47	-0.33

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.4 Análise Pluviométrica em Caparaó - MG

O Caparaó apresenta precipitação média anual de 1.188 mm, com os meses de maiores concentrações pluviométricas no período de outubro a março, nesses meses os valores superam os 90 mm como pode ser observado na (Figura 12), enquanto o período de menor pluviometria varia de abril a setembro com valores inferiores a 65 mm. Na série histórica pluviométrica (Figura 13), os anos de maiores valores, (acima de 1.600 mm) foram 2005, 2008 e 2009. Nos anos de 2005 e 2009, é possível identificar com base na (Figura 7) a ocorrência do fenômeno El Niño. O ano de menor pluviometria foi em 1983 (Figura 13), sendo que neste ano é possível identificar a partir da (Figura 7), a ocorrência da transição do fenômeno El Niño para o La Niña.

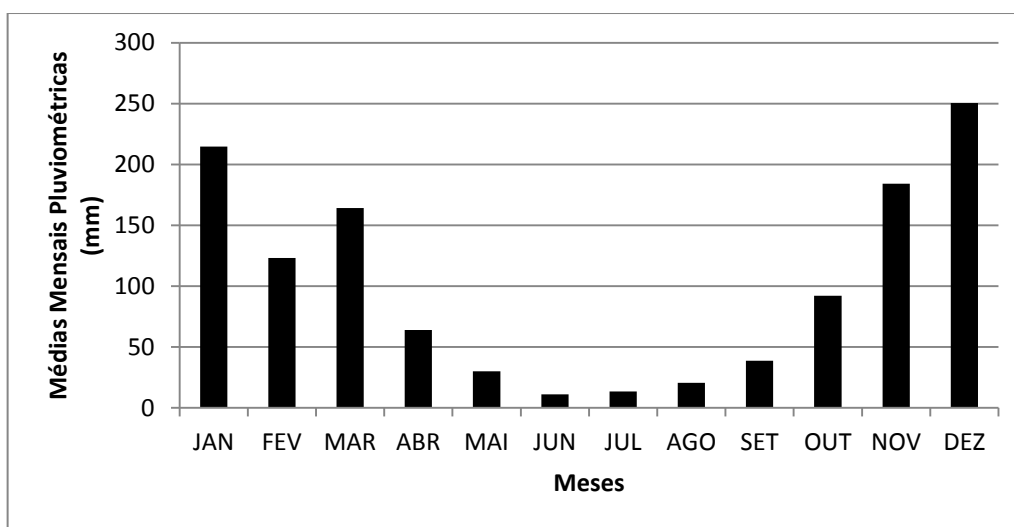
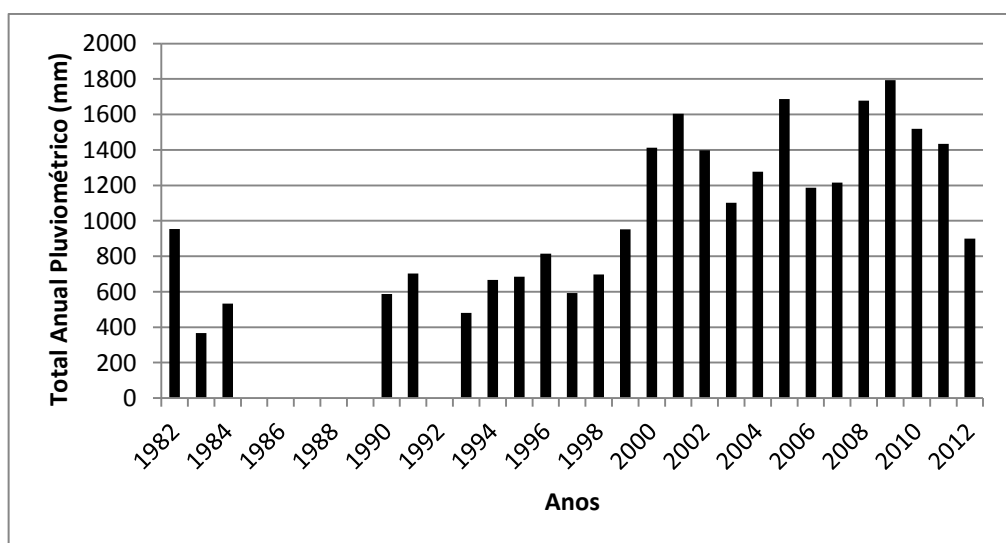


Figura 12. Médias mensais pluviométricas em Caparaó-MG, nos anos de 1982 a 2012. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).



*Entre os anos de 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 e 1992 há ausência de dados.

Figura 13. Total anual Pluviométrico em Caparaó-MG, nos anos de 1982 a 2012.

Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.4.1 Análise dos períodos secos e chuvosos em Caparaó - MG

Na Tabela 19 são exibidos os valores de SPI-3, nesta escala temporal pode-se observar vários tipos de secas, dentre elas o período de 11 meses de, variando de fraca a extrema, entre os anos de 1982 a 1983 e 8 meses de seca, variando de moderada a severa, entre os anos de 1983 a 1984, com pico de -2.85, anos estes de ocorrência do fenômeno La Niña (Figura 7). Destaca - se ainda, 4 meses de seca, variando de fraca a moderada entre os anos de 1998 a 1999, nestes anos também houve a ocorrência do La Niña (Figura 7).

Na tabela 19 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI 3, está escala temporal apresenta vários tipos de chuva dentre elas destaca-se a chuva, variando de fraca a moderada entre os anos de 2002 a 2003 com duração de 5 meses, bem como a chuva, variando de fraca a severa, com duração de 10 meses no ano de 2005. Observa-se ainda 13 meses de chuva, variando de fraca a extrema, entre os anos de 2008 a 2009.

Tabela 19 – Regime do SPI-3 em Caparaó –MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982			0.14	0.2	0.52	-0.16	0.21	0.43	0.01	-1.41	-1.71	-0.95
1983	-1.06	-1.14	-2.19	-1.68	-1.57	-0.8	-0.8	-0.62	0.71	-0.06	-1.42	-2.82
1984	-2.72	-2.83	-2.49	-2.85	-2.67	-1.62	-0.37	0.22	0.4	-1.64	-0.88	-0.6
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990				0.13								
1991		0.35	0.81									
1992												
1993									-0.01	-0.17	-0.31	-0.32
1994				0.79	1.03	0.81	0.73	-0.1	-1.48	-0.81		
1995												
1996												
1997												
1998	0.17	0.09	0.03	-0.58	-0.61	-0.63	0.5	1.12	0.4	0.59	-0.71	-0.7
1999	-1.02	-0.81	-0.4	-0.21	-0.58	-1.56	-1.12	-0.38	-0.51	-0.37	0.69	0.14
2000	0.43	0.09	0.71	0.06	0.09	-0.82	-0.08	1.14	0.55	1.17	0.32	0.46
2001	0.22	0.25	-0.13	-0.31	-0.2	0.4	0.39	-1.34	-0.56	-0.33	1.24	0.66
2002	0.34	0.32	0.38	0.28	-0.8	-1.36	-0.41	-1.18	0.72	0.2	0.72	0.82
2003	1.48	1.32	0.88	-0.8	-0.54	0	-1.68	1.03	0.65	0.39	-0.84	-1.76
2004				0.82	0.22	0.51	0.78	0.74	-0.23	-1.41	-1.39	0.74
2005	0.37	1.14	1.23	1.57	1.31	0.92	1.34	1.57	1.36	1.44	0.7	0.19
2006	-0.52	-0.88	-0.67	0.39	0.55	0.46	-1.38	-0.84	0.16	0.99	1.21	0.74
2007	0.71	0.6	0.55	0.06	-0.14	0.26	-0.45	-1.74	-1.55	-0.75	-1.23	-0.04
2008	-0.05	0.52	0.18	0.37	-0.08	0.69	-0.71	-0.52	0.9	0.15	1.43	1.48
2009	1.49	1.41	1.22	0.99	0.92	1.51	1.32	1.84	1.67	2.49	0.52	0.32
2010	-0.53	-0.44	-0.31	0.27	0.91	0.82	1.5	-0.34	-0.11	-0.01	1.18	1.53
2011	0.67	0.38	0.78	1.51	1.64	0.48	-1.31	-0.97	-2.77	0.24	0.47	0.53
2012	0.15	-0.24	-0.55	-0.76	0.18	1	1.52	-0.13	0.11	-0.75	0.02	-0.78

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Na Tabela 20 são exibidos os valores do SPI-6, pode-se observar que alguns anos de secas mais significativas detectados pelo SPI-3 permanecem. Agora, nos anos de 1982 até 1983 são detectados 11 meses de seca, variando de moderada a severa e entre os anos de 1983 a 1984 são detectados 14 meses de seca, variando de fraca a extrema com pico de -2.89. Observa-se também a seca fraca com duração de 7 meses, entre os anos de 1998 a 1999.

Na Tabela 20, na qual são apresentados também os períodos chuvosos do SPI-6, pode-se observar vários tipos de chuva, dentre elas destaca-se três períodos variando de fraca a severa, ocorrendo entre os anos de 2002 a 2003, com duração de 7 meses, no ano de 2005 com duração de 11 meses e entre os anos de 2010 a 2011 também com duração de 11 meses. Destaca-se ainda a chuva, variando de fraca a extrema, entre os anos de 2008 a 2009, com duração de 14 meses.

Tabela 20 – Regime do SPI-6 em Caparaó –MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982						0.14	0.17	0.54	-0.3	-1.12	-1.57	-1.07
1983	-1.42	-1.51	-1.6	-1.32	-1.3	-1.86	-1.79	-1.76	-0.1	-0.49	-1.65	-2.31
1984	-2.47	-2.49	-2.82	-2.89	-2.88	-2.75	-2.47	-2.19	-1.61	-1.65	-0.89	-0.59
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												-0.43
1994							0.83	0.99	-0.13	-0.34		
1995												
1996												
1997												
1998			0.13	-0.08	-0.11	-0.04	-0.52	-0.37	-0.3	0.64	-0.43	-0.69
1999	-0.95	-0.93	-0.65	-0.73	-0.76	-0.61	-0.41	-0.75	-2.21	-0.88	0.53	-0.05
2000	0.3	0.23	0.37	0.32	0.12	0.54	-0.01	0.26	-0.29	0.91	0.52	0.52
2001	0.35	0.22	0.08	0.04	0.13	0.02	-0.3	-0.47	-0.2	-0.18	1	0.5
2002	0.21	0.6	0.44	0.35	0.01	0.16	0.17	-1.11	-0.47	-0.1	0.46	0.93
2003	1.51	1.2	0.78	0.86	0.85	0.81	-1.07	-0.34	0.36	-0.29	-0.58	-1.55
2004							0.87	0.29	0.08	-0.72	-1.17	0.63
2005	0.11	0.56	0.94	0.97	1.29	1.26	1.7	1.56	1.64	1.77	1.01	0.53
2006	-0.3	-0.42	-0.32	-0.14	-0.29	-0.39	0.2	0.39	0.3	0.37	1.01	0.71
2007	0.81	0.79	0.56	0.52	0.41	0.56	-0.06	-0.44	-0.69	-0.96	-1.63	-0.37
2008	-0.27	0.03	-0.01	0.13	0.36	0.33	0.24	-0.25	1.07	-0.26	1.28	1.66
2009	1.51	1.48	1.29	1.4	1.33	1.36	1.12	1.23	2.32	2.65	0.94	0.77
2010	-0.02	-0.21	-0.08	-0.21	0.13	-0.02	0.46	0.82	0.42	0.74	1.04	1.5
2011	0.6	0.62	1.09	1.1	0.96	0.8	1.39	1.57	-0.6	-0.36	0.23	0.23
2012	0.1	-0.09	-0.07	-0.15	-0.08	-0.16	-0.41	0.08	0.71	0.25	-0.1	-0.87

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Os valores do SPI-12, apresentados na Tabela 21, destacam que as seca entre os anos de 1983 a 1984 detectadas pelo SPI-3 e SPI-6 permanecem, agora com 24 meses, variando de moderada a extrema com pico de -2.95. Em 1999 pode-se observar um longo período de 11 meses de seca, variando de fraca a moderada.

