



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA
DA OLIVEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS,
BASEADO NO BALANÇO HÍDRICO
CLIMATOLÓGICO E PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Diego Felipe dos Santos

**Itajubá, MG, Brasil
2014**

**ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DA
OLIVEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BASEADO
NO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E
PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

por

Diego Felipe dos Santos

Monografia apresentada à comissão examinadora Programa de
Graduação em Ciências Atmosféricas da Universidade Federal
Itajubá (UNIFEI, MG), como requisito parcial para obtenção do grau
de
Bacharel em Ciências Atmosféricas.

Orientadora: Fabrina Bolzan Martins
Coorientador: Roger Rodrigues Torres

Itajubá, MG, Brasil
2014

**Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia

**ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DA OLIVEIRA
NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BASEADO NO BALANÇO
HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**


elaborada por

Diego Felipe dos Santos


Como requisito parcial para a obtenção do grau de

Bacharel em Ciências Atmosféricas

Comissão Examinadora:



Fabrina Bolzan Martins, Dr^a. (UNIFEI)
(Presidente/Orientador)



Roger Rodrigues Torres, Dr. (UNIFEI)



Vanessa Silveira Barreto Carvalho, Dr^a. (UNIFEI)

Itajubá, 18 de novembro de 2014 .

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, por tudo que sou e conquistei.

Agradeço também aos meus pais; Maria e Silvio, pelo amor mais verdadeiro, pela atenção e pela grande amizade.

Aos meus familiares pelas orações e pelo incentivo.

Aos meus amigos de curso; Amanda, Bruno, Carolina, Cleverson, Débora, Heloísa, Igor, Josielli, Rebeca, Rodolfo e Tânia pelos momentos de descontração e aprendizagem, pelos obstáculos vencidos juntos, pela força e pelo companheirismo.

A professora Dra. Frabrina Bolzan Martins pela orientação, paciência, respeito e sugestões durante todo esse período de trabalho.

A professora Dra. Vanessa Silveira Barreto Carvalho pelo exemplo e apoio durante a minha formação.

Ao professor Dr. Roger Rodrigues Torres pela coorientação, pela atenção, pelas recomendações e pelo tempo dedicado a realização deste trabalho.

A Universidade Federal de Itajubá por me oferecer essa oportunidade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, minha gratidão.

RESUMO

Monografia de Graduação
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

ZONEAMENTO CLIMÁTICO PARA A CULTURA DA OLIVEIRA NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BASEADO NO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AUTOR: DIEGO FELIPE DOS SANTOS
ORIENTADORA: FABRINA BOLZAN MARTINS
Local e Data da Defesa: Itajubá, 18 de novembro de 2014.

Este trabalho final de graduação apresenta o zoneamento climático da a cultura da oliveira no estado de Minas Gerais, para o clima atual e futuro. A oliveira tem-se motrado uma alternativa de renda para alguns agricultores mineiros, especialmente os do sul do estado. Porém, não se tem informação sobre as necessidades e as exigências climáticas dessa cultura, assim como as áreas com maior aptidão ao seu plantio. Nesse sentido, o zoneamento de aptidão climática é fundamental para a implantação, estabelecimento e planejamento de qualquer atividade agrícola, pois delimita áreas com padrões climaticamente homogêneas e favoráveis para o cultivo de uma determinada cultura. Além disso, a compreensão dos possíveis impactos na região decorrentes de mudanças climáticas faz-se imprescindível para um bom planejamento de qualquer zoneamento agrícola, reduzindo eventuais perdas futuras ou indisponibilidade de plantio. Dessa forma, o objetivo deste trabalho final de graduação foi realizar um zoneamento de aptidão climática considerando o balanço hídrico climatológico para a cultura da oliveira no estado de Minas Gerais, baseado nas condições de clima atual e futuro usando diferentes projeções de mudanças climáticas. Utilizando a metodologia da organização meteorológica mundial calculou-se as normais climatológicas provisórias, e com esses dados calculou-se a evapotranspiração pelos quatro métodos empíricos mais utilizados para a estimativa dessa variável. Com o teste t e a correlação parcial determinou-se o melhor método para a região e com isso, calculou-se o balanço hídrico climatológico para as 49 estações convencionais de Minas Gerais. Para as projeções climáticas utilizou-se dados de temperatura e precipitação de 24 do conjunto de modelos de circulação geral. De acordo com os resultados, Minas Gerais apresenta 37% de áreas aptas, 15% de áreas marginais e 48% de áreas inaptas; e com as mudanças climáticas o cultivo de oliveira será prejudicado, reduzindo substancialmente a área apta no estado.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, *Olea europaea* L., Thornthwaite.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Localização das estações meteorológicas convencionais utilizadas no estudo em cada macrorregião. Os pontos pretos representam as estações com dados válidos e os pontos cinzas representam as estações com dados insuficientes para este estudo.	6
Figura 2 - Mapa altimétrico de Minas Gerais. Fonte: adaptado de EMBRAPA, 2014.	7
Figura 3 – Comparação dos métodos de estimativa de ETP por Thornthwaite, Camargo 1971, Camargo 1999 e Hargreaves e Samani para: a) macrorregião I, b) macrorregião II, c) macrorregião III, d) macrorregião IV.	21
FIGURA 4 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações aptas ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações aptas ao cultivo de oliveira.	28
FIGURA 5 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações inaptas ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações inaptas ao cultivo de oliveira.	29
FIGURA 6 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações marginais ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações marginais ao cultivo de oliveira.	29
FIGURA 7 - Variação de temperatura do ar (°C) para o estado de Minas Gerais para a PR1.	30
FIGURA 8 - Variação de temperatura do ar (°C) para o estado de Minas Gerais para a PR2.	31
FIGURA 9 - Variação de temperatura do ar (°C) para o estado de Minas Gerais para a PR3.	31
FIGURA 10 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR1.	32
FIGURA 11 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR2.	33
FIGURA 12 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR3.	33
FIGURA 13 - Zoneamento de aptidão climática para a cultura de oliveira em Minas Gerais considerando o período presente (período médio de 1980 – 2010) baseado no balanço hídrico climatológico.	34
FIGURA 14 - Zoneamento de aptidão climática para a oliveira no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 4.5 para o período PR1, c) forçante RCP 6.0 para o período PR1, d) forçante RCP 8.5 para o período PR1, e) forçante RCP 2.6 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR2, g) forçante RCP 6.0 para o período PR2, h) forçante RCP 8.5 para o período PR2, i) forçante RCP 2.6 para o período PR3, j) forçante RCP 4.5 para o período PR3, k) forçante RCP 6.0 para o período PR3, l) forçante RCP 8.5 para o período PR1.	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Informações referentes as estações meteorológicas convencionais: número de registro das estações, latitude, longitude, altitude e macrorregião pertencente.....	7
TABELA 2 - Relação dos dados válidos e não válidos das 49 estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais.	9
TABELA 3 - Lista de modelos do conjunto CMIP5 utilizados neste estudo para cada cenário forçantes.....	13
TABELA 4 – Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião I (1, 2, 3 e 4).	22
TABELA 5 – Média de todas as correlações parciais para a macrorregião I excluindo-se um dos métodos.	23
TABELA 6 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião II (1, 2, 3 e 4).....	24
TABELA 7 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião II excluindo-se um dos métodos.	24
TABELA 8 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião III (1, 2, 3 e 4).	25
TABELA 9 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião III excluindo-se um dos métodos.	25
TABELA 10 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião IV (1, 2, 3 e 4).	26
TABELA 11 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião IV excluindo-se um dos métodos.....	27
TABELA 12 - Proporção de áreas aptas, marginais e inaptas ao cultivo de oliveira para os período presente e para os três períodos de projeções.....	37
TABELA 13 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Aimorés (MG).	48
TABELA 14 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Araxá (MG).	48
TABELA 15 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Arinos (MG).	48
TABELA 16 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Bambuí (MG).	49
TABELA 17 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Barbacena (MG).	49
TABELA 18 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Belo Horizonte (MG).	49
TABELA 19 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Bom Despacho (MG).	50
TABELA 20 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Campo do Mato Dentro (MG).	50
TABELA 21 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Caparaó (MG).	50
TABELA 22 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Capinópolis (MG).	51
TABELA 23 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Caratinga (MG).	51
TABELA 24 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Carbonita(MG).	51

TABELA 25 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Coronel Pacheco (MG).....	52
TABELA 26 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Curvelo(MG).	52
TABELA 27 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Diamantina (MG).	52
TABELA 28 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Divinópolis (MG).	53
TABELA 29 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Espinosa(MG).	53
TABELA 30 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Florestal(MG).	53
TABELA 31 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Formoso(MG).	54
TABELA 32 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Frutal (MG)..	54
TABELA 33 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Ibitité(MG)..	54
TABELA 34 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Itamarandiba(MG).	55
TABELA 35 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Ituiutaba(MG).	55
TABELA 36 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Januária(MG).	55
TABELA 37 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de João Monlevade(MG).	56
TABELA 38 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de João Pinheiro(MG).	56
TABELA 39 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Juiz de Fora(MG).	56
TABELA 40 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Lambari(MG).	57
TABELA 41 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Lavras(MG)..	57
TABELA 42 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Machado(MG).	57
TABELA 43 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Maria da Fé(MG).	58
TABELA 44 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Moçambinho(MG).	58
TABELA 45 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Monte Azul(MG).	58
TABELA 46 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Montes Claros(MG).	59
TABELA 47 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Oliveira(MG).	59
TABELA 48 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Paracatu(MG).	59
TABELA 49 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Passa Quatro(MG).	60
TABELA 50 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Patos de Minas(MG).	60

TABELA 51 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pedra Azul(MG).	60
TABELA 52 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pirapora(MG).	61
TABELA 53 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Poços de Caldas(MG).	61
TABELA 54 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pompeu(MG).	61
TABELA 55 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Salinas(MG).	62
TABELA 56 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de São Lourenço(MG).	62
TABELA 57 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de São Sebastião do Paraíso(MG).	62
TABELA 58 – Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Sete lagoas(MG).	63
TABELA 59 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Uberaba(MG).	63
TABELA 60 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Unaí(MG).....	63
TABELA 61 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Viçosa(MG)..	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALT – Alteração do armazenamento
ARM - Armazenamento
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAD – Capacidade de água disponível
CMIP5 – *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*
COI – Conselho Oleícola Internacional
DEF – Deficiência Hídrica
ETP – Evapotranspiração Potencial
ETR - Evapotranspiração Real
EXC – Excedente Hídrico
FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente
GrADS - Grid Analysis and Display System
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
Macrorregião – Macro
MCGs - Modelos de Circulação Geral
NEGACUM – Negativo Acumulado
NP – Normais Provisórias
OMM – Organização Meteorológica Mundial
P – Precipitação (*mm*)
PE – Período presente (período médio de 1980-2010)
PR1 – Projeção 1 (2011-2040)
PR2 – Projeção 2 (2041-2070)
PR3 – Projeção 3 (2071-2100)
RCPs - *Representative Concentration Pathways*
TFG – Trabalho Final de Graduação

SUMÁRIO

RESUMO	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. DADOS E METODOLOGIA	6
3.1. ÁREA DE ESTUDO E DADOS	6
3.2. CÁLCULO DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS PROVISÓRIAS	11
3.3. PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	11
3.4. DETERMINAÇÃO DO MELHOR MÉTODO DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)	13
3.4.1. Método de Thornthwaite (1948)	14
3.4.2. Método de Camargo (1971)	15
3.4.3. Método de Thornthwaite adaptado por Camargo (1999)	15
3.4.4. Método de Hargreaves e Samani (1985)	16
3.5. CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO	16
3.5.1. Caso I - Valores positivos: $(P - ETP) \geq 0$ ou $(P - ETP) + \geq CAD$	17
3.5.2. Caso II - Valores negativos: $(P - ETP) + < CAD$	18
3.5.3. Cálculo da Alteração, Evapotranspiração real, Deficiência e Excedente Hídrico	18
3.5.4. Aferição dos cálculos do Balanço Hídrico Climatológico	19
3.6. ZONEAMENTO CLIMÁTICO E MAPEAMENTO	19
4. RESULTADOS	21
4.1. EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	21
4.2. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO	27
4.3. ZONEAMENTO CLIMÁTICO BASEADO NO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	29
5. CONCLUSÕES	40
6. REFERÊNCIAS	42
7. ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Olea europaea* L., popularmente conhecida como oliveira, pertence à família *Oleaceae*, no qual inclui mais de 30 gêneros, destacando-se: *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Syringa* e *Olea*, sendo o último o gênero mais conhecido (OLIVEIRA et al., 2006; LISBOA et al., 2012). A oliveira é uma árvore frutífera, de clima temperado e de grande longevidade, sendo uma das mais cultivadas na região do Mediterrâneo (DENNEY et al., 1985), principalmente por fazer parte da dieta alimentar de muitos países e por ser rica em antioxidantes que favorecem a diminuição do risco de doenças cardiovasculares (GOULAS et al., 2009). Seu centro de origem é o sul da Turquia e norte da Síria, mas atualmente seu cultivo tem crescido em várias regiões do mundo (AYERZA e SIBBETT, 2001; SOUZA e GIANELLO, 2013).

Com o aumento do interesse por essa espécie, tornou-se necessário elevar a produtividade dessa cultura, assim como estabelecer novos locais de plantio, uma vez que as áreas tradicionais ao cultivo de oliveira estão ficando esgotadas. Um dos principais exemplos desse esgotamento ocorre na Espanha, que é o maior produtor de oliveira no mundo (MESQUITA et al. 2006; VILLALOBOS et al., 2006; SANTOS, 2011; MARTINS et al., 2012), mas não apresenta capacidade de ampliar os plantios já existentes.

Segundo o Conselho Oleícola Internacional (COI) em 2000, o Brasil consumia por volta de 40 mil toneladas de azeite por ano, em 2013 o volume chegou a 72 mil toneladas, tornando-se o sétimo maior consumidor de azeite de oliva. Portugal fornece 56% do azeite consumido pelo Brasil, no entanto os principais produtores de azeite de oliva do mundo são a Espanha, a Itália e a Grécia. Além disso, o Brasil já é o segundo maior consumidor de azeitonas do mundo, chegando a 109 mil toneladas no período 2012/2013, tendo como principal fornecedor a Argentina, com 75% do volume.

O Brasil não possuiu cultivos de oliveira em escala comercial. Porém, tem investido na expansão de áreas cultivadas na tentativa de suprir as necessidades do consumo interno brasileiro (VIEIRA NETO et al., 2011), principalmente nas regiões sul e sudeste (MARTINS et al., 2012). Na região sul os estados com destaque para o cultivo de oliveira são o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (WREGGE et al., 2009), enquanto no sudeste o estado com destaque é Minas Gerais, seguido pelo estado de São Paulo (VIEIRA NETO et al., 2008; COUTINHO et al., 2009; LISBOA et al., 2012).

Para viabilizar e possibilitar a expansão desta atividade no Brasil o primeiro passo é conhecer as áreas com potencial ao cultivo de oliveira em regiões climáticas fora do seu centro de origem, uma vez que aspectos relacionados ao clima são determinantes para o sucesso de qualquer atividade agrícola (PEREIRA et al., 2002; TANASIJEVIC et al., 2014). Sabe-se que as melhores áreas destinadas ao cultivo de oliveira possuem invernos amenos e chuvosos, e verões quentes e secos (AYERZA e SIBBETT, 2001; SANZ-CORTÉS et al., 2002; LISBOA et al., 2012), sendo diferente das condições encontradas em Minas Gerais, com invernos secos e verões chuvosos. No entanto, essas condições não inviabilizam o cultivo da oliveira nessa região, sendo que em geral, este cultivo necessita de precipitações anuais entre 650 a 800 mm (ORLANDI et al., 2004; COUTINHO et al., 2009; BERTONCINI, 2010). Em Minas Gerais, esse valor varia de 732 mm a 1715 mm; valores acima do limite considerado.

Apesar da oliveira ser pouco exigente ao fator hídrico, alterações nos padrões climáticos atuais podem gerar grande impacto no cultivo da oliveira e até mesmo inviabilizá-lo, principalmente devido as modificações nos padrões de evapotranspiração e de duração dos estágios fenológicos (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIVEJIC et al., 2014). Condições climáticas desfavoráveis podem causar distúrbios fisiológicos nas plantas, e com isso afetar o seu desenvolvimento potencial (TAIZ e ZEIGER, 2009), sendo que o estresse hídrico e a temperatura irregular são os principais fatores limitantes ao cultivo da oliveira (LIVRAMENTO e OLIVEIRA, 2006). Nesse sentido, o zoneamento de aptidão climática é um recurso utilizado para tal finalidade.

O zoneamento de aptidão climática é um instrumento de orientação que considera diversas variáveis meteorológicas, estabelecendo áreas como sendo aptas, inaptas e marginais. As áreas classificadas como aptas são aquelas em que o cultivo de uma determinada cultura é recomendado, e as áreas inaptas, em que o cultivo não é recomendado, principalmente por restrições térmicas e hídricas. Por outro lado, as áreas marginais são aquelas em que o cultivo é tolerado e certas deficiências podem ser corrigidas de forma que se obtenha lucro (ASSAD et al., 2001; SEDIYAMA et al., 2001; PEREIRA et al., 2002). No referido zoneamento são considerados vários elementos meteorológicos, sendo os mais importantes a precipitação e outros elementos resultantes do balanço hídrico (como o déficit e o excedente hídrico). Dessa forma, a quantificação do balanço hídrico torna-se fundamental para a realização do zoneamento de aptidão climática para a oliveira.

Entende-se por balanço hídrico a determinação de todos os ganhos e perdas hídricas sobre um terreno em um dado momento (SEDIYAMA et al., 2001). Assim, o balanço hídrico

contabiliza todos os fluxos positivos (de entrada) e negativos (de saída) de água no solo, sendo que ambos os fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (como a precipitação, condensação, evaporação e transpiração), e do próprio movimento superficial (escoamento) e subterrâneo (percolação) (VAREJÃO-SILVA, 2006).

No conceito de balanço hídrico proposto por Thornthwaite (1948) e melhorado por Thornthwaite e Mather (1955), o solo armazena água até a sua máxima capacidade e perde água apenas por remoção das plantas pela ação das raízes. No método de Thornthwaite, os processos de evapotranspiração potencial e precipitação são as componentes mais importantes na determinação do balanço hídrico. Além desses processos, o balanço hídrico possibilita estimar também a evapotranspiração real, excedente hídrico, deficiência hídrica e os meses de reposição e retirada de água no solo (PEREIRA, 2005). Este conceito além ser fundamental para a determinação do zoneamento de aptidão climática, também contribui para a verificação da demanda de água para irrigação, classificação climática e até mesmo planejamento a longo prazo.

Minas Gerais e grande parte do Brasil apresentam-se vulneráveis às mudanças climáticas projetadas para ocorrerem no século XXI (TORRES et al., 2012; TORRES e MARENGO, 2014). De maneira geral, os modelos preveem para o final do século um clima mais quente para todo o estado, podendo ter variações de até 5°C no Norte de Minas. Já a variação na precipitação apresenta tendências heterogêneas, com projeções de redução de chuvas nas regiões norte de Minas Gerais e um aumento de precipitação na parte central e no sul do estado (FEAM, 2011; IPCC, 2013).

Considerando-se esses prognósticos de aumento das temperaturas, mudanças no regime da precipitação e os impactos gerados por estes, pode-se admitir alterações nas áreas destinadas ao cultivo de uma determinada cultura (ASSAD et al., 2001; ASSAD et al., 2013), especialmente nas áreas consideradas marginais. Além de caracterizar a propensão da cultura a determinada região, o zoneamento de aptidão climática deve indicar os períodos com menor probabilidade de ocorrerem danos devido às adversidades climáticas que de alguma forma podem afetar as fases fenológicas.

Estudos sobre essa problemática estão sendo realizados no Mediterrâneo, como por exemplo aqueles descritos por Kapur et al., (2010) e Carretero et al., (2013). Kapur et al., (2010) verificaram que o impacto das mudanças climáticas sobre o balanço hídrico climatológico para os próximos 100 anos em Apúlia (sul da Itália), pode aumentar o déficit hídrico em toda a região, em grande parte em decorrência do aumento da evapotranspiração potencial (ETP), afetando o cultivo da oliveira e tornando necessárias irrigações. Carretero et

al., (2013) constataram que em condições climáticas significativas (redução de 21% da precipitação anual e aumento de 13% da evapotranspiração de referência - ETP), o impacto sobre a produtividade dos olivais são críticos, afetando seriamente sua rentabilidade no sul da Espanha.