O SPI-12 exibido na Tabela 21 detectou também três eventos importantes de chuva, variando de fraca a moderada, nos anos de 2002 a 2003, com duração de 12 meses, nos anos de 2005 a 2006, com duração de 12 meses e em 2010 a 2012 com duração de 15 meses. Entre 2008 a 2009 foi detectado 14 meses de chuva, variando de fraca a severa.

Tabela 21 – Regime do SPI-12 em Caparaó –MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												-0.48
1983	-1.02	-1.07	-1.65	-1.55	-1.58	-1.59	-1.63	-1.64	-1.45	-1.31	-1.78	-2.58
1984	-2.86	-2.95	-2.57	-2.68	-2.67	-2.65	-2.61	-2.51	-2.78	-2.79	-2.59	-1.83
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998									0.05	-0.03	-0.33	-0.45
1999	-1.11	-1.06	-0.75	-0.69	-0.82	-0.78	-0.79	-0.92	-0.9	-0.84	-0.59	-0.48
2000	-0.09	-0.11	0.1	0.15	0.16	0.19	0.19	0.26	0.29	0.37	0.15	0.59
2001	0.12	0.2	-0.02	0.09	0.16	0.13	0.12	0.05	0.02	-0.03	0.31	0.22
2002	-0.11	0.31	0.36	0.25	0.21	0.2	0.21	0.22	0.33	0.28	0.04	0.56
2003	1.12	0.76	0.69	0.8	0.77	0.76	0.76	0.86	0.75	0.76	0.59	-0.1
2004												
2005	0.38	0.51	0.92	0.86	0.88	0.91	0.9	0.94	1.08	1.1	1.39	1.12
2006	0.65	0.26	-0.04	0.06	-0.02	-0.07	-0.1	-0.17	-0.27	-0.13	-0.05	0.1
2007	0.57	0.75	0.56	0.49	0.52	0.52	0.53	0.51	0.43	0.36	-0.08	0.17
2008	-0.37	-0.22	-0.17	-0.06	-0.09	-0.07	-0.07	-0.05	0.13	0.05	0.6	1.1
2009	1.14	1.22	1.41	1.36	1.38	1.4	1.46	1.48	1.51	1.62	1.41	1.31
2010	0.45	0.25	0.33	0.17	0.28	0.23	0.19	0.13	-0.04	-0.13	0.32	0.8
2011	0.53	0.75	1.12	1.15	1	1.02	1.01	0.98	0.95	1	0.88	0.63
2012	0.69	0.51	-0.21	-0.29	-0.08	-0.1	-0.09	-0.04	0.02	-0.15	-0.21	-0.62

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-24 exibido na tabela 22 apresenta como destaque os mesmos anos mais significativos detectados pelo SPI-3, SPI-6 e SPI-12. Nos anos de 1983 a 1984 observa-se 13 meses de seca, variando de severa a extrema com intensidade de pico de -3.05, bem como 13 meses de seca, variando de fraca a moderada, nos anos de 1999 a 2000.

Na Tabela 22 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-24, foi detectado um longo evento de 23 meses de chuva, variando de fraca a moderada entre os anos de 2009 a 2010 e um período de 7 meses de chuva fraca no ano de 2011.

Tabela 22 – Regime do SPI-24 em Caparaó –MG

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												
1983												-1.66
1984	-2.83	-2.92	-3	-3.05	-3.04	-3.04	-3.04	-3.02	-3.01	-2.97	-2.95	-2.59
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999									-0.72	-0.8	-0.76	-0.65
2000	-1.03	-1.04	-0.64	-0.58	-0.64	-0.59	-0.59	-0.61	-0.54	-0.46	-0.43	-0.03
2001	-0.19	-0.18	-0.18	-0.09	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.03	0.05	0.12	0.34
2002	-0.21	0.12	0	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.05	0.06	-0.02	0.06	0.32
2003	0.57	0.53	0.47	0.48	0.44	0.43	0.44	0.52	0.58	0.55	0.25	0.15
2004												
2005												
2006	0.53	0.31	0.39	0.41	0.38	0.37	0.35	0.34	0.47	0.57	0.78	0.6
2007	0.67	0.49	0.13	0.14	0.11	0.08	0.07	0.02	-0.05	-0.02	-0.25	0.03
2008	-0.03	0.18	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.21	0.1	0.19	0.62
2009	0.44	0.56	0.69	0.73	0.73	0.76	0.8	0.85	1.05	1.11	1.15	1.24
2010	0.96	0.85	0.97	0.86	0.94	0.93	0.95	0.95	0.95	1.01	0.99	1.07
2011	0.49	0.48	0.75	0.69	0.65	0.64	0.61	0.56	0.5	0.48	0.61	0.68
2012	0.67	0.66	0.44	0.43	0.44	0.44	0.44	0.45	0.53	0.47	0.31	-0.07

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.5 Análise Pluviométrica em Itaperuna - RJ

A cidade de Itaperuna apresenta precipitação média anual de 1.189 mm, com os meses de maiores concentrações pluviométricas entre outubro a março, nesses meses os valores superam 99 mm como pode ser observado na (Figura 14), enquanto o período de menor pluviometria varia de abril a setembro com valores inferiores a 75 mm. Na série histórica pluviométrica (Figura 15), os anos de maiores valores, (acima de 1.400 mm) foram 1983, 2008 e 2009. Com base na Figura 7 é possível identificar a ocorrência do fenômeno El Niño no primeiro semestre de 1983 e no segundo semestre de 2009. O ano de menor

pluviometria foi em 2001(Figura 15), neste ano é possível identificar a partir da Figura 7 a influência do fenômeno La Niña.

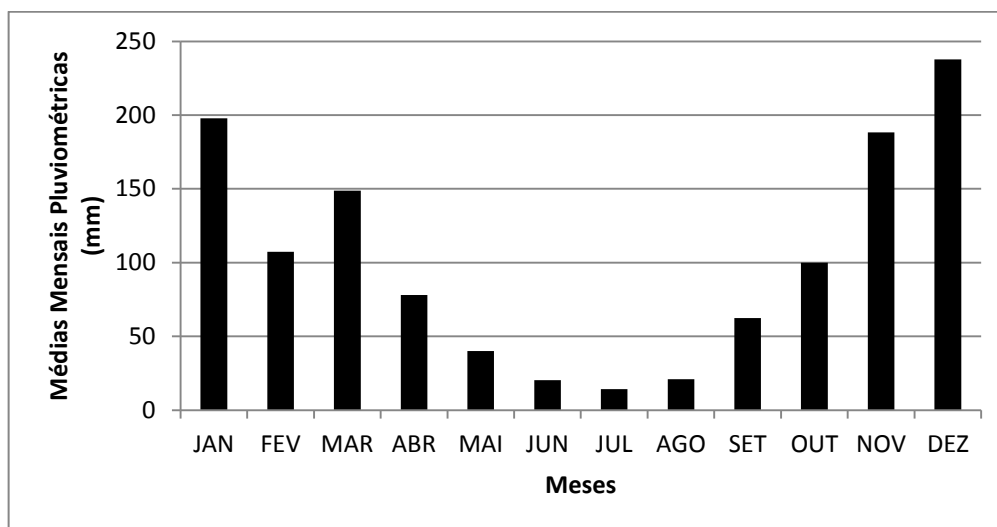
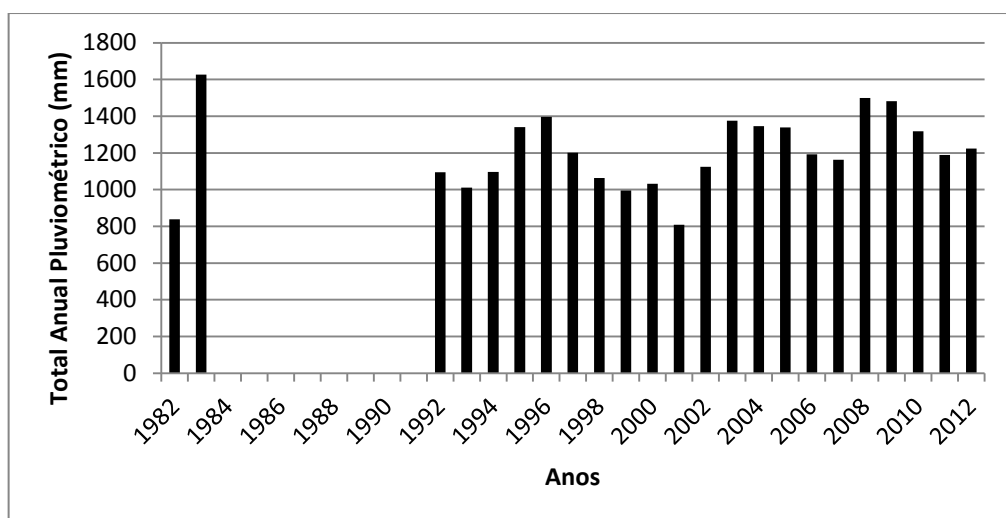


Figura 14. Médias mensais pluviométricas em Itaperuna-RJ, nos anos de 1982 a 2012.
Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).



*Entre os anos de 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 e 1991 há ausência de dados.

Figura 15. Total anual Pluviométrico em Itaperuna-RJ, nos anos de 1982 a 2012.
Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.5.1 Análise dos períodos secos e chuvosos em Itaperuna - RJ

Na Tabela 23 são exibidos os valores do SPI-3, nesta escala temporal são apresentados vários tipos de seca, dentre elas destaca-se três períodos, variando de fraca a severa, ocorrida nos anos de 1982 a 1983, com duração de 6 meses, entre os anos de 1994 a 1995 com duração de 6 meses e no ano 2000 também com duração de 6 meses. Destaca-se ainda 8 meses de seca, variando de fraca a moderada, entre 1998 a 1999.

Na Tabela 23 também são exibidos os períodos chuvosos do SPI-3, nesta escala temporal são apresentados vários tipos de chuva, dentre os quais se destaca o período de 7 meses, variando de fraca a severa, no ano de 1983. Em 1992 foi detectado 6 meses de chuva, variando de moderada a severa. Em 1994, observa-se 6 meses, variando de fraca a severa e entre 1996 a 1997 nota-se 7 meses de chuva variando de fraca a moderada. Foi detectado ainda 7 meses de chuva, variando de fraca a extrema no ano de 2005 e 5 meses de chuva, variando de moderada a extrema entre os anos de 2008 a 2009.