Nesse contexto, esforços devem ser realizados no Brasil no sentido de determinar áreas com aptidão climática ao cultivo de oliveira utilizando variáveis referentes ao balanço hídrico climatológico no clima atual, assim como verificar as possíveis alterações nessas áreas em decorrência das mudanças climáticas. É importante enfatizar que não existe esse tipo de informação para Minas Gerais, que está tendo investimentos pesados na ampliação da olivicultura, o que constitui o principal esforço para a realização deste Trabalho Final de Graduação (TFG).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste TFG foi realizar um zoneamento de aptidão climática considerando o balanço hídrico climatológico para a cultura da oliveira no estado de Minas Gerais, baseado nas condições de clima atual e futuro usando diferentes projeções de mudanças climáticas.

2.2. Objetivos específicos

- Calcular as normais climatológicas provisórias de precipitação e temperatura do ar para as estações meteorológicas convencionais localizadas em Minas Gerais;
- Avaliar e comparar quatro métodos tradicionais de estimativa da ETP de escala mensal: Thornthwaite (1948), Camargo (1971), Thornthwaite adaptado por Camargo (1999) e Hargreaves e Samani (1985) para cada macrorregião de Minas Gerais;
- Realizar o balanço hídrico climatológico baseado nos dados do clima presente (período médio de 1980 – 2010) e futuro; considerando observações, simulações, e diferentes projeções de mudanças climáticas integrantes do quinto relatório do IPCC para os períodos: 2011 – 2040, 2041 – 2070 e 2071 – 2100;
- Mapear as áreas aptas, inaptas e marginas baseando-se nas informações resultantes do balanço hídrico climatológico e verificar a influência das projeções de mudanças climáticas para a cultura de oliveira em Minas Gerais.

3. DADOS E METODOLOGIA

3.1. Área de estudo e dados

Em decorrência da extensa área territorial de Minas Gerais e por apresentar características climáticas distintas, optou-se por dividir o estado em quatro macrorregiões, segundo Santos et al., (2011) (Figura 1): a) Macrorregião I: junção das mesorregiões do Noroeste de Minas, do Norte de Minas, do vale do Jequitinhonha e Mucuri; b) Macrorregião II: junção das mesorregiões da Zona da Mata, Campos das Vertentes, vale do Rio Doce, Metropolitana e uma pequena parte do Sul; c) Macrorregião III: junção das mesorregiões do Oeste e Sul de Minas; d) Macrorregião IV: junção das mesorregiões do Triângulo Mineiro e Central. Esta divisão será usada apenas na determinação do melhor método de estimativa de evapotranspiração.

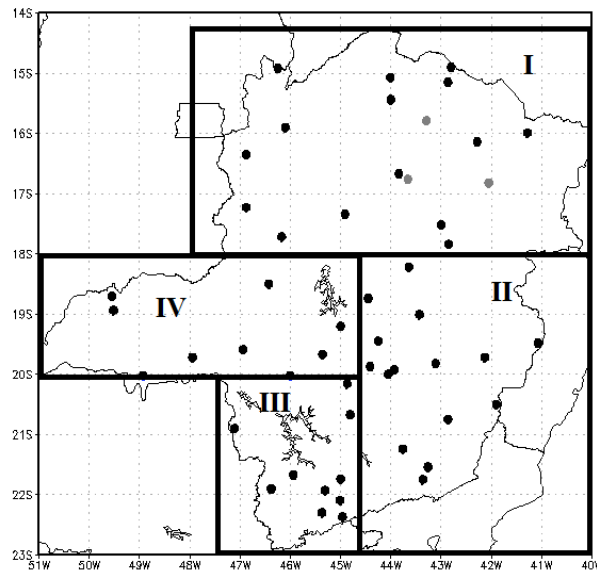


FIGURA 1- Localização das estações meteorológicas convencionais utilizadas no estudo em cada macrorregião. Os pontos pretos representam as estações com dados válidos e os pontos cinzas representam as estações com dados insuficientes para este estudo.

Minas Gerais também apresenta uma orografia bastante irregular (Figura 2), isso pode influenciar no balanço hídrico, pois nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço (localizadas no centro-sul do estado) a temperatura média do ar pode ser inferior a 18°C, enquanto no norte do estado a temperatura média anual é cerca de 24°C (SEDIYAMA, 2001).

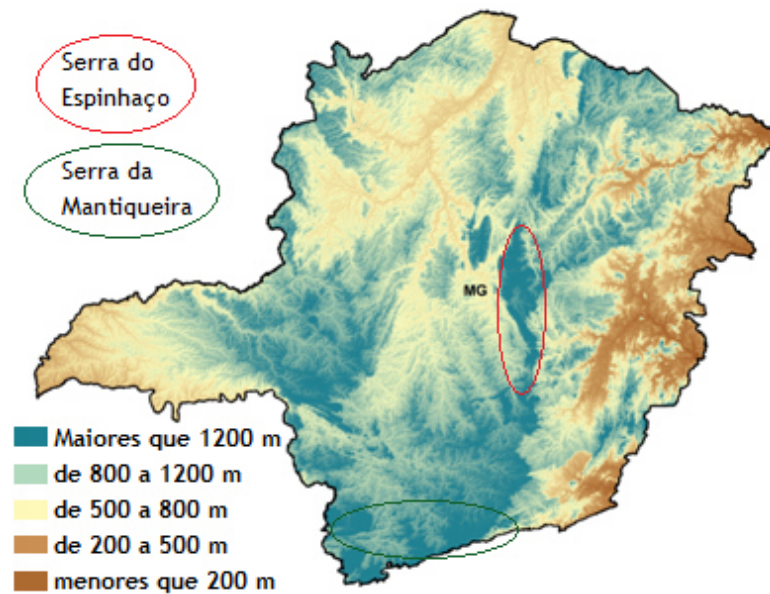


Figura 2 - Mapa altimétrico de Minas Gerais. Fonte: adaptado de EMBRAPA, 2014.

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de 49 estações meteorológicas convencionais para o período entre 1981 e 2011 (Tabelas 1 e 2). Os dados diários de precipitação acumulada (mm), e temperatura máxima e mínima do ar (°C) foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em seu *website* (<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>). Apenas três estações meteorológicas convencionais não apresentaram séries históricas suficientes para a realização de estudos de zoneamento de aptidão climática, pois o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos climáticos são período no mínimo superiores a 10 anos.

TABELA 1 – Informações referentes as estações meteorológicas convencionais: número de registro das estações, latitude, longitude, altitude e macrorregião pertencente.

Estações	Nº da estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Macrorregião
Aimorés	83595	-19,49	-41,07	82,74	II
Araçuaí*	83442	-16,83	-42,05	289,00	I
Araxá	83579	-19,60	-46,94	1023,61	IV
Arinos	83384	-15,91	-46,10	519,00	I
Bambuí	83582	-20,03	-46,00	661,27	II
Barbacena	83689	-21,25	-43,76	1126,00	II
Belo Horizonte	83587	-19,93	-43,93	915,00	II
Bom Despacho	83533	-19,68	-45,36	695,00	III
Campo do Mato Dentro	83589	-19,02	-43,43	652,00	II
Caparaó	83639	-20,51	-41,90	843,18	II
Capinópolis	83514	-18,71	-49,55	620,60	IV

(Continua...)

(Continuação)

Estações	Nº da estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Macrorregião
Caratinga	83592	-19,73	-42,13	609,65	II
Carbonita	83485	-17,53	-43,00	736,38	I
Coronel Pacheco	83037	-21,55	-43,26	435,00	II
Curvelo	83536	-18,75	-44,45	672,00	II
Diamantina	83538	-18,23	-43,64	1296,12	II
Divinópolis	83635	-20,17	-44,87	788,35	III
Espinosa	83338	-14,91	-42,80	569,64	I
Florestal	83581	-19,88	-44,41	760,00	II
Formoso	83334	-14,93	-46,25	840,00	I
Frutal	83574	-20,03	-48,93	543,67	IV
Ibirité	83632	-20,01	-44,05	814,54	II
Itamarandiba	83488	-17,85	-42,85	914,00	I
Ituiutaba	83521	-18,95	-49,52	560,00	IV
Janaúba*	83395	-15,80	-43,29	516,00	I
Lambari	83032	-21,94	-45,31	878,45	III
Lavras	83687	-21,75	-45,00	918,84	III
Machado	83683	-21,68	-45,94	873,35	III
Maria da Fé	83015	-22,31	-45,37	1276,33	III
Moçambinho	83389	-15,08	-44,01	452,00	I
Monte Azul	83388	-15,16	-42,86	625,00	I
Montes Claros	83437	-16,68	-43,84	652,00	I
Oliveira	83637	-20,68	-44,81	966,50	III
Paracatu	83479	-17,24	-46,88	712,00	I
Passa Quatro	83737	-22,38	-44,96	920,00	III
Patos de Minas	83531	-18,51	-46,43	940,28	IV
Pedra Azul	83393	-16,00	-41,28	648,91	I
Pirapora	83483	-17,35	-44,91	505,24	I
Poços de Caldas	83681	-21,91	-46,38	1150,00	III
Pompeu	83570	-19,21	-45,00	690,91	IV
Salinas	83441	-16,15	-42,28	471,32	I
São Lourenço	83736	-22,10	-45,01	953,20	III
São S. do Paraíso	83631	-20,91	-47,11	820,00	III
Sete Lagoas	83586	-19,46	-44,25	732,00	II
Uberaba	83577	-19,73	-47,95	737,00	IV
Unai	83428	-16,36	-46,88	460,00	I

Observações: * Estações com dados insuficientes para o estudo.

Como o período de dados entre as estações não foi o mesmo, buscou-se obter uma série de dados válidos com valores ininterruptos mais próximos de 30 anos, priorizando os dados mais recentes e dentro do período estudado (Tabela 2).

TABELA 2 - Relação dos dados válidos e não válidos das 49 estações meteorológicas convencionais de Minas Gerais.