Tabela 23 – Regime do SPI-3 em Itaperuna – RJ

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982			-0.37	1.02	0.86	0.44	-1.48	0.05	-0.61	-0.92	-2.21	-2.44
1983	-1.64	-1	-0.19	0.43	0.45	1.35	0.6	0.64	1.34	1.92	1.85	1.42
1984	-0.04											
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992				-0.85	-0.13	1.39	1.41	1.03	1.57	1.16	1.41	0.25
1993	-0.41	-1.62	-1.09	0.4	0.25	0.44	-0.58	-0.85	-0.14	-0.32	-1.12	-0.53
1994	-0.05	0.02	1.14	0.98	1.79	1.08	1.13	0.83	-1.8	-2.17	-1.96	-1.74
1995	-1.99	-0.93	-0.36	0.81	0.12	0.1	-0.55	-1.01	-0.1	1.15	0.94	1.05
1996	0.65	0.69	0.2	-0.1	-0.34	0	0.04	-0.09	0.8	0.98	0.53	0.76
1997	1.37	1.36	0.74	-0.98	-0.81	-1.03	-1.33	-0.36	0.52	0.71	0.16	-0.34
1998	-0.29	-0.1	-0.52	-0.98	-0.57	0.4	0.82	1.01	0.24	0.48	-0.45	-0.67
1999	-0.98	-1.27	-1.4	-1.22	-1.31	-0.96	-0.55	0.31	-0.95	-1.28	0.27	0.25
2000	0.09	-0.7	-0.64	-0.67	-1	-2.57	-1.53	-0.06	0.16	-0.48	-0.19	0.02
2001	-0.31	-0.9	-1.47	-0.98	-0.36	-0.68	-0.12					
2002			-0.81	-1.16	-1.46	-0.62	1.16	-0.49	1.16	0.66	0.18	-0.14
2003	0.47	0.22	-0.03	-1.3	-0.14	-0.41	-0.32	0.83	1.17	0.88	0.76	0.76
2004	1.38	1.38	1.41	0.48	-0.07	0.03	0.28	0.61	-0.98	-0.84	-1.27	0.14
2005	-0.51	0.35	0.54	1.36	1.26	1.39	2.2	2.16	1.04	-1.02	-0.44	-0.49
2006	-0.36	0.05	-0.52	0.06	-0.43	-0.26	-0.03	-1.63	-0.54	0.04	0.71	0.59
2007	1.09	1.04	0.58	-0.94	-1.75	-0.91	-0.95	-1.3	-0.87	0.06	-0.42	-0.03
2008	-0.4	0.7	0.26	1.28	-0.01	0.8	-0.95	-0.85	-0.04	-1.04	0.43	1.24
2009	2.01	2.25	2.22	1.23	0.36	0.56	0.38	1.32	0.99	1.14	-0.2	-0.66
2010	-1.34	-1.21	-1.77	-0.87	-0.52	-1.11	-0.52	-0.66	-0.81	0.11	1.32	1.95
2011	0.97	-0.26	1.19	2.14	2.31	-0.86	-0.74	-1.87	-2.19	-0.23	-0.16	-0.17
2012	0.31	-0.1	0.86	-0.18	1.45	1.47	1.5	0.37	0.1	-1	-0.12	-1.19

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Na Tabela 24 é apresentado os resultados do SPI-6, nesta escala temporal destaca-se dois eventos com 8 meses de seca, variando de fraca a extrema, entre os anos de 1982 a 1983 e em 1994 a 1995. Destaca-se ainda dois eventos de seca, variando de fraca a severa, entre 1998 a 1999 com duração de 11 meses e em 2010 com duração de 9 meses.

O SPI-6 apresentado na Tabela 24, exhibe também como destaque dois eventos de chuva variando de fraca a extrema, entre os anos de 1983 a 1984 com duração de 7 meses e entre os anos de 2008 a 2009 com duração de 11 meses. Destaca-se ainda 8 meses de chuva variando de fraca a moderada entre 2003 a 2004, bem como 10 meses de chuva, variando de fraca a severa entre os anos de 2010 a 2011.

Tabela 24 – Regime do SPI-6 em Itaperuna – RJ

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982						-0.11	0.49	0.73	-0.14	-1.62	-2.2	-2.39
1983	-1.75	-1.88	-1.64	-1.14	-0.59	0.47	0.54	0.5	1.64	1.81	2	1.63
1984	0.58											
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992							-0.04	0.14	1.82	1.69	1.63	0.74
1993	-0.01	0.02	-0.36	-0.23	-1.17	-0.64	0.09	-0.01	0.11	-0.7	-1.42	-0.57
1994	-0.19	-0.59	0.19	0.36	1.03	1.33	1.25	1.74	-0.04	-0.69	-1.65	-2.09
1995	-2.42	-1.71	-1.37	-1.14	-0.75	-0.25	0.48	-0.16	-0.11	0.61	0.76	0.87
1996	0.87	1.05	0.81	0.44	0.32	0.14	-0.15	-0.38	0.44	0.72	0.47	0.87
1997	1.44	1.27	0.85	0.78	0.72	0.25	-1.38	-0.86	-0.33	-0.05	0.03	-0.18
1998	-0.07	0.03	-0.54	-0.77	-0.47	-0.24	-0.49	-0.22	0.3	0.77	-0.23	-0.57
1999	-0.71	-1.14	-1.2	-1.48	-1.81	-1.5	-1.36	-1.06	-1.34	-1.49	0.28	-0.06
2000	-0.29	-0.3	-0.17	-0.3	-1.18	-1.31	-1.14	-0.93	-1.33	-1.23	-0.27	0.01
2001	-0.46	-0.73	-0.69	-0.78	-1.02	-1.45	-0.97					
2002						-0.9	-0.43	-1.45	0.4	1.14	0.02	0.25
2003	0.56	0.26	-0.17	-0.19	0.02	-0.2	-1.34	0.06	0.51	0.46	0.91	1
2004	1.42	1.41	1.17	1.33	1.05	1.14	0.45	0.05	-0.63	-0.6	-1.13	-0.16
2005	-0.73	-0.39	0.31	0.21	0.92	1.02	2.11	1.65	1.46	0.96	0.21	-0.09
2006	-0.64	-0.22	-0.65	-0.35	-0.27	-0.53	-0.03	-0.78	-0.62	-0.1	0.44	0.35
2007	0.94	1.15	0.65	0.53	0.1	0.14	-1.25	-1.93	-1.26	-0.53	-0.76	-0.3
2008	-0.38	0.28	0.05	0.25	0.49	0.53	0.83	-0.25	0.41	-1.51	0.23	1.06
2009	1.57	1.88	1.9	2.2	2	1.99	1.15	0.64	0.91	1.03	0.11	-0.26
2010	-0.73	-0.93	-1.36	-1.62	-1.35	-1.86	-1.04	-0.68	-1.36	-0.3	1.22	1.58
2011	0.85	0.7	1.94	1.77	1.22	0.68	1.69	1.84	-1.81	-0.7	-0.54	-0.63
2012	0.16	-0.16	0.26	0.1	0.72	1.3	0.52	1.33	0.98	0.31	-0.1	-1.06

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

O SPI-12, exibido na Tabela 25 apresentou como destaque o evento de seca, variando de fraca a extrema, entre os anos de 1982 a 1983, com duração de 10 meses. Detectou também seca, variando de fraca a severa, no ano de 1995 com duração de 8 meses, em 2010 com duração de 9 meses e um longo período entre os anos de 1998 a 2001 com duração de 33 meses.

Na Tabela 25 são exibidos também os períodos chuvosos do SPI-12. Nesta escala temporal é destacado o evento de 11 meses de chuva, variando de fraca a moderada entre

os anos de 1995 a 1996 e 12 meses, entre os anos de 1996 a 1997. Foi detectado também chuva, variando de fraca a severa, entre os anos de 2003 a 2004, com duração de 12 meses e em 2011 com duração de 9 meses. Entre os anos de 2008 a 2009 observa-se 14 meses de chuva, variando de fraca a extrema.

Tabela 25 – Regime do SPI-12 em Itaperuna – RJ

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												-2.29
1983	-1.44	-1.44	-1.68	-1.67	-1.59	-1.31	-1.19	-1.41	-0.71	-0.32	0.88	1.93
1984	0.79											
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993	-0.13	0.06	0.48	0.44	0.18	0.19	0	-0.1	-0.34	-0.51	-2.26	-1.18
1994	-0.24	-0.68	0.22	0.12	0.24	0.39	0.46	0.37	0.12	0.08	0.03	-0.68
1995	-1.39	-0.45	-1.37	-1.36	-1.5	-1.68	-1.72	-1.68	-1.35	-0.87	-0.3	0.61
1996	1.06	1.03	0.78	0.64	0.71	0.72	0.7	0.69	0.87	0.61	0.49	0.88
1997	1.36	1.18	1.01	1.01	0.87	0.78	0.8	0.73	0.66	0.68	0.6	-0.1
1998	-0.87	-0.47	-0.68	-0.77	-0.37	-0.35	-0.34	-0.19	-0.44	-0.47	-0.77	-0.87
1999	-1.1	-1.39	-1.05	-1.08	-1.59	-1.38	-1.33	-1.63	-1.63	-1.96	-1.64	-1.26
2000	-1.11	-0.94	-0.62	-0.77	-0.77	-0.85	-0.84	-0.8	-0.62	-0.72	-1.5	-1.05
2001	-1.18	-1.36	-1.18	-1.19	-0.99	-0.86	-0.92					
2002												-0.52
2003	0.27	-0.46	-0.01	0.25	0.03	0.02	-0.08	0.15	-0.01	-0.07	0.52	0.79
2004	0.85	1.55	1.36	1.47	1.39	1.4	1.48	1.21	0.89	1.07	0.3	0.63
2005	-0.55	-0.44	0.09	0.01	0.25	0.45	0.56	0.47	0.82	0.49	0.92	0.6
2006	0.66	0.82	0.04	0.02	-0.1	-0.44	-0.63	-0.66	-0.87	-0.42	-0.1	-0.15
2007	0.87	0.86	0.44	0.48	0.34	0.3	0.33	0.29	0.21	0.29	-0.52	-0.31
2008	-1.14	-0.61	-0.37	0.07	0.03	0.04	0.07	0.03	0.15	-0.25	0.5	1.36
2009	1.98	1.94	2.07	1.87	1.85	1.95	1.94	1.88	2.06	2.39	2.01	1.28
2010	-0.09	-0.61	-0.9	-1.08	-1.01	-1.31	-1.2	-1.27	-1.8	-1.67	-0.44	0.49
2011	0.31	0.39	1.63	1.68	1.71	1.61	1.57	1.46	1.41	1.49	0.79	-0.17
2012	1.08	1.02	-0.28	-0.13	0.33	0.32	0.36	0.45	0.57	0.15	0.51	0.02

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

O SPI-24 (Tabela 26) apresenta com destaque o período de 32 meses de seca, variando de fraca a severa entre os anos de 1998 a 2001. Pode ainda ser observado o período de 12 meses de seca variando de fraca a severa entre os anos de 1994 a 1995.

No SPI-24 (Tabela 26) também são apresentados os períodos chuvosos, foi detectado como destaque 21 meses de chuva, variando de fraca a severa entre os anos de 2008 a 2010 e 12 meses entre os anos de 1996 a 1997. Observa-se três eventos de chuva, variando de fraca a moderada ocorrido no ano de 2004, com duração de 10 meses, 2005 com duração de 11 meses e 2012, também com duração de 11 meses.