Estações	Temperatura			Precipitação		
	Período	Anos sem dados *1	Nº de anos	Período	Anos sem dados *1	Nº de anos
Aimorés	1981-2011	1984	30	1979-2011	1985-1983	30
Araxá	1978-2011	2009,1990-1989,1985	30	1981-2011	1985	30
Arinos	1978-2011	1998,1990,1985-1981	27	1978-2011	1998,1990,1985-1983	29
BambuÍ	1975-2011	1987,1985-1981,1976	30	1979-2011	1987,1985-1984	30
Barbacena	1976-2011	1998,1989-1986,1981	30	1977-2011	1998,1989-1986	30
Belo Horizonte	1978-2011	1987,1985-1984,1980	30	1978-2011	1987,1985-1984,1980	30
Bom Despacho	1980-2011	2010,1985,1983	29	1980-2011	1985,1983	30
Campo do M. Dentro	1975-2011	1990-1987,1985,1980-1979	30	1975-2011	1990,1988,1985-1983,1979	30
Caparaó	1973-2011	1997-1985	26	1973-2011	1997-1983	24
Capinópolis	1975-2011	1992,1989-1987,1980-1978	30	1975-2011	1992,1989-1987,1985-1983	30
Caratinga	1975-2011	1994,1990-1988,1985-1984,1976	30	1975-2011	1994,1990-1988,1985-1983	30
Carbonita	1982-2011	1992-1990,1988	26	1982-2011	1992-1990,1988	26
Coronel Pacheco	1973-2007	1998,1994-1993,1989-1988	30	1973-2008	1998,1994-1993,1989-1988,1979	30
Curvelo	1974-2010	2002-2001,1992-1991,1985,1977-1976	30	1973-2010	2002-2001,1992-1991,1985-1984,1977-1976	30
Diamantina	1976-2011	1989,1986-1982	30	1977-2011	1989,1986-1983	30
Divinópolis	1996-2011	1997	14	1996-2011	1997	14
Espinosa	1976-2011	1998,1990-1988,1982-1981	30	1978-2011	1998,1990-1988	30
Florestal	1972-2011	1986-1985	28	1974-2011	2009,2006,2003-2002,1986-1983	30
Formoso	1979-2011	1998,1992-1988,1984-1981	23	1977-2011	1998,1992-1988,1981	28
Frutal	1972-2010	2009,1991-1985,1983-1982,1980-1978,1973	25	1972-2011	2009,1991-1983,1981-1978	26
Ibirité	1972-2011	2006,2002,2000-1994,1990-1988,1985,1980-1978,1974	23	1972-2011	2002,2000-1996,1990-1988,1985,1980-1978,1974	26
Itamarandiba	1975-2011	2003,1992,1990-1986	30	1975-2011	2003,1992,1990-1986	30
Ituiutaba	1980-2011	2002,1990-1989,1987-1985,1983-1981	23	1980-2011	2002,1990-1989,1987-1985,1983-1981	23
Januária	1980-2011	1998,1989,1987-1985,1983	26	1976-2011	1998,1989,1987-1985,1983	30
João Monlevade	1972-2011	2010-2002,1993-1990,1985	26	1974-2011	2003-2002,1993-1990,1983,1979	30

(Continua...)

(Continuação)

Estações	Temperatura			Precipitação		
	Período	Anos sem dados *1	Nº de anos	Período	Anos sem dados *1	Nº de anos
João Pinheiro	1973-2011	1998,1996,1992,1989-1987,1979,1977-1974	28	1973-2011	1996,1992,1989,1987,1979,1977-1974	30
Juiz de Fora	1978-2011	1992,1990,1988,1986	30	1978-2011	1992,1990,1988,1986	30
Lambari	1977-2005	2002,1998,1990-1988,1986,1982-1980	20	1977-2011	2006,2002,1998,1990-1988,1986,1982-1980	25
Lavras	1977-2011	1992,1990,1987-1985	30	1977-2011	1992,1990,1987-1985	30
Machado	1976-2011	1997,1990-1986	30	1976-2011	1997,1990-1986	30
Maria da Fé	1977-2011	2003-2001,1998,1991-1988,1986-1984	24	1977-2011	2002-2001,1998,1991-1988,1986	27
Moçambinho	1976-2011	1998,1990-1989,1985-1983,1978-1977	28	1976-2011	1998,1990-1989,1985-1983	30
Monte Azul	1975-2011	2008,1998,1989-1987,1985,1983,1977	29	1976-2011	1998,1989-1987,1985,1983	30
Montes Claros	1973-2011	1990,1988-1979	28	1974-2011	1990,1988-1983,1979	30
Oliveira	1972-2011	2002,2000,1997,1994-1988,1986-1979	22	1972-2011	2010,2002,2000,1997,1994-1988,1986-1985,1983	26
Paracatu	1974-2011	1992,1988-1981,1979-1978,1976	27	1975-2011	1992,1988-1985,1979,1976	30
Passa Quatro	1972-2011	2005,2002,1989-1984,1979,1976	30	1973-2011	2002,1989-1984,1979,1976	30
Patos de Minas	1977-2011	1990-1987,1985	30	1975-2011	1990-1987,1985-1983	30
Pedra Azul	1973-2011	1998,1990,1987-1983,1981,1979	30	1976-2011	1998,1990,1987-1985,1983	30
Pirapora	1977-2011	1988-1986,1983,1978	30	1979-2011	1988-1986	30
Poços de Caldas	1973-2011	2000,1997,1995,1991-1987,1980	30	1979-2011	1997,1995,1991-1987,1980	25
Pompeu	1979-2011	1988-1987,1985	30	1977-2011	1988-1987,1985-1983	30
Salinas	1978-2011	1990-1988,1986	30	1978-2011	1990-1988,1986	30
São Lourenço	1977-2011	1988,1985-1984,1980-1979	30	1978-2011	1988,1985-1984,1980	30
São S. do Paraíso	1981-2010	2003-2002,1997,1990-1989,1987,1985,1983	22	1981-2010	2003-2002,1997,1990-1989,1987,1985,1983	22
Sete Lagoas	1972-2011	1992-1987,1985-1983,1974	30	1973-2011	1992-1987,1985-1983	30
Uberaba	1977-2011	1988-1984	30	1976-2011	1988-1983	30
Unaí	1979-2011	1998,1990,1985	30	1979-2011	1998,1990,1985	30
Viçosa	1974-2011	1997,1990-1984	30	1974-2011	1997,1990-1984	30

Observações: *1 Foram excluídos os anos com mais de 3 meses de dados faltantes (Organização Meteorológica Mundial – OMM, 1989).

3.2. Cálculo das Normais Climatológicas Provisórias

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico são necessários os valores das normais climatológicas (médias de 30 anos) (VAREJÃO - SILVA, 2006). Porém, não são todas as estações que apresentam uma base de dados diária válida e confiável para a obtenção das normais. Nesses casos, podem ser calculadas as normais provisórias (NP), que são médias referentes a um curto período, baseadas em observações diárias que se estendam interruptamente sobre um período mínimo de 10 até 30 anos (SUGAHARA, 1999).

Para o cálculo das NP foram seguidas as recomendações da OMM (1989), estabelecidas no Documento Técnico OMM/TD-Nº. 341, com as seguintes expressões:

$$\bar{T}_x = \frac{\sum_{i=1}^n T_x}{N} \quad (1)$$

$$\bar{T}_n = \frac{\sum_{i=1}^n T_n}{N} \quad (2)$$

$$\bar{T}_m = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_x - T_n}{2}}{N} \quad (3)$$

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_m}{N} \quad (4)$$

Em que: \bar{T}_x é a temperatura máxima normal do *i-ésimo* mês (°C), T_x é a temperatura máxima diária do ar (°C), \bar{T}_n é a temperatura mínima normal do *i-ésimo* mês (°C), T_n é a temperatura mínima diária do ar (°C), \bar{T}_m é a temperatura média normal do *i-ésimo* mês (°C), \bar{P} é a normal de precipitação mensal acumulada (mm mês⁻¹) e P_m é a precipitação acumulada do *i-ésimo* mês (mm mês⁻¹). Anos com três ou mais meses sem dados foram considerados inválidos.

3.3. Projeções de mudanças climáticas

Para as projeções de clima futuro foram utilizadas simulações e projeções climáticas oriundas do conjunto de 24 Modelos de Circulação Geral (MCGs) integrantes do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5* (CMIP5), fornecidas pelo *Program for Climate*

Model Diagnosis and Intercomparison e disponibilizado pelo *Earth System Grid data portal* (TAYLOR et al., 2012). As variáveis utilizadas são médias mensais de precipitação e temperatura do ar próximo à superfície, simuladas para 1971-2000 e projetadas para três períodos futuros: projeção 1 (PR1 = 2011 - 2040), projeção 2 (PR2 = 2041 - 2070) e projeção 3 (PR3 = 2071 - 2100).

As simulações do clima presente, referentes ao século XX, são caracterizadas como experimentos de controle para os quais as forçantes climáticas que poderiam impactar o clima observado são explicitamente identificadas, e séries históricas observadas dessas forçantes são incluídas nas integrações dos MCGs. Essas simulações são denominadas “*historical*” no conjunto CMIP5. Por outro lado, as projeções climáticas do CMIP5 são realizadas utilizando-se a nova geração de cenários forçantes intitulados *Representative Concentration Pathways* – RCPs e denominados como RCP 2.6, 4.5, 6.0, e 8.5, que correspondem a uma forçante radiativa aproximada no final do século XXI de 2.6, 4.5, 6.0, e 8.5 Wm^{-2} , respectivamente, relativo às condições pré-industriais (MOSS et al., 2010). Com relação às concentrações de CO_2 equivalente, os RCPs 2.6, 4.5, 6.0, e 8.5, correspondem aproximadamente a 490, 650, 850, e 1370 ppm, respectivamente em 2100 (VAN VUUREN et al., 2011).

As resoluções horizontais dos MCGs provenientes do CMIP5 variam em torno de 1 a 3 graus de latitude/longitude (Tabela 3). Com o propósito de intercomparação, todas as variáveis utilizadas foram interpoladas para uma grade regular comum de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitude/longitude utilizando uma interpolação bilinear.

As simulações climáticas para o século XX e projeções para o século XXI são agrupadas mensalmente para os períodos de 1971-2000, PR1, PR2, e PR3. A partir daqui, o termo “mudanças” irá se referir a diferença entre os valores médios das variáveis climáticas projetadas (por exemplo, em PR3) e o respectivo valor médio no período 1971-2000.

TABELA 3 - Lista de modelos do conjunto CMIP5 utilizados neste estudo para cada cenário forçantes.