Tabela 26 – Regime do SPI-24 em Itaperuna – RJ

ANOS/MESES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982												
1983												-0.08
1984	-0.43											
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994	-0.33	-0.63	0.31	0.21	0.11	0.24	0.16	0	-0.33	-0.47	-1.46	-1.55
1995	-1.22	-1	-1.13	-1.13	-1.06	-1.06	-1.01	-1.13	-1.06	-0.73	-0.24	-0.18
1996	-0.18	0.27	-0.62	-0.69	-0.68	-0.76	-0.81	-0.84	-0.4	-0.29	0.07	0.96
1997	1.69	1.4	1.19	1.05	0.96	0.95	0.92	0.9	1.03	0.83	0.67	0.44
1998	0.39	0.37	0.07	0.03	0.2	0.17	0.18	0.23	0.04	0.04	-0.14	-0.88
1999	-1.5	-1.51	-1.68	-1.66	-1.62	-1.47	-1.42	-1.59	-1.73	-1.94	-1.66	-1.76
2000	-1.68	-1.86	-1.63	-1.65	-1.93	-1.87	-1.81	-2.1	-1.89	-2.14	-2.17	-1.89
2001	-1.73	-1.84	-1.73	-1.73	-1.51	-1.48	-1.51					
2002												
2003												0.08
2004	0.75	0.68	0.88	1.13	0.88	0.92	0.91	0.88	0.54	0.64	0.49	0.91
2005	0.18	0.69	0.96	0.96	1.04	1.22	1.35	1.11	1.17	1.04	0.76	0.76
2006	0.04	0.11	-0.17	-0.21	-0.09	-0.17	-0.21	-0.33	-0.13	-0.08	0.5	0.19
2007	1.04	1.02	0.13	0.16	-0.03	-0.29	-0.39	-0.48	-0.65	-0.24	-0.48	-0.5
2008	-0.18	0.03	-0.19	0.19	0.07	0.06	0.1	0.03	0.12	-0.11	-0.06	0.68
2009	0.73	0.89	1.27	1.33	1.26	1.4	1.39	1.37	1.65	1.63	1.65	1.82
2010	1.39	0.89	0.91	0.57	0.59	0.55	0.59	0.52	0.43	0.78	1.08	1.18
2011	0.09	-0.33	0.5	0.41	0.47	0.25	0.27	0.12	-0.19	-0.05	0.2	0.09
2012	0.95	0.83	0.93	1.04	1.34	1.31	1.29	1.31	1.4	1.13	0.81	-0.27

*As partes em branco significa ausência de dados. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Chuva Extrema
Chuva Severa
Chuva Moderada
Chuva Fraca
Normal
Seca Fraca
Seca Moderada
Seca Severa
Seca Extrema

4.6 Análises dos períodos Chuvosos e Secos da região das Matas de Minas e do Ciclo Fenológico do Café.

A caracterização dos índices pluviométricos é de grande importância para a busca de soluções referentes à falta ou excesso das chuvas principalmente para a cafeicultura. As cidades de Viçosa, Caratinga, Caparaó e Aimorés, localizadas na Região das Matas de Minas, em Minas Gerais, e Itaperuna no Rio de Janeiro, também próximo as Matas de Minas, apresentam médias mensais pluviométricas com períodos semelhantes e bem caracterizados de maior e menor volume de chuva (Figura 16).

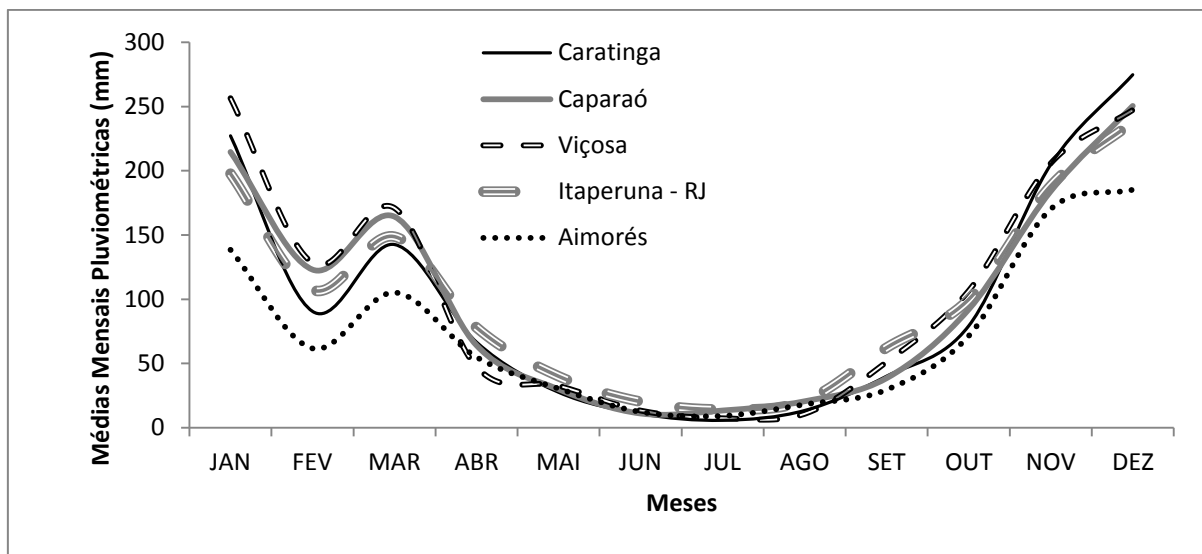


Figura 16. Médias mensais pluviométricas dos municípios de Viçosa - MG, Caratinga - MG, Caparaó MG, Aimorés - MG e Itaperuna - RJ. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Estas semelhanças pluviométricas com os períodos chuvosos e secos entre os diferentes municípios contribuem para o bom desempenho da produção cafeeira na Região das Matas de Minas, uma vez que para essa cultura é necessário à boa distribuição de chuvas ao longo dos anos (Figura 17). Camargo e Fahl (2001) citam que a ocorrência do déficit hídrico, pela falta de chuvas, pode afetar o crescimento dos cafeeiros, da mesma forma que o calor e a escassez de chuvas podem provocar a queima e queda das folhas das plantas.

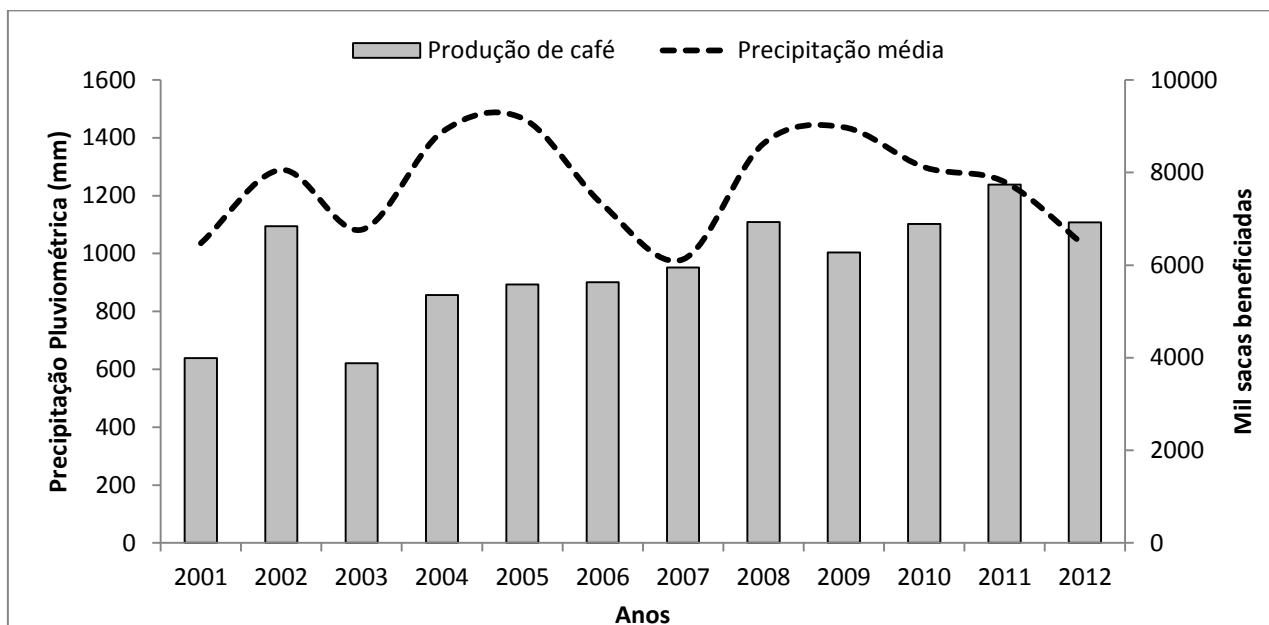


Figura 17. Precipitação média anual e Produção em mil sacas beneficiadas de café na Região das Matas de Minas. Fonte: CONAB; INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014)

Os períodos secos e chuvosos bem definidos são importantes para a cafeicultura, pois segundo Camargo et al. (2001), ao longo do ciclo fenológico do café na primeira fase, entre setembro e março, ocorre a formação de gemas, no período considerado como vegetativo (Figura 1).

Na segunda fase, marcada pela indução, crescimento e dormência das gemas florais, que ocorre de abril a agosto; verifica-se nos dois meses finais, julho a agosto, que as gemas entram em dormência e produzem um par de folhas pequenas, que separam o primeiro ano fenológico do segundo (Figura 1).

Na terceira fase, que ocorre no segundo ano fenológico, tem início o período da florada e expansão dos frutos (Figura 1), considerado como período reprodutivo. É neste período que é comum ocorrer na região das Matas de Minas o choque hídrico, ocasionado principalmente pelo início da estação chuvosa, ou por irrigação, quando trata-se de cultivo irrigado. Após as primeiras chuvas, que marcam o início da estação chuvosa, as gemas maduras intumescem, transformam-se em botões florais e florescem aproximadamente após o período de duas semanas, seguindo-se a partir de então as fases de frutos chumbinhos e expansão rápida. A ocorrência de estresse hídrico nessa fase pode prejudicar o crescimento dos frutos resultando na diminuição da produção.

Na quarta fase, ocorre a granação dos frutos, ou seja, tem início a formação de grãos (Figura 1). Também se ocorrer estresse hídrico nessa fase a granação pode ser prejudicada, produzindo como consequência frutos mal granados. Na quinta fase, de abril a junho, ocorre a maturação dos frutos. Essa fase depende, principalmente, da condição de precocidade da cultivar e do acúmulo de energia solar realizado pela planta. Na sexta fase, no período de julho-agosto, ocorre a senescência, momento no qual a planta apresenta sinais de envelhecimento, ou final de um ciclo reprodutivo.

Considerando a importância para a cafeicultura de serem bem caracterizados os períodos secos e chuvosos ao longo do ano, foram realizadas análises do SPI para a região das Matas de Minas com base na série de 30 anos de dados para as cidades de Viçosa, Caratinga, Aimorés, Caparaó, em Minas Gerais e Itaperuna no estado do Rio de Janeiro. Os dados climáticos coletados nas estações meteorológicas destas cidades, pelas suas localizações (Figura2), são representativos para a região de interesse, Matas de Minas. Deste modo foram analisados os SPI's 3, 6, 12 e 24 meses para todas as cidades.