RCP	Modelos
2.6	FGOALS-g2* ¹ , BCC-CSM1-1* ² , CanESM2* ² , MIROC-ESM* ² , FIO-ESM* ² , MIROC-ESM-CHEM* ² , GFDL-CM3* ³ , GFDL-ESM2G* ³ , Giss-E2-R* ³ , GFDL-ESM2M* ³ , IPSL-CM5A-LR* ⁴ , NorESM1-M* ⁵ , CSIRO-Mk3-6-0* ⁶ , MPI-ESM-LR* ⁶ , CNRM-CM5* ⁷ , MIROC5* ⁷ , IPSL-CM5A-MR* ⁸ , HadGEM2-ES* ⁹ , EC-EARTH* ¹⁰ , MRI-CGCM3* ¹⁰ , CCSM4* ¹¹
4.5	FGOALS-g2, BCC-CSM1-1, CanESM2, MIROC-ESM, FIO-ESM, MIROC-ESM-CHEM, GFDL-CM3, GFDL-ESM2G, Giss-E2-R, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR, NorESM1-M, CSIRO-Mk3-6-0, MPI-ESM-LR, INMCM4* ¹² , CNRM-CM5, MIROC5, IPSL-CM5A-MR, HadGEM2-CC* ⁹ , HadGEM2-ES, ACCES 1.0* ⁹ , EC-EARTH, MRI-CGCM3, CCSM4
6.0	BCC-CSM1-1, MIROC-ESM, FIO-ESM, MIROC-ESM-CHEM, GFDL-CM3, GFDL-ESM2G, Giss-E2-R, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR, NorESM1-M, CSIRO-Mk3-6-0, MIROC5, HadGEM2-ES, MRI-CGCM3, CCSM4
8.5	FGOALS-g2, BCC-CSM1-1, CanESM2, MIROC-ESM, FIO-ESM, MIROC-ESM-CHEM, GFDL-CM3, Giss-E2-R, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR, NorESM1-M, CSIRO-Mk3-6-0, MPI-ESM-LR, INMCM4, CNRM-CM5, MIROC5, IPSL-CM5A-MR, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, ACCES 1.0, EC-EARTH, MRI-CGCM3, CCSM4

Observações: Resolução horizontal aproximada dos modelos (Lat/Lon): *¹(3.1° x 2.8°), *²(2.8° x 2.8°), *³(2.0° x 2.5°), *⁴(1.9° x 3.8°), *⁵(1.9° x 2.5°), *⁶(1.9° x 1.9°), *⁷(1.4° x 1.4°), *⁸(1.3° x 2.5°), *⁹(1.3° x 1.9°), *¹⁰(1.1° x 1.1°), *¹¹(0.9° x 1.3°), *¹²(1.5° x 2.0°). Fonte: Adaptado de Torres, 2014.

3.4. Determinação do melhor método de estimativa de evapotranspiração potencial (ETP)

A evapotranspiração é o processo simultâneo de transferência da água para a atmosfera através da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas (PEREIRA et al., 1997; PEREIRA et al., 2002). Dentre os conceitos da evapotranspiração, a ETP é considerada padrão para estudos de zoneamento de aptidão climática e balanço hídrico climatológico. A ETP refere-se ao conteúdo de água utilizada por uma extensa superfície vegetada de porte baixo, em crescimento ativo, sendo utilizada a grama como vegetação padrão, sem deficiência hídrica (ALLEN, et al., 1998; FERNANDES e FOSTER, 2006).

A ETP é uma variável agrometeorológica de difícil medição, pois exige a utilização de equipamentos especiais, os quais geralmente são de alto custo de obtenção e manutenção. Por esse motivo, é comum o uso de diferentes métodos de estimativa da ETP (MOURA et al., 2013). No entanto, a estimativa de ETP para uma dada região deve ser feita de maneira criteriosa, uma vez que um mesmo modelo pode fornecer boas estimativas para uma região e para outras não. Sendo assim, é necessário testar os métodos para uma mesma região, e avaliar por meio de comparações quais métodos assemelham-se entre si, obtendo assim um indicativo do melhor método de ETP para a região.

A escolha do método para estimar a ETP depende de uma série de fatores, sendo os principais a disponibilidade de dados meteorológicos e a aplicabilidade para o qual se destina.

Nesse estudo avaliaram-se os principais métodos de estimativa da ETP em escala mensal: Thornthwaite (1948) (método 1), Camargo (1971) (método 2), Thornthwaite adaptado por Camargo (1999) (método 3) e Hargreaves e Samani (1985) (método 4).

Para escolher o melhor método de estimativa da ETP para cada macrorregião (Figura 1) foram aplicados os testes de correlação parcial e teste-t para dados pareados a 5% de probabilidade. No caso do teste-t a hipótese testada foi de igualdade das médias de ETP entre os métodos; foi assumida como média a média aritmética das estações. Assim, a hipótese nula testada foi (H_0): $\mu_1 = \mu_2$ e a hipótese alternativa foi (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2$.

A correlação parcial ($r_{xy,z}$) foi aplicada para cada mês do ano ($n=1 \rightarrow 12$) tomando como série as ETP's das 49 estações; ou seja, fixou-se o mês e variou-se as estações. Assim, encontraram-se os métodos que mais se assemelham entre si, excluindo-se os demais.

$$r_{xy,z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{1-r_{xz}^2} \sqrt{1-r_{yz}^2}} \quad (5)$$

Em que: r_{xy} é a correlação simples entre os métodos x e y (1,2; 1,3; 1,4; 2,3; 2,4; 3,4), r_{xz} é a correlação entre o método x e z, e r_{yz} é a correlação entre o método y e z.

3.4.1. Método de Thornthwaite (1948)

O método empírico de Thornthwaite foi desenvolvido visando à classificação climática, para condições de clima úmido e normalmente apresenta subestimativa da ETP em condições de clima árido (PEREIRA et al., 1997). Porém os cálculos baseiam-se apenas na temperatura do ar, sendo esta sua principal vantagem (PEREIRA, et al., 2002).

$$ETP_i = 16 \left(10 \frac{\bar{T}_m}{I} \right)^a, \text{ quando } 0^\circ\text{C} \leq \bar{T}_m < 26,5^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$ETP_i = -415,85 + 32,24\bar{T}_m - 0,43\bar{T}_m^2; \text{ quando } \bar{T}_m \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (7)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{\bar{T}_m}{5} \right)^{1,514} \quad (8)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (9)$$

$$N = \frac{2}{15} \cdot ar \cos[-1 \cdot (tg \phi \cdot tg \delta)] \quad (10)$$

$$C_i = \frac{N}{12} \frac{NDP_i}{30} \quad (11)$$

$$ETP = ETP_i \cdot C_i \quad (12)$$

Em que: ETP_i é a Evapotranspiração potencial não corrigida para o i -ésimo mês considerado ($i=1$ à 12) (mm mês^{-1}); ETP é a Evapotranspiração potencial corrigida para o i -ésimo mês considerado (mm mês^{-1}); \bar{T}_m é a temperatura média normal do ar do i -ésimo mês; I é o índice anual de calor; C_i é o fator de correção; NDP_i é o número de dias do i -ésimo mês; N_i é o fotoperíodo do 15º dia do i -ésimo mês, considerado representativo da média mensal; ϕ é a latitude e δ_i é a declinação solar do 15º dia do i -ésimo mês, os quais foram obtidos para cada estação meteorológica.

3.4.2. Método de Camargo (1971)

Para o cálculo da ETP pelo método de Camargo (1971) foi utilizada a equação 13 e os valores tabelados de radiação solar global incidente de Camargo e Camargo (1983) (PEREIRA et al., 2002; MOURA et al., 2013).

$$ETP = 0,01 \cdot Q_0 \cdot \bar{T}_{mi} \cdot NDP_i \quad (13)$$

Em que: Q_0 é a radiação solar incidente no topo da atmosfera expressa em equivalente de evaporação tabelado (mm dia^{-1}), \bar{T}_{mi} é a temperatura média normal para o i -ésimo mês considerado ($^{\circ}\text{C}$) e NDP_i é o número de dias do i -ésimo mês.

3.4.3. Método de Thornthwaite adaptado por Camargo (1999)

Esse método utiliza a temperatura efetiva do ar (T_{ef}), que expressa à amplitude térmica do local, no lugar da temperatura média do ar, visando evitar a subestimativa da ETP em locais de clima seco; e assim melhorar o método proposto por Thornthwaite (1948). As equações deste método são (PEREIRA et al., 1997; MOURA et al., 2013):

$$ETP_i = 16 \left(10 \frac{T_{ef}}{I} \right)^a ; \text{ quando } 0 \leq \bar{T}_m < 26,5^{\circ}\text{C} \quad (14)$$

$$ETP_i = -415,85 + 32,24\bar{T}_m - 0,43\bar{T}_m^2 ; \text{ quando } \bar{T}_m \geq 26,5^{\circ}\text{C} \quad (15)$$

$$T_{ef} = 0,36 \cdot (3\bar{T}_x - \bar{T}_n) \quad (16)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{\bar{T}_m}{5} \right)^{1,51} \quad (17)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (18)$$

$$N = \frac{2}{15} \cdot \ar \cos[-1 \cdot (\operatorname{tg} \phi \cdot \operatorname{tg} \delta)] \quad (19)$$

$$C_i = \frac{N}{12} \cdot \frac{NDP_i}{30} \quad (20)$$

$$ETP = ETP_i \cdot C_i \quad (21)$$

Em que: \bar{T}_x é a temperatura máxima normal do *i-ésimo* mês considerado (°C), \bar{T}_n é a temperatura mínima normal do *i-ésimo* mês (°C).

3.4.4. Método de Hargreaves e Samani (1985)

Hargreaves e Samani desenvolveram o método com base em dados de lisímetros em Davis na Califórnia, que possuiu região de clima seco (PEREIRA et al., 1997). Esse método pode ser utilizado para escala mensal e baseia-se na temperatura média do ar e na amplitude térmica, sendo aplicável para locais de clima árido e semi-árido, (MELO e FERNANDES, 2012) como no nordeste e algumas regiões do sudeste e centro-oeste do Brasil.

$$ETP = 0,0023 \cdot Q_0 \cdot (\bar{T}_x - \bar{T}_n)^{0,5} \cdot (17,8 + \bar{T}_m) \cdot NDP_i \quad (22)$$

3.5. Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico

O método utilizado para o cálculo do balanço hídrico climatológico foi o proposto por Thornthwaite e Mather (1955, 1957) simplificado por Pereira (2005), o qual fornece a quantidade de água armazenada no solo, evapotranspiração real (ETR) de uma determinada cultura, deficiência e excedente hídrico em nível regional, sendo uma ferramenta importante para o planejamento e zoneamento agrícola (SENTELHAS et al., 2008). Este método requer como dado de entrada a disponibilidade das normais de precipitação, ETP mensal e o valor de Capacidade de Água Disponível (CAD) para determinada cultura.

A CAD representa a capacidade de determinado tipo de solo, armazenar a água disponível; dessa forma a CAD é definida em função de suas características físico-hídricas e do comprimento radicular das raízes da cultura em questão (VAREJÃO-SILVA, 2006). Em virtude da grande variação de tipos de solo em Minas Gerais (latossolos - 53,97%, cambissolos - 17,32%, neossolos - 12,52%, argissolos - 11,26% e outros 4,96% (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA et al., 2010), do comprimento radicular da oliveira (1,2 à 1,7 m) (DOORENBOS e PRUITT, 1977) e dos valores recomendado para a

oliveira (150 à 200 mm) (PASTOR e ORGAZ, 1994), o valor da CAD utilizada neste estudo foi de 175mm, valor médio do recomendado.