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 27 e 28 pode ser observado que o SPI-3 dos períodos secos e chuvosos para todas as cidades foi o que apresentou maior número de ocorrência de eventos. A exceção ocorreu para a cidade de Caparaó no período chuvoso, sendo que para essa localidade quem apresentou o maior número de ocorrências

de eventos chuvosos foi o SPI-6, com 161 ocorrências de eventos chuvosos, ficando o SPI-3 em segundo lugar com 157 ocorrências. Deste modo, o SPI-3 apresenta-se como o índice com o período de tempo mais apropriado para a análise da identificação da ocorrência de eventos secos e chuvosos na região das Matas de Minas.

Tabela 27. Análise dos SPI's de períodos Secos

		Números de eventos de Secas				
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
Viçosa - MG	SPI - 3	98	37	26	12	9
	SPI - 6	95	46	26	9	6
	SPI - 12	86	47	24	6	3
	SPI - 24	37	44	22	5	0
Caratinga - MG	SPI - 3	104	37	28	14	9
	SPI - 6	103	35	28	14	6
	SPI - 12	93	34	23	8	9
	SPI - 24	75	21	13	12	1
Aimorés - MG	SPI - 3	142	42	27	25	8
	SPI - 6	126	53	21	16	14
	SPI - 12	115	57	27	12	12
	SPI - 24	91	50	43	14	2
Caparaó - MG	SPI - 3	82	34	15	10	8
	SPI - 6	94	18	8	11	10
	SPI - 12	88	10	6	8	12
	SPI - 24	77	11	2	1	12
Itaperuna - RJ	SPI - 3	94	45	26	11	5
	SPI - 6	96	34	30	12	4
	SPI - 12	87	31	29	15	2
	SPI - 24	76	11	10	26	3

Com base na Tabela 29 pode ser observado que o Índice Padronizado de Precipitação com maior intensidade, calculado para o período de seca, na cidade de Viçosa, foi detectado pelo SPI – 24, com duração de 21 meses de seca, variando de fraca a severa, nos anos de 2007 a 2008. Em Caratinga o período de seca mais intenso ocorreu de 1999 a 2000 onde houve 20 meses de seca, variando de fraca a extrema, detectado pelo SPI – 24. Aimorés apresentou a maior intensidade em 2008 a 2009, nestes anos houve 19 meses de seca, variando de fraca a extrema, detectado pelo SPI – 24. A maior intensidade em Caparaó foi observada nos anos de 1983 a 1984, pelo SPI – 12, que apresentou 24 meses de seca, variando de moderada a extrema. Em Itaperuna o SPI – 24 detectou 32 meses de seca, variando de fraca a extrema, entre os anos de 1998 a 2001 como a maior intensidade.

Tabela 28. Análise dos SPI's de períodos chuvosos

		Números de eventos de Chuvas				
		Normal	Fraca	Moderada	Severa	Extrema
Viçosa - MG	SPI - 3	98	48	21	14	5
	SPI - 6	95	30	29	7	6
	SPI - 12	86	25	16	12	0
	SPI - 24	37	20	25	14	0
Caratinga - MG	SPI - 3	104	46	30	11	5
	SPI - 6	103	47	25	9	7
	SPI - 12	93	34	23	8	8
	SPI - 24	75	13	17	19	0
Aimorés - MG	SPI - 3	142	45	39	25	5
	SPI - 6	126	64	35	16	3
	SPI - 12	115	52	44	14	0
	SPI - 24	91	50	38	19	3
Caparaó-MG	SPI - 3	82	41	23	10	1
	SPI - 6	94	37	19	9	2
	SPI - 12	88	37	22	2	0
	SPI - 24	77	40	6	0	0
Itaperuna-RJ	SPI - 3	94	32	38	6	7
	SPI - 6	96	34	24	17	4
	SPI - 12	87	35	20	14	4
	SPI - 24	76	39	29	5	0

Tabela 29. Índices Padronizados de Precipitação mais intensos, dos períodos de Seca

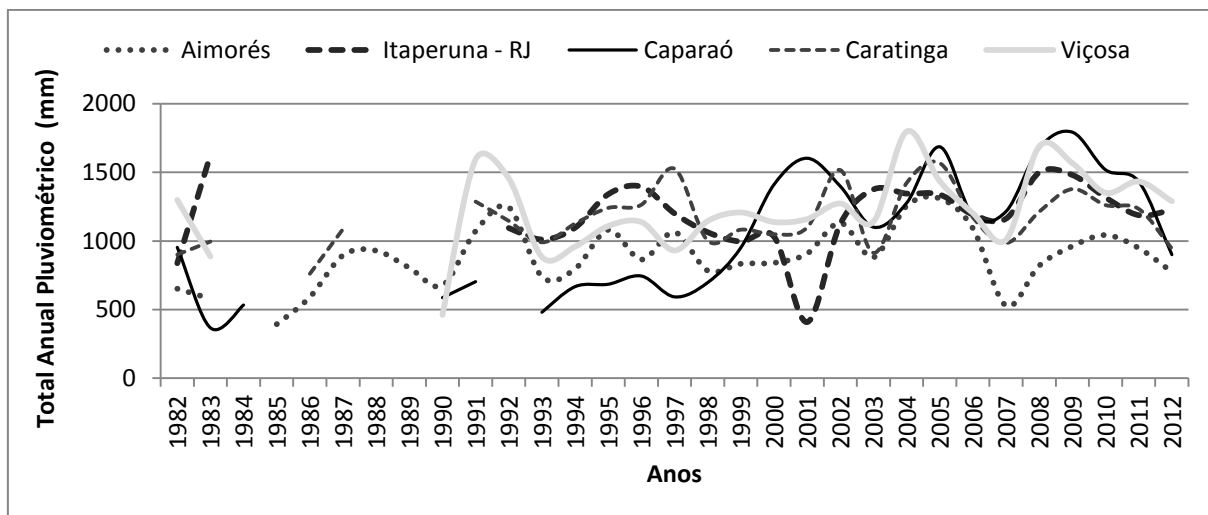
		Anos		Duração (meses)	Categoria de seca
		Inicial	Final		
Viçosa - MG	SPI - 3	2007	2008	11	Fraca a Extrema
	SPI - 6	2007	2008	10	Fraca a Extrema
	SPI - 12	2007	2008	13	Fraca a Extrema
	SPI - 24	2007	2008	21	Fraca a Severa
Caratinga – MG	SPI - 3	1983	1983	6	Fraca a Severa
	SPI - 6	1982	1983	12	Fraca a Extrema
	SPI - 12	1982	1983	13	Fraca a Extrema
	SPI - 24	1999	2000	20	Fraca a Extrema
Aimorés - MG	SPI - 3	1982	1983	11	Fraca a Extrema
	SPI - 6	1982	1983	13	Fraca a Extrema
	SPI - 12	1982	1983	13	Moderada a Extrema
	SPI - 24	2008	2009	19	Fraca a Extrema
Caparaó - MG	SPI - 3	1983	1984	8	Moderada a Extrema
	SPI - 6	1983	1984	14	Moderada a Extrema
	SPI - 12	1983	1984	24	Moderada a Extrema
	SPI - 24	1983	1984	13	Moderada a Extrema
Itaperuna - RJ	SPI - 3	2009	2010	10	Fraca a Severa
	SPI - 6	1999	1999	10	Fraca a Moderada
	SPI - 12	1998	2001	33	Fraca a Severa
	SPI - 24	1998	2001	32	Fraca a Extrema

Considerando os SPI's mais intensos (Tabela 30), detectados para os períodos de chuva, Viçosa apresentou 23 meses de chuva, variando de fraca a severa, entre os anos de 2009 a 2011, detectado pelo SPI -24. Em Caratinga foi observado 23 meses de chuva, variando de fraca a severa, entre os anos de 1997 a 1998, esse período foi detectado pelo SPI – 24. A maior intensidade em Aimorés foi detectada pelo SPI – 24, nos anos de 2003 a 2007, quando foi observado 42 meses de chuva, variando de fraca a extrema. Em Caparaó, foi detectada a maior intensidade entre os anos de 2009 a 2010, neste período o SPI- 24 apresentou 23 meses de chuva, variando de fraca a moderada. Itaperuna apresentou 21 meses de chuva, variando de fraca a severa, detectado pelo SPI – 24 entre os anos de 2008 a 2010.

Tabela 30. Índices Padronizados de Precipitação mais intensos, dos períodos de Chuva

		Anos		Duração (meses)	Categoria de chuva
		Inicial	Final		
Viçosa- MG	SPI - 3	2008	2009	11	Fraca a Extrema
	SPI - 6	2008	2009	11	Fraca a Extrema
	SPI - 12	2011	2012	21	Fraca a Moderada
	SPI - 24	2009	2011	23	Fraca a Severa
Caratinga - MG	SPI - 3	1996	1997	10	Fraca a Extrema
	SPI - 6	1996	1997	10	Fraca a Extrema
	SPI - 12	1996	1997	13	Fraca a Extrema
	SPI - 24	1997	1998	23	Fraca a Severa
Aimorés- MG	SPI - 3	1996	1997	9	Fraca a Severa
	SPI - 6	1996	1997	12	Fraca a Severa
	SPI - 12	2004	2006	25	Fraca a Severa
	SPI - 24	2003	2007	42	Fraca a Extrema
Caparaó - MG	SPI - 3	2008	2009	13	Fraca a Extrema
	SPI - 6	2008	2009	14	Fraca a Extrema
	SPI - 12	2008	2009	14	Fraca a Severa
	SPI - 24	2009	2010	23	Fraca a Moderada
Itaperuna -RJ	SPI - 3	2005	2005	7	Fraca a Extrema
	SPI - 6	2008	2009	11	Fraca a Extrema
	SPI - 12	2008	2009	14	Fraca a Extrema
	SPI - 24	2008	2010	21	Fraca a Severa

Analisando as séries de 30 anos de dados dos totais anuais pluviométricos coletados nas estações meteorológicas das cidades de Viçosa, Caratinga, Aimorés, Caparaó, em Minas Gerais e Itaperuna, no estado do Rio de Janeiro (Figuras18) os quais representam a Região das Matas de Minas, o ano de 1993 foi considerado o menos chuvoso, apresentando precipitação média de 821.4 mm, enquanto o ano de 2005 foi considerado o mais chuvoso, com precipitação média de 1467.64 mm.



*Entre os anos de 1984 a 1990 há ausência de dados em Viçosa – MG.

*Entre os anos de 1984, 1985, 1988, 1989, 1990 há ausência de dados em Caratinga – MG.

*No ano de 1984 há ausência de dados em Aimorés – MG.

*Entre os anos de 1985, 1986, 1987, 1988, 1989 e 1992 há ausência de dados em Caparaó.

*Entre os anos de 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 e 1991 há ausência de dados em Itaperuna – RJ.

Figura 18 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ, entre os anos de 1982 a 2012. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

De acordo com a precipitação pluviométrica máxima e mínima ocorrida na região das Matas de Minas, parece haver maior associação entre os anos chuvosos com a ocorrência de eventos El Niño (Figura 19), assim como entre os anos menos chuvosos com a ocorrência dos eventos La Niña (Figura 20).

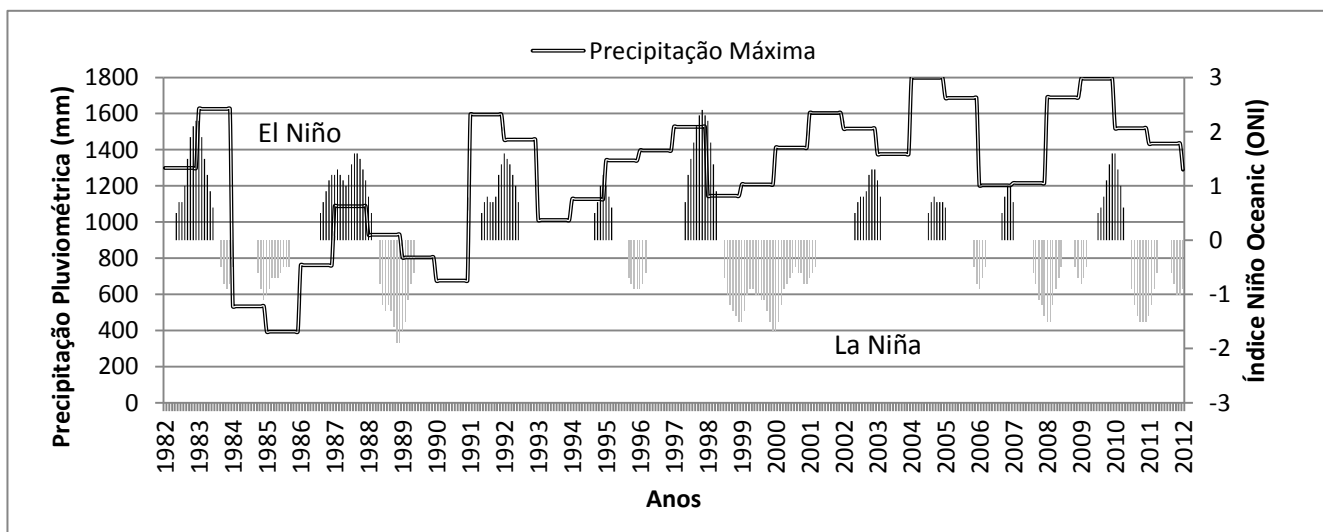


Figura 19 – Precipitação Máxima Pluviométrica na Região das Matas de Minas - Anômalias TSM Observadas na Região 3.4 El Niño / La Niña. Fonte de dados: www.cpc.ncep.noaa.gov; INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

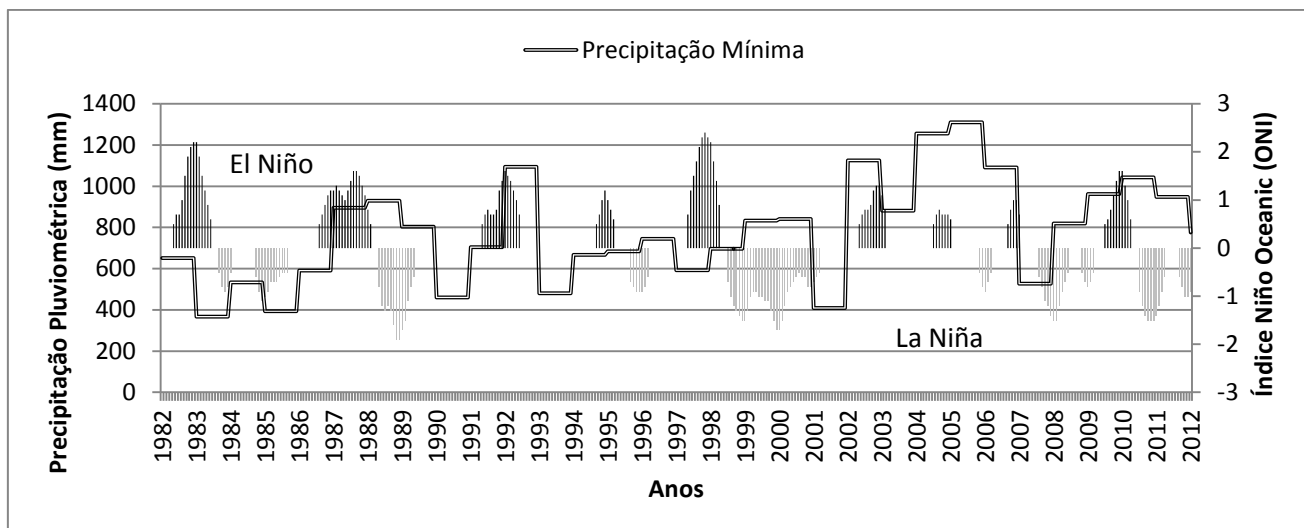


Figura 20 – Precipitação Mínima Pluviométrica na Região das Matas de Minas - Anômalias TSM Observadas na Região 3.4 El Niño / La Niña. Fonte de dados: www.cpc.ncep.noaa.gov, INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Entretanto, a título de exemplificação, observa-se que no ano de 1998 em que ocorreu o fenômeno El Niño (Figura 7) o total Pluviométrico em Viçosa foi de 1.145,3 mm, em Caratinga foi de 1.002,9 mm, em Itaperuna-RJ foi de 1.063,9 mm, em Aimorés foi de 783,8 mm e em Caparaó o total foi de 697,1mm (Figura 21), sendo os dois últimos inferior aos dos anteriores. No ano de 1983, em que houve transição do fenômeno El Niño para o La Niña (Figura 7), o total Pluviométrico em Itaperuna – RJ foi de 1626,1 mm, em Caratinga o total foi de 996 mm, em Viçosa foi de 887,3 mm, em Aimorés foi de 578,6 mm e em Caparaó foi de 367,1mm (Figura 22). Comportamento semelhante a esses aqui descritos, em que há discrepância entre os totais pluviométricos, também ocorreram em outros anos revelando que não é possível considerar que as ocorrências desses fenômenos sejam determinantes para as caracterizações de períodos chuvosos ou secos.

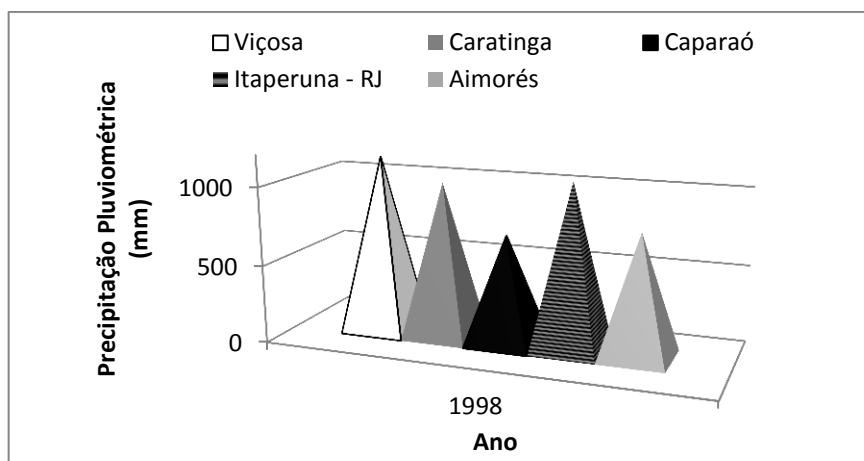


Figura 21 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ em 1998. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

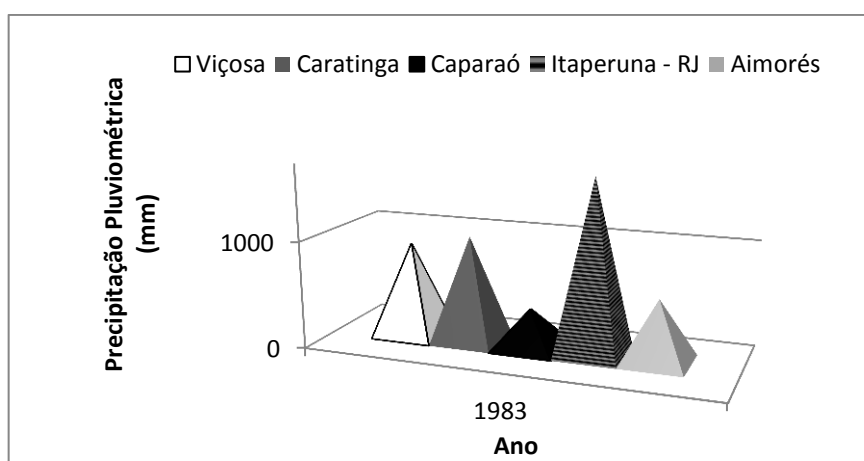


Figura 22 - Total anual Pluviométrico em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna – RJ em 1983. Fonte: INMET. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

4.6.1 A cafeicultura na região das Matas de Minas

Analisando a cafeicultura das Matas de Minas, ao longo dos anos de 2001 a 2012 (Figura 23), é possível observar o aumento da produção de café, o qual pode estar associado ao aumento de áreas de produção bem como a maior adoção da aplicação de tecnologias de produção. Essa tecnologia produtiva vem contribuindo para a diminuição da diferença de rendimento entre safras de ciclo baixo(B) e alto (A) (bienalidade), na produção do café da Região, assim como em todo o Estado.

As Matas de Minas apresentaram de 2001 a 2012, média de 30% na contribuição da produção total do café em Minas Gerais (CONAB, 2014). Hoje, a cafeicultura da região conta com o cultivo de duas principais espécies de café, Arábia e Conilon. Entre os anos de 2001 a 2008, o café Conilon apresentou em média 0.64% na participação da produção total

do café na região, a partir de 2009 este percentual saltou para 4%, contribuindo para a diminuição da participação do Arábica na produção total, representado na Figura 23 pela linha tracejada.

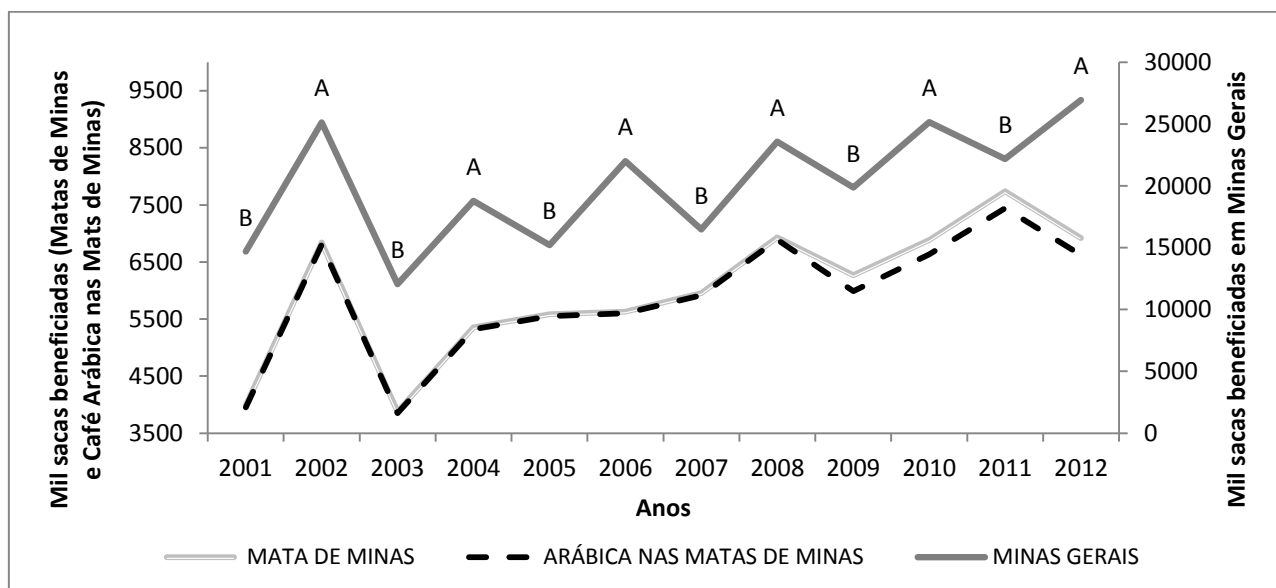


Figura 23. Produção total (em mil sacas beneficiadas) de Café no Estado de Minas Gerais, na região das Matas de Minas e a produção de Café Arábica nas Matas de Minas. Fonte: CONAB, 2014. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Considerando que os períodos secos e chuvosos, podem influenciar na produção final do café e que segundo Ayoade (1996), as épocas do início, duração e término das estações chuvosas controlam as atividades agrícolas. É apresentada na (Figura 24), os Índices Padronizados de Precipitação acumulados em 3 meses, SPI - 3, dos anos de 2000 a 2012, nas cidades de Viçosa, Caratinga, Aimorés, Caparaó, em Minas Gerais e Itaperuna no estado do Rio de Janeiro - representantes da Região das Matas de Minas.