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico foram completados os valores mensais para as colunas: precipitação (P), ETP, P-ETP, negativo acumulado (NEGACUM), armazenamento (ARM), alteração do armazenamento (ALT), ETR, deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

A primeira etapa da metodologia foi verificar o mês de inicialização para o cálculo simultâneo das colunas referentes ao NEGACUM e ARM. Neste sentido, duas situações podem ocorrer conforme descrito em VAREJÃO-SILVA (2006):

3.5.1. Caso I - Valores positivos: $\sum(P - ETP) \geq 0$ ou $\sum(P - ETP)^+ \geq CAD$

Nesse caso, inicia-se o balanço hídrico no primeiro mês em que $P_i - ETP_i < 0$, depois de uma sequência mensal positiva de P-ETP. Calcula-se primeiramente o NEGACUM e em seguida o ARM, simultaneamente. O NEGACUM e o ARM foram obtidos através das expressões (PEREIRA et al., 2002; PEREIRA, 2005):

$$NEGACUM_i = P_i - ETP_i \quad (23)$$

$$ARM_i = CAD \cdot e^{\left(\frac{NEGACUM_i}{CAD}\right)} \quad (24)$$

Se P-ETP do mês $i+1 < 0$, calcula-se o $NEGACUM_{i+1}$ (Equação 25) e para o cálculo do ARM_{i+1} utiliza-se a equação 24.

$$NEGACUM_{i+1} = NEGACUM_{i-1} + (P - ETP)_i \quad (25)$$

Para os meses seguintes ($i+2, i+3, \dots, i+n$) em que $P_{i+n} - ETP_{i+n} < 0$, o mesmo procedimento é realizado (igual ao seguido para $i+1$).

Para o primeiro i mês, onde $P - ETP \geq 0$, o cálculo deve ser invertido, ou seja, primeiro obtém o ARM para o mês em questão (Equação 26), e com este valor obtém o NEGACUM (Equação 27):

$$ARM_i = ARM_{i-1} + (P - ETP)_i \quad (26)$$

$$NEGACUM_i = CAD \cdot \ln\left(\frac{ARM_i}{CAD}\right) \quad (27)$$

Quando ARM for superior ao valor da CAD, assume-se que $ARM = CAD$ e que o restante é EXC.

3.5.2. Caso II - Valores negativos: $\sum(P - ETP)^+ < CAD$

Nesse caso, como o acumulado da diferença positiva de P e ETP durante o ano não alcança o valor da CAD, assume-se então que o solo nunca está abastecido por completo. Ocorrências dessa forma são observadas em regiões desérticas e semi-áridas, como algumas regiões no nordeste e sudeste do Brasil (PEREIRA, 2005). Nessa situação é necessário identificar o primeiro mês (*i*) depois da estação chuvosa ($P_i - ETP_i < 0$) e calcular o NEGACUM do mês *i* a partir da equação (PEREIRA, 2005):

$$NEGACUM_i = CAD \ln \left(\frac{\frac{M}{CAD}}{1 - e^{-\frac{CAD}{N}}} \right) \quad (28)$$

Em que: M é o acumulado de P – ETP da estação chuvosa (valores positivos de P-ETP>0) e N é o acumulado de P – ETP da estação seca (valores negativos de P-ETP<0).

Para os meses seguintes, seguiram-se os mesmos procedimentos e considerações das equações (24), (25), (26) e (27).

3.5.3. Cálculo da Alteração, Evapotranspiração real, Deficiência e Excedente Hídrico

Após o preenchimento das colunas de NEGACUM e ARM, foi calculada a coluna da ALT da quantidade de água existente no solo (Equação 29):

$$ALT_i = ARM_i - ARM_{i-1} \quad (29)$$

A ETR refere-se a real transferência vertical turbulenta do vapor d'água para a atmosfera pela cultura de interesse no *i-ésimo* mês considerado. A ETR foi quantificada de acordo com:

$$\begin{aligned} ETR_i &= ETP, \text{ quando } (P-ETP)_i \geq 0 \text{ e,} \\ ETR_i &= P_i + |ALT_i|, \text{ quando } (P-ETP)_i < 0. \end{aligned} \quad (30)$$

No cálculo da coluna do EXC, o qual se refere à quantidade de água que sobra no período chuvoso e se perde do volume de controle por percolação (drenagem profunda) e/ou escoamento superficial, considerou-se duas situações:

$$\begin{aligned} EXC_i &= 0, \text{ quando } ARM_i < CAD \text{ e,} \\ EXC_i &= (P-ETP)_i - ALT_i, \text{ quando } ARM = CAD. \end{aligned} \quad (31)$$

A determinação da coluna de DEF foi calculada apenas quando $(P-ETP)_i < 0$, caso contrário a DEF é nula.

$$\begin{aligned} DEF &= 0, \text{ quando } (P-ETP)_i \geq 0 \text{ e,} \\ DEF_i &= ETP_i - ETR_j, \text{ quando } (P-ETP)_i < 0, \end{aligned} \quad (32)$$

3.5.4. Aferição dos cálculos do Balanço Hídrico Climatológico

Para averiguar a confiabilidade dos cálculos executados através balanço hídrico climatológico, foram realizadas algumas aferições. Isto é possível, porque o balanço hídrico baseia-se no equilíbrio da entrada e saída de água do sistema; isto é, na conservação de massa da água (Lei de Lavoisier) (MARCUIZZO e SILVEIRA, 2010). As aferições são:

$$\sum P = \sum ETP + \sum (P - ETP) \quad (33)$$

$$\sum P = \sum ETR + \sum EXC \quad (34)$$

$$\sum ETP = \sum ETR + \sum DEF \quad (35)$$

$$\sum ALT = 0 \quad (36)$$

No caso de alguma aferição não ser atendida, optou-se por utilizar a forma de inicialização proposta por Pereira (2005); em que o balanço hídrico é inicializado pela coluna do ARM no último mês do período chuvoso:

$$ARM_i = \left(\frac{M}{1 - e^{\left(\frac{N}{CAD}\right)}} \right) \quad (37)$$

Em que: M é o acumulado de P – ETP da estação chuvosa (valores positivos de P-ETP>0) e N é o acumulado de P – ETP da estação seca (valores negativos de P-ETP<0).

Em seguida obtém-se o NEGACUM_i pela equação (27), nos meses seguintes adotou-se os mesmos procedimentos e considerações das equações (24), (25), (26) e (27) do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955, 1957).

3.6. Zoneamento climático e mapeamento

Para o período presente (PE = período médio de 1980-2011), e para as projeções PR1, PR2 e PR3 de cada RCPs do quinto relatório do IPCC (2013), foram mapeadas as áreas aptas, marginais e inaptas para o cultivo da oliveira, segundo o balanço hídrico climatológico. Para PE foram utilizados os dados das NP e para as projeções foram utilizadas as médias dos 24 MCGs.

As regiões consideradas aptas foram as localidades que apresentaram um somatório anual de DEF inferior a CAD ($DEF_{\text{anual}} \leq 175\text{mm}$), as regiões consideradas marginais foram as que apresentaram $175\text{mm} < DEF_{\text{anual}} \leq 200\text{mm}$ e as regiões consideradas inaptas foram as

localidades que apresentaram um somatório anual de $DEF \geq CAD + 25\text{mm}$ ($DEF_{\text{anual}} > 200\text{mm}$) (SEDIYAMA et al., 2001; MORAES e FRANÇA, 2004). Considerou-se como valor limítrofe para o mapeamento superior a CAD, conforme recomendações de Sedyama et al., (2001), Assad et al., (2004) e Assad et al., (2013).

Uma vez calculados os índices de aptidão climática, esses dados foram espacializados para uma grade regular cobrindo todo o estado de Minas Gerais utilizando-se o método Ordinary Krigging (CRESSIE, 1998; WICKHAM, 2014) implementado no *software* R versão 3.0.2 (R Core Team, 2013).

Os mapas temáticos do zoneamento de aptidão climática foram construídos através do *software* openGrADS (*Grid Analysis and Display System*) versão 2.0. O GrADS é um *software* amplamente utilizado para visualização e análise de dados em pontos de grade, sendo que, tais dados, podem ser de diversos formatos (binário, grib, NetCDF, entre outros).

4. RESULTADOS

4.1. Evapotranspiração Potencial

Houve semelhança no comportamento dos métodos de Thornthwaite (1948) (método 1) e de Camargo (1971) (método 2) e entre os métodos de Camargo (1999) (método 3) e Hargreaves e Samani (1985) (método 4) ao longo dos meses do ano (Figura 3 a, b, c, d). Menores valores de ETP foram estimados para os métodos 1 e 2, enquanto maiores valores de ETP foram estimados pelos métodos 3 e 4, o que é esperado na literatura em função da forma de cálculo inerentes a cada método (PEREIRA et al., 1997).