Avaliando o aspecto produtivo, é possível observar a partir dos SPI's - 3 (Figura 24), que entre os anos de 2000 a 2001, no período crítico das chuvas para a produção cafeeira, (que na região das Matas de Minas ocorre entre novembro a março) foram registrados baixos volumes pluviométricos, sobretudo nas cidades de Viçosa, Caratinga, Aimorés e Itaperuna, em que houve evento de seca, variando de normal a moderada; sendo que nesse período, em Caparaó, o SPI-3 detectou apenas condição normal. Destaca-se que no período considerado crítico para o café, ocorre à formação das gemas vegetativas, a florada e a granação dos frutos. O período seco quando ocorre nesta época pode provocar chochamento dos grãos, comprometendo a produção da próxima safra (Figura 1). Assim, a pouca ocorrência de chuvas pode ter contribuído a baixa produção no ano de 2001(Figura 23).

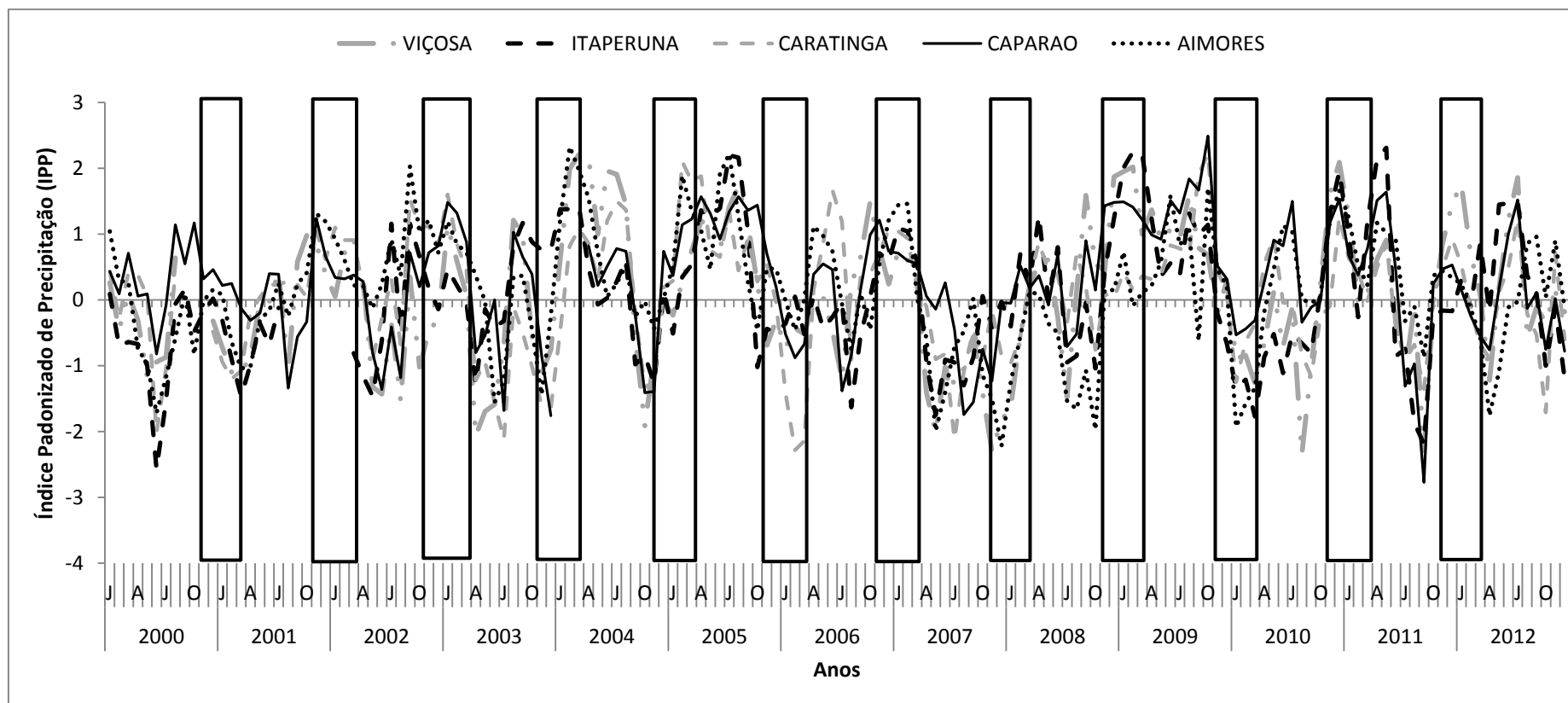


Figura 24. SPI - 3 em Viçosa-MG, Caratinga - MG, Caparaó - MG, Aimorés - MG e Itaperuna - RJ, entre os anos de 2000 a 2012. Elaboração: Júlio, W.S. (2014).

Ainda com base na Figura 24, observa-se que a boa distribuição de chuvas no período crítico entre os anos de 2001 a 2002 pode ter contribuído para a boa safra em 2002, ano considerado de alta produção, quando comparado ao ano anterior (Figura 23). Neste período, com exceção de Itaperuna que apresentou ausências de dados, em todas as outras cidades o SPI-3 revela a ocorrência de evento moderado de chuvas regulares na região.

No período crítico entre os anos de 2002 a 2003 o SPI-3 também revela a ocorrência de bom período chuvoso na região, apesar da maior irregularidade da chuva nas diferentes cidades. A condição hídrica que se apresentou de modo favorável a safra 2003, considerado ano de baixa produtividade, assegurou que a produção nas Matas de Minas acompanhasse a variação da produção que ocorreu neste ano no estado de Minas Gerais.

Entre os anos de 2003 a 2004 no período hídrico mais crítico para o café, o SPI-3 identificou a transição entre um período seco e outro chuvoso, sendo que ao final desse período o evento chuvoso foi mais prolongado, o que pode ter favorecido a boa safra em 2004, ano de alta produção (Figura 23).

O período crítico para o café entre os anos de 2004 a 2005 apresentou comportamento semelhante ao do ano anterior no mesmo período. Considerando o aspecto bienalidade, o ano de 2005 foi considerado como ano de baixa produção, todavia, com base no SPI-3 calculado, no período crítico para o café ocorreu boa distribuição da precipitação também com o prolongamento do período chuvoso, ou seja, tal comportamento pode ter contribuído para que a safra 2005 nas Matas de Minas fossem superiores inclusive a safra de 2004, que foi considerado como ano de alta produção, (Figura 23).

Entre os anos de 2005 a 2006, no período crítico para o café, segundo os resultados do SPI-3 ocorreu má distribuição de chuvas na região, com o aumento do evento seco ao longo do período, o que pode ter contribuído para que a produção da safra 2006 não tenha acompanhado a variação da produção de Minas Gerais, sendo considerada baixa a produção das Matas de Minas naquele ano, o qual era considerado como ano de alta produção para o Estado (Figura 23).

O SPI-3 calculado para o período considerado crítico para o café entre 2006 a 2007 indica que o período foi chuvoso com boa distribuição de chuvas estáveis, o que pode ter contribuído para a redução dos efeitos da bienalidade da safra 2007 nas Matas de Minas, ano considerado de baixa produção no Estado, sendo que a safra de 2007 foi inclusive superior à safra do ano anterior, que fora considerado como ano de alta produção (Figura 23).

Entre 2007 a 2008 o SPI-3 indica que o período crítico para o café apresentou-se inicialmente seco, porém com aumento da precipitação ao longo do período crítico em todas

as cidades consideradas no presente estudo, aumento esse que seguiu-se nos meses posteriores, assegurando o aumento da produção nas Matas de Minas associado aos efeitos da bienalidade na safra 2008, ano considerado de alta produção.

O período crítico para o café entre os anos 2008 a 2009 apesar de chuvoso apresentou-se com distribuição irregulares de chuvas na região, o que pode ter contribuído para assegurar que a produção nas Matas de Minas acompanhasse a variação da produção estadual ocasionada pela bienalidade da safra 2009, ano considerado de baixa produção (Figura 23).

Entre os anos de 2009 a 2010, o período crítico para o café apresentou má distribuição de chuvas, o período considerado seco apresentou-se inicialmente intensificando as condições de seca, porém com aumento da precipitação a partir do início do ano de 2010 prolongando-se esse aumento nos meses seguintes, o que pode ter contribuído para assegurar que a safra 2010 nas Matas de Minas tenha acompanhado a variação produtiva de Minas Gerais, ano considerado de alta produção no Estado (Figura 23).

Como o período crítico entre 2010 a 2011, considerado chuvoso, apresentou boa distribuição de chuvas a qual prolongou-se nos meses posteriores, tal fato pode ter contribuído para a boa produção da safra de 2011 nas Matas de Minas a qual não acompanhou os efeitos da bienalidade da produção em Minas Gerais naquele ano, o qual fora classificado como ano de baixa produção no Estado (Figura 23).

Entre os anos de 2011 a 2012, o SPI-3 indica que o período crítico se apresentou chuvoso no início, mas com redução consecutiva na distribuição das chuvas posteriormente, redução essa que prolongou-se nos meses subsequentes. Tal fato pode ter contribuído para a queda na safra 2012 nas Matas de Minas, ano considerado como de alta produção na Estado (Figura 23).

Todos os Índices Padronizados de Precipitação considerados: 3, 6, 12, 24 meses detectaram várias categorias de secas e chuvas ao longo dos 30 anos estudados, isto demonstra a grande importância dos estudos sobre os diferentes regimes de precipitação nas diferentes regiões e em diferentes escalas temporais. Contudo, para a análise específica da produção de café, é recomendado que se trabalhe com o SPI-3, uma vez que com base nos resultados aqui apresentados o período trimestral apresentou bom ajuste ao ciclo fenológico do café. Assim, o cálculo do SPI-3 para o monitoramento das secas e chuvas apresenta grande utilidade podendo, inclusive, ser testado como uma ferramenta útil para a estimativa da produção de safra na Região das Matas de Minas.

5. CONCLUSÕES

Os Índices Padronizados de Precipitação considerados, a saber: 3, 6, 12 e 24 meses detectaram diferentes categorias de períodos secos e chuvosos ao longo dos 30 anos estudados, revelando a importância da escolha correta da escala temporal para análise de períodos secos e chuvosos em função do objetivo da pesquisa de interesse. Para a região das Matas de Minas os diferentes SPI's analisados revelaram a ocorrência de diferentes períodos de eventos chuvosos de secos que quando associados aos períodos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña revelaram que não é recomendado associar o acontecimento desses fenômenos de grande escala aos eventos chuvosos ou secos que ocorrem na região.

Dentre as diferentes escalas temporais representadas pelos SPI's analisados, o SPI-3 foi o que apresentou maior número de ocorrências de eventos secos e chuvosos de intensidade normal, fraco, moderado, severo e extremo para todas as localidades analisadas. Com base nos resultados das análises do SPI-3, para a classificação da ocorrência de períodos secos e chuvosos, observou-se boa relação entre o comportamento dos índices para as diferentes localidades e a produção alcançada na safra anual da região.

O uso do SPI para as Matas de Minas apresentou-se com um bom índice para caracterização dos períodos secos e chuvosos na região de cafeicultura de montanha, sendo que a ocorrência desses eventos climáticos ao longo do ciclo fenológico do café nos períodos mais crítico de demanda de água apresentou estreita relação com a produção da cafeicultura de montanha da região.

Desse modo, o cálculo do SPI-3 para o monitoramento dos períodos secos e chuvosos apresenta-se como uma ferramenta de grande utilidade para orientação de práticas que visem assegurar o sucesso da safra de café na região das Matas de Minas.

6. BIBLIOGRAFIA:

ABRAMOWITZ, Mo.;I. A. Stegun. Handbook of Mathematical Function with Formulas, Graphs and Mathematical Tables. Dover Publications, Inc., **New York, New York**, 1046pp,1965.

Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2014 primeiro Levantamento Janeiro/2014/**Companhia Nacional de Abastecimento** – v. 1, n. 1 (2013) – Brasília: Conab, 2013-v.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V. de.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de Estatística à Climatologia: Teoria e Prática**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel,1996.

AYOADE. J.O. **Introdução a Climatologia Para os Trópicos** - 4ªEd – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BRITO, A. Hidrelétrica tem pior setembro desde 2001. **Folha de São Paulo**. São Paulo, quinta-feira, 07 de outubro de 2010.

CAMARGO, A.P. de.; CAMARGO, M.B.P. de.; PALLONE FILHO, W.J. Modelo climático-fenológico para determinação das necessidades de irrigação de café arábica na região Norte de São Paulo e no Triângulo Mineiro. Campinas, Instituto Agrônomo. 26p. (**Boletim Técnico**, 190), 2001.

CAMARGO, M.B.P. de.; FAHL, J.I. Seca afeta produção de café deste ano e pode comprometer safra futura. **Folha Rural da Cooxupé**, (278): 1011,2001.

Centro de Previsão de Estudos Climáticos. El Niño e La Niña. Acesso em 25/06/2014. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Agricultura e Abastecimento em boa companhia. Brasília, 2014. Acesso em 29/04/2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/index.php>

EDWARDS, D. C.; T. B. McKEE. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. **Climatology Report 97-2**, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado,1997.

FERNANDES,D.S.;HEINEMANN,A.B.;PAZ, R.L.da.;AMORIM,A.de O.;CARDOSO,A.S. Índices para a Quantificação da Seca. Santo Antônio de Goiás, GO: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2009.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. de S.; SOUSA, F. de A. S. Monitoramento e Intensidade das Secas e Chuvas na Cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 7-Vol. 8-JAN/JUN/2011.

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration of time scales. **Eighth Conference on Applied Climatology**, American Meteorological Society, Jan 17-22, Anaheim CA, p.179-186, 1993.

National Drought Mitigation Center. **Climate Division Standardized Precipitation Index (SPI)**. Disponível em http://drought.unl.edu/MonitoringTools/ClimateDivision_SPI.aspx. Acesso em 29/04/2014.

Organização Meteorológica Mundial: **Índice Padronizado Precipitação - Guia do Usuário** (M. Svoboda, M. Hayes e D. Wood). (WMO-No. 1090), Genebra, 2012.

REBOITA, M. S. **Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia. Parte II – Distribuições de Probabilidades**. Universidade de São Paulo- São Paulo, 2005.

THOM, H. C. S. **Some Methods of Climatological Analysis – Technical Note** nº 81, WMO nº 199 TP 103, 1966.

VILELA, P. dos S.; RUFINO, J. L. dos S. **Caracterização da cafeicultura de Montanha de Minas Gerais- Belo Horizonte**: INAES, 2010.

Anexos

ANEXO 1

FREQUÊNCIA (Função FREQUÊNCIA)

Este artigo descreve a sintaxe da fórmula e o uso da **função** FREQUÊNCIA no Microsoft Excel 2010.

Descrição

Calcula a frequência com que os valores ocorrem em um intervalo de valores e, em seguida, retorna uma matriz vertical de números. Por exemplo, use FREQUÊNCIA para contar o número de resultados de teste. Pelo fato de FREQUÊNCIA retornar uma matriz, deve ser inserida como uma fórmula matricial.

Sintaxe

`FREQUÊNCIA (matriz_dados, matriz_bin)`

Comentários

FREQUÊNCIA é inserida como uma fórmula matricial depois de selecionado um intervalo de células adjacentes no qual você deseja que a distribuição fornecida apareça.

O número de elementos da matriz retornada é um a mais do que o número de elementos de matriz_bin. O elemento adicional da matriz retornada apresenta a contagem dos valores que estiverem acima do intervalo mais alto. Por exemplo, ao contar três intervalos de valores inseridos em três células, certifique-se de inserir a FREQUÊNCIA em quatro células para os resultados. A célula adicional retornará o número de valores de matriz_dados que forem maiores do que o valor do terceiro intervalo.

FREQUÊNCIA

Ignora células em branco e texto.

As fórmulas que fornecem matrizes devem ser inseridas como fórmulas matriciais.

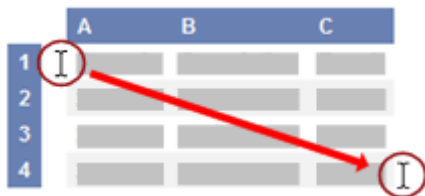
Exemplo

Talvez seja mais fácil entender o exemplo se você copiá-lo em uma planilha em branco.

 Como copiar um exemplo?

1 - Selecione o exemplo neste artigo.

IMPORTANTE Não selecione os cabeçalhos da linha ou da coluna.



Selecione um exemplo na Ajuda

1. Pressione CTRL+C.
2. No Excel, crie uma pasta de trabalho ou planilha em branco.
3. Na planilha, selecione a célula A1 e pressione CTRL+V.

IMPORTANTE Para que o exemplo funcione corretamente, cole-o na célula A1 da planilha.

1. Para alternar entre exibir os resultados e exibir as fórmulas que retornam os resultados, pressione CTRL+` (acento grave) ou, na guia **Fórmulas**, no grupo **Auditoria de Fórmulas**, clique no botão **Mostrar Fórmulas**.

	A	B
1		
2	Resultados	Intervalos
3	79	70
4	85	79
5	78	89
6	85	
7	50	
8	81	
9	95	
10	88	
11	97	
	Fórmula	Descrição (resultado)
12	=FREQUÊNCIA (A2:A10, B2:B4)	O número de resultados menores ou iguais a 70 (1)
13		O número de resultados no intervalo 71-79 (2)
14		O número de resultados no intervalo 80-89 (4)
15		O número de resultados maiores ou iguais a 90 (2)

OBSERVAÇÃO À fórmula no exemplo precisa ser inserida como uma fórmula de matriz. Após copiar o exemplo em uma planilha em branco, selecione o intervalo A12: A15. Pressione F2 e, em seguida, pressione CTRL+SHIFT+ENTER. Se não for inserida como uma fórmula de matriz, haverá somente um resultado na célula A12 (1).

ANEXO 2

DIST.GAMA (Função DIST.GAMA)

Retorna a distribuição gama. Você pode usar esta função para estudar variáveis que possam apresentar uma distribuição enviesada. A distribuição gama é comumente utilizada em análise de filas.

Sintaxe

```
DIST.GAMA(x, alfa, beta, cumulativo)
```

A sintaxe da função DIST.GAMA tem os seguintes argumentos:

- ↓ **X** Obrigatório. O valor no qual se deseja avaliar a distribuição.
- ↓ **Alfa** Obrigatório. Um parâmetro da distribuição.
- ↓ **Beta** Obrigatório. Um parâmetro da distribuição. Se beta = 1, DIST.GAMA retorna a distribuição gama padrão.
- ↓ **Cumulativo** Obrigatório. Um valor lógico que determina a forma da função. Se cumulativo for VERDADEIRO, DIST.GAMA retornará a função de distribuição cumulativa; se for FALSO, retornará a função de densidade de probabilidade.

Comentários

- ↓ Se x, alfa ou beta não forem numéricos, DIST.GAMA retornará o valor de erro #VALOR!.
- ↓ Se x < 0, DIST.GAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- ↓ Se alfa = 0 ou se beta = 0, DIST.GAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- ↓ A equação para a função de densidade de probabilidade gama é:

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

A função padrão de densidade de probabilidade gama é:

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

↓ Quando $\alpha = 1$, DIST. GAMA retornará a distribuição exponencial com:

$$\lambda = \frac{1}{\lambda}$$

↓ Para um inteiro positivo n , quando $\alpha = n/2$, $\beta = 2$ e $\text{cumulativo} = \text{VERDADEIRO}$, DIST.GAMA retornará $(1 - \text{CHISQ.DIST.RT}(x))$ com n graus de liberdade.

↓ Quando α for um positivo inteiro, DIST.GAMA também será chamada de distribuição Erlang.

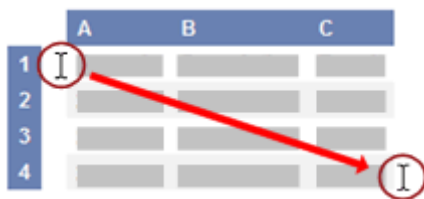
Exemplo

Talvez seja mais fácil entender o exemplo se você copiá-lo em uma planilha em branco.

 Como copiar um exemplo?

1. Selecione o exemplo neste artigo.

IMPORTANTE Não selecione os cabeçalhos da linha ou da coluna.



Selecionando um exemplo na Ajuda

2. Pressione CTRL+C.

3. No Excel, crie uma pasta de trabalho ou planilha em branco.

4. Na planilha, selecione a célula A1 e pressione CTRL+V.

IMPORTANTE Para que o exemplo funcione corretamente, cole-o na célula A1 da planilha.

5. Para alternar entre exibir os resultados e exibir as fórmulas que retornam os resultados, pressione CTRL+` (acento grave) ou, na guia **Fórmulas**, no grupo **Auditoria de Fórmulas**, clique no botão **Mostrar Fórmulas**.

6.

1	A	B
	Dados	Descrição
2	10,00001131	O valor em que você deseja avaliar a distribuição
3	9	O parâmetro alfa para a distribuição
4	2	O parâmetro beta para a distribuição
5	Fórmula	Descrição (resultado)
6	=DIST.GAMA(A2;A3;A4;FALSO)	A probabilidade da distribuição gama com os termos acima (0,03263913)
7	=DIST.GAMA(A2;A3;A4;VERDADEIRO)	A distribuição cumulativa gama com os termos acima (0,068094)