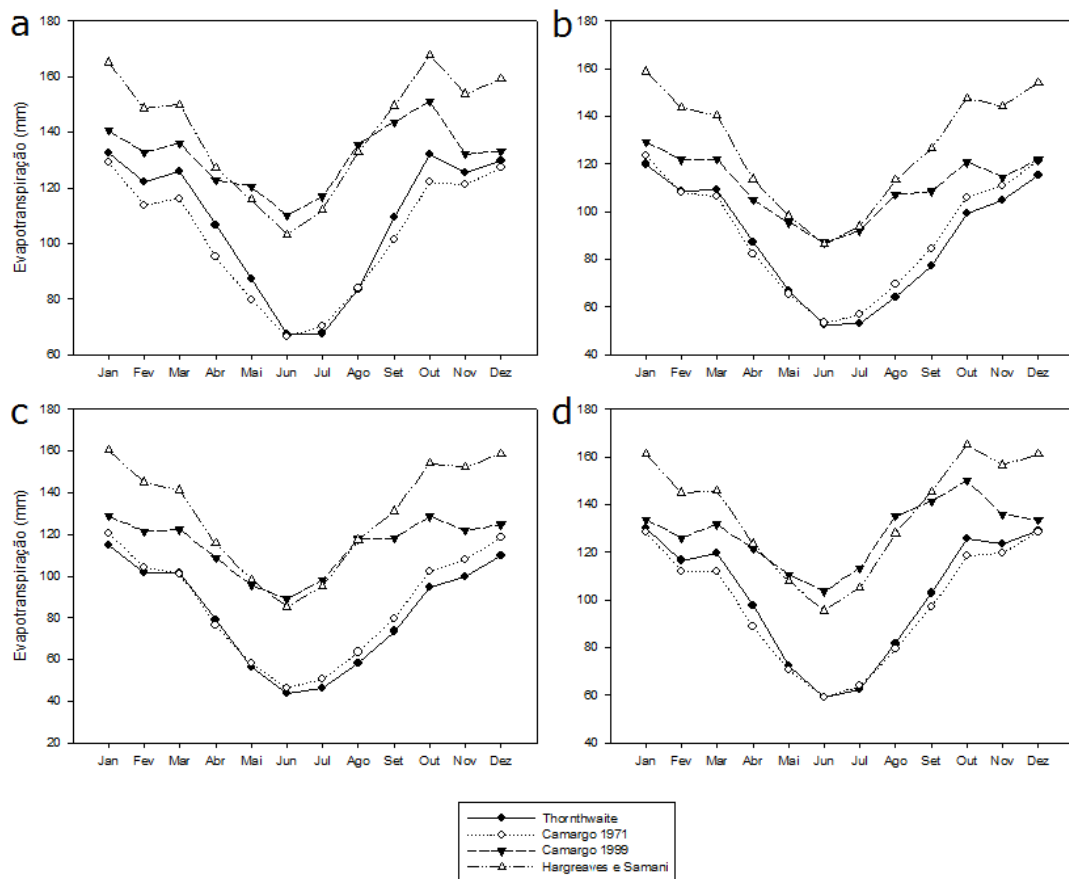


Figura 3 – Comparação dos métodos de estimativa de ETP por Thornthwaite, Camargo 1971, Camargo 1999 e Hargreaves e Samani para: a) macrorregião I, b) macrorregião II, c) macrorregião III, d) macrorregião IV.

Em uma análise mais detalhada para a macrorregião I, a qual representa a maior proporção em área das macrorregiões e contém 15 estações meteorológicas com menor espacialização entre as mesmas, verificou-se que houve significância para as correlações

parciais que aproximavam os métodos 1 e 2, excluindo 3 e 4 (média de $r_{12,3} = 0,94$ e de $r_{12,4} = 0,96$), assim como a aproximação entre os métodos 3 e 4, excluindo os métodos 1 e 2 (média de $r_{34,1} = 0,96$ e de $r_{34,2} = 0,95$) (Tabela 4). No entanto, não houve correlações parciais significativas com a exclusão dos métodos 1 e 2 para a maioria dos meses do ano (Tabela 4), como também observou-se correlações significativas ao excluir o método 4 (Tabela 5), o que corrobora na exclusão do método 4 para a estimativa da ETP para a macrorregião I, assim como o método 3 que se assemelha em comportamento e magnitude. Pelo teste t para dados pareados, verificou-se que, em média, os quatro métodos de ETP não são semelhantes entre si (Tabela 4).

TABELA 4 – Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião I (1, 2, 3 e 4).

Meses	$r_{12,3}$	$r_{12,4}$	$r_{13,2}$	$r_{13,4}$	$r_{14,2}$	$r_{14,3}$	$r_{23,1}$	$r_{23,4}$	$r_{24,1}$	$r_{24,3}$	$r_{34,1}$	$r_{34,2}$
Janeiro	0,94*	0,96*	0,50	0,92*	0,31	-0,84	-0,21	0,83*	-0,12	-0,69	0,98*	0,97*
Fevereiro	0,95*	0,97*	0,14	0,93*	0,07	-0,86	0,14	0,93*	0,09	-0,85	0,98*	0,98*
Março	0,89*	0,94*	0,21	0,83*	-0,04	-0,65	0,23	0,71*	0,34	-0,43	0,95*	0,93*
Abril	0,94*	0,94*	0,22	0,39	0,04	-0,18	0,08	0,18	0,24	0,05	0,97*	0,96*
Mai	0,96*	0,97*	-0,21	-0,01	-0,32	0,17	0,40	-0,14	0,51	0,32	0,98*	0,97*
Junho	0,97*	0,97*	-0,49	-0,47	-0,56	0,56*	0,62*	-0,58	0,70*	0,67*	0,99*	0,98*
Julho	0,97*	0,97*	-0,49	-0,38	-0,57	0,45	0,62*	-0,52	0,69*	0,60*	0,99*	0,99*
Agosto	0,96*	0,96*	-0,09	0,36	-0,23	-0,20	0,29	0,22	0,40	-0,04	0,97*	0,97*
Setembro	0,93*	0,95*	0,24	0,68*	0,26	-0,40	0,09	0,71*	-0,01	-0,46	0,93*	0,94*
Outubro	0,95*	0,97*	0,13	0,72*	0,00	-0,36	0,18	0,69*	0,21	-0,30	0,88*	0,87*
Novembro	0,91*	0,96*	0,28	0,90*	-0,04	-0,78	0,09	0,75*	0,29	-0,51	0,97*	0,94*
Dezembro	0,89*	0,93*	0,59*	0,85*	0,12	-0,61	-0,19	0,61*	0,19	-0,20	0,92*	0,87*
Média	0,94*	0,96*	0,09	0,48	-0,08	-0,31	0,19	0,37	0,30	-0,15	0,96*	0,95*
<i>Teste t para dados pareados</i>												
Valor p	0,0023 ^{ns}		0,0007 ^{ns}		3,68E-08 ^{ns}		0,00005 ^{ns}		3,28E-10 ^{ns}		0,0251 ^{ns}	
Estatística t	2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010	

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,514$). ns= Não significativo pelo teste t para dados pareados a 5% de probabilidade (Rejeita-se H0 e há diferença entre as médias de ETP).

TABELA 5 – Média de todas as correlações parciais para a macrorregião I excluindo-se um dos métodos.

<i>Meses</i>	<i>Todos</i>	<i>r,exclui 1</i>	<i>r,exclui 2</i>	<i>r,exclui 3</i>	<i>r,exclui 4</i>
Janeiro	0,38	0,22	0,59*	-0,20	0,90*
Fevereiro	0,37	0,41	0,39	-0,25	0,94*
Março	0,41	0,51	0,36	-0,06	0,83*
Abril	0,40	0,43	0,41	0,27	0,50
Maiο	0,38	0,63*	0,15	0,49	0,27
Junho	0,36	0,77*	-0,02	0,73*	-0,02
Julho	0,36	0,77*	-0,02	0,67*	0,02
Agosto	0,38	0,55*	0,22	0,24	0,51*
Setembro	0,40	0,34	0,48	0,02	0,78*
Outubro	0,41	0,42	0,33	0,10	0,79*
Novembro	0,40	0,45	0,39	-0,13	0,87*
Dezembro	0,41	0,31	0,53*	0,03	0,80*
Média	0,39	0,48	0,32	0,16	0,60*

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,514$).

Já a macrorregião II, a qual apresenta a melhor espacialização de estações meteorológicas, apresentou correlações significativas ao excluir o método 4 (Tabela 7), o que corrobora na exclusão deste método para a estimativa da ETP assim como na macrorregião I. Além disso, pelo teste t para dados pareados, verificou que os métodos 1 e 2 são semelhantes entre si e possuem correlação parcial significativa ao excluir os métodos 3 e 4 (média de $r_{12,3} = 0,94$ e de $r_{12,4} = 0,97$) (Tabela 6).

Camargo e Camargo (2000) e Klosowski e Galvani (1997) observaram que Camargo (1971) fornece, basicamente, os mesmos resultados que o método tradicional de Thornthwaite (1948). Portanto, de acordo com as semelhanças estatísticas encontradas para esses dois métodos, recomenda-se a utilização de um desses métodos para a macrorregião II.

TABELA 6 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião II (1, 2, 3 e 4).

<i>Meses</i>	<i>r12,3</i>	<i>r12,4</i>	<i>r13,2</i>	<i>r13,4</i>	<i>r14,2</i>	<i>r14,3</i>	<i>r23,1</i>	<i>r23,4</i>	<i>r24,1</i>	<i>r24,3</i>	<i>r34,1</i>	<i>r34,2</i>
Janeiro	0,96*	0,98*	0,03	0,92*	-0,17	-0,86	0,23	0,85*	0,33	-0,72	0,99*	0,97*
Fevereiro	0,97*	0,98*	-0,08	0,92*	-0,18	-0,88	0,28	0,87*	0,33	-0,80	0,99*	0,99*
Março	0,95*	0,97*	-0,05	0,89*	-0,24	-0,82	0,33	0,77*	0,43	-0,64	0,99*	0,98*
Abril	0,90*	0,94*	-0,13	0,81*	-0,38	-0,72	0,46	0,60*	0,59*	-0,40	0,98*	0,96*
Mai	0,94*	0,96*	-0,27	0,65*	-0,50	-0,53	0,50	0,45	0,65*	-0,25	0,97*	0,96*
Junho	0,95*	0,97*	-0,52	0,18	-0,68	-0,09	0,65*	-0,02	0,78*	0,18	0,98*	0,97*
Julho	0,97*	0,98*	-0,65	0,09	-0,76	-0,02	-0,74	-0,06	-0,83	0,18	0,98*	0,98*
Agosto	0,98*	0,98*	-0,58	0,25	-0,68	-0,18	0,67*	0,12	0,75*	-0,02	0,99*	0,99*
Setembro	0,96*	0,97*	-0,12	0,60*	-0,28	-0,50	0,32	0,43	0,44	-0,30	0,99*	0,98*
Outubro	0,94*	0,96*	0,02	0,92*	-0,20	-0,86	0,28	0,78*	0,40	-0,65	0,99*	0,97*
Novembro	0,92*	0,96*	0,04	0,89*	-0,20	-0,81	0,30	0,75*	0,42	-0,58	0,98*	0,96*
Dezembro	0,90*	0,96*	0,19	0,92*	-0,21	-0,81	0,22	0,77*	0,43	-0,50	0,97*	0,92*
Média	0,94*	0,97*	-0,18	0,67*	-0,37	-0,59	0,29	0,53*	0,39	-0,38	0,98*	0,97*
	<i>Teste t para dados pareados</i>											
Valor p	0,0603	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0007 ^{ns}						
Estatística t	2,2010	2,2010	2,2010	2,2010	2,2010	2,2010						

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,514$). ns= Não significativo pelo teste t para dados pareados a 5% de probabilidade (Rejeita-se H0 e há diferença entre as médias de ETP).

TABELA 7 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião II excluindo-se um dos métodos.

<i>Meses</i>	<i>Todos</i>	<i>r,exclui 1</i>	<i>r,exclui 2</i>	<i>r,exclui 3</i>	<i>r,exclui 4</i>
Janeiro	0,37	0,52*	0,28	-0,21	0,91*
Fevereiro	0,37	0,54*	0,24	-0,24	0,93*
Março	0,38	0,58*	0,23	-0,17	0,88*
Abril	0,38	0,68*	0,15	-0,07	0,78*
Mai	0,38	0,71*	0,06	0,05	0,68*
Junho	0,36	0,80*	-0,08	0,35	0,38
Julho	0,09	-0,19	-0,14	0,38	0,34
Agosto	0,36	0,30	-0,09	0,26	0,45
Setembro	0,37	0,58*	0,19	0,05	0,67*
Outubro	0,38	0,55*	0,27	-0,19	0,89*
Novembro	0,39	0,57*	0,27	-0,16	0,86*
Dezembro	0,40	0,54*	0,30	-0,14	0,88*
Média	0,35	0,51	0,14	-0,01	0,72*

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,514$).

A macrorregião III representa a menor proporção em área e contém 11 estações meteorológicas com ótima espacialização. Nesta macrorregião, verificou-se significância para a correlação parcial entre os métodos 1 e 2, excluindo os métodos 3 e 4 (média dos métodos 1 e 2 de $r_{12,3} = 0,98$ e de $r_{12,4} = 0,98$) e entre os métodos 3 e 4, excluindo o 1 e 2 (média dos métodos 3 e 4 de $r_{34,1} = 0,99$ e de $r_{34,2} = 0,99$), demonstrando semelhanças na magnitude e no

comportamento da série de ETP (Tabela 8). No entanto, não foram observadas correlações parciais significativas ao se excluir um dos métodos (Tabela 9). Além disso, pelo teste t para dados pareados, em média, nenhum dos quatro métodos de ETP são semelhantes entre si (Tabela 8), não sendo possível escolher o melhor método de estimativa da ETP para essa macrorregião.

TABELA 8 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião III (1, 2, 3 e 4).

<i>Meses</i>	<i>r12,3</i>	<i>r12,4</i>	<i>r13,2</i>	<i>r13,4</i>	<i>r14,2</i>	<i>r14,3</i>	<i>r23,1</i>	<i>r23,4</i>	<i>r24,1</i>	<i>r24,3</i>	<i>r34,1</i>	<i>r34,2</i>
Janeiro	0,96*	0,96*	0,61*	0,78*	0,40	-0,65	-0,42	0,59	-0,21	-0,43	0,98*	0,97*
Fevereiro	0,98*	0,98*	0,48	0,88*	0,32	-0,82	-0,33	0,78*	-0,19	-0,69	0,99*	0,98*
Março	0,99*	0,99*	0,37	0,88*	0,30	-0,84	-0,27	0,83*	-0,21	-0,79	1,00*	1,00*
Abril	0,99*	0,99*	0,16	-0,09	0,09	0,16	-0,07	-0,17	0,00	0,24	1,00*	1,00*
Maio	0,99*	0,99*	-0,34	-0,72	-0,42	0,77*	0,43	-0,81	0,53	0,86*	0,99*	0,99*
Junho	0,99*	0,99*	-0,84	-0,91	-0,86	0,93*	0,87*	-0,94	0,90*	0,96*	0,99*	1,00*
Julho	0,99*	0,98*	-0,75	-0,87	-0,79	0,90*	0,81*	-0,92	0,86*	0,95*	0,99*	1,00*
Agosto	0,99*	0,99*	-0,81	-0,87	-0,82	0,88*	0,85*	-0,88	0,86*	0,90*	1,00*	1,00*
Setembro	0,97*	0,97*	0,01	-0,04	-0,08	0,13	0,19	-0,23	0,28	0,32	0,99*	0,99*
Outubro	0,98*	0,98*	0,53	0,76*	0,44	-0,71	-0,38	0,61*	-0,30	-0,55	1,00*	1,00*
Novembro	0,97*	0,97*	0,62*	0,81*	0,45	-0,73	-0,49	0,66*	-0,33	-0,57	0,98*	0,98*
Dezembro	0,98*	0,97*	0,69*	0,75*	0,57	-0,67	-0,57	0,60*	-0,45	-0,52	0,99*	0,99*
Média	0,98*	0,98*	0,06	0,11	-0,03	-0,05	0,05	0,01	0,14	0,06	0,99*	0,99*
<i>Teste t para dados pareados</i>												
Valor p	0,0016 ^{ns}		0,0000 ^{ns}		0,0000 ^{ns}		0,0000 ^{ns}		0,0001 ^{ns}		0,0038 ^{ns}	
Estatística t	2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010	

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,602$). ns= Não significativo pelo teste t para dados pareados a 5% de probabilidade (Rejeita-se H0 e há diferença entre as médias de ETP).

TABELA 9 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião III excluindo-se um dos métodos.

<i>Meses</i>	<i>Todos</i>	<i>r,exclui 1</i>	<i>r,exclui 2</i>	<i>r,exclui 3</i>	<i>r,exclui 4</i>
Janeiro	0,38	0,12	0,66*	-0,04	0,78*
Fevereiro	0,36	0,16	0,59	-0,18	0,88*
Março	0,35	0,17	0,55	-0,21	0,90*
Abril	0,36	0,31	0,41	0,46	0,24
Maio	0,35	0,65*	0,08	0,87*	-0,18
Junho	0,34	0,92*	-0,23	0,96*	-0,29
Julho	0,34	0,89*	-0,18	0,94*	-0,27
Agosto	0,34	0,90*	-0,21	0,93*	-0,25
Setembro	0,38	0,49	0,31	0,47	0,23
Outubro	0,36	0,11	0,65*	-0,09	0,78*
Novembro	0,36	0,05	0,68*	-0,11	0,81*
Dezembro	0,36	-0,01	0,75*	-0,07	0,77*
Média	0,36	0,40	0,34	0,33	0,37

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,602$).

Na macrorregião IV, onde encontra-se o menor número de estações meteorológicas, verificou-se que os métodos 1 e 2 apresentam semelhanças na magnitude e no comportamento (média de $r_{12,3}= 0,98$ e de $r_{12,4}= 0,97$), assim como os métodos 3 e 4 (média de $r_{34,1}= 0,98$ e de $r_{34,2}= 0,97$) (Tabela 10). Correlações significativas foram observadas ao excluir o método 4 (média $r_{\text{exclui4}}= 0,79$) (Tabela 11), o que corrobora na exclusão deste método, assim como o método 3, que possui médias semelhantes ao método 4 pelo teste t pareado ($p= 0,0502$) (Tabela 10). Dessa forma, os métodos 1 e 2 são os mais recomendados para a macrorregião IV.

TABELA 10 - Valores de correlação parcial entre os métodos de ETP estimados para a macrorregião IV (1, 2, 3 e 4).

Meses	$r_{12,3}$	$r_{12,4}$	$r_{13,2}$	$r_{13,4}$	$r_{14,2}$	$r_{14,3}$	$r_{23,1}$	$r_{23,4}$	$r_{24,1}$	$r_{24,3}$	$r_{34,1}$	$r_{34,2}$
Janeiro	0,94*	0,97*	0,34	0,95*	0,00	-0,87	-0,01	0,85*	0,20	-0,65	0,98*	0,94*
Fevereiro	0,97*	0,99*	-0,26	1,00*	-0,34	-0,99	0,47	0,99*	0,44	-0,97	1,00*	1,00*
Março	0,96*	0,98*	0,07	0,98*	-0,14	-0,95	0,19	0,93*	0,28	-0,85	0,99*	0,98*
Abril	0,96*	0,98*	0,24	0,92*	0,02	-0,85	0,00	0,83*	0,14	-0,70	0,99*	0,97*
Maiο	0,99*	0,99*	-0,60	0,68	-0,70	-0,61	0,68	0,62	0,75*	-0,52	0,99*	0,98*
Junho	0,98*	0,99*	-0,55	0,44	-0,68	-0,37	0,62	0,33	0,73*	-0,22	0,98*	0,97*
Julho	0,99*	0,99*	-0,66	0,35	-0,78	-0,29	0,71*	0,25	0,81*	-0,15	0,98*	0,98*
Agosto	0,99*	0,99*	-0,16	0,26	-0,26	-0,18	0,24	0,16	0,34	-0,07	0,99*	0,99*
Setembro	0,99*	0,99*	0,12	0,45	0,16	-0,33	-0,01	0,48	-0,06	-0,37	0,99*	0,99*
Outubro	0,99*	0,99*	-0,07	0,81*	0,04	-0,74	0,19	0,88*	0,06	-0,83	0,99*	0,99*
Novembro	0,94*	0,97*	0,28	0,94*	0,11	-0,87	0,05	0,89*	0,11	-0,77	0,98*	0,97*
Dezembro	0,90*	0,96*	0,41	0,94*	-0,05	-0,81	0,03	0,82*	0,31	-0,48	0,96*	0,89*
Média	0,97*	0,98*	-0,07	0,73*	-0,22	-0,66	0,26	0,67	0,34	-0,55	0,98*	0,97*
<i>Teste t para dados pareados</i>												
Valor p	0,0038 ^{ns}		0,0004 ^{ns}		0,0000 ^{ns}		0,0001 ^{ns}		0,0000 ^{ns}		0,0502	
Estatística t	2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010		2,2010	

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,707$). ns= Não significativo pelo teste t para dados pareados a 5% de probabilidade (Rejeita-se H0 e há diferença entre as médias de ETP).

TABELA 11 - Média de todas as correlações parciais para a macrorregião IV excluindo-se um dos métodos.

<i>Meses</i>	<i>Todos</i>	<i>r,exclui 1</i>	<i>r,exclui 2</i>	<i>r,exclui 3</i>	<i>r,exclui 4</i>
Janeiro	0,39	0,39	0,43	-0,19	0,93*
Fevereiro	0,36	0,63	0,13	-0,33	0,99*
Março	0,37	0,49	0,30	-0,28	0,96*
Abril	0,37	0,38	0,41	-0,20	0,91*
Mai	0,35	0,80*	-0,11	-0,05	0,76*
Junho	0,35	0,78*	-0,08	0,13	0,58
Julho	0,35	0,83*	-0,15	0,18	0,53
Agosto	0,36	0,52	0,19	0,25	0,47
Setembro	0,37	0,31	0,42	0,09	0,64
Outubro	0,36	0,41	0,32	-0,19	0,89*
Novembro	0,38	0,38	0,46	-0,23	0,94*
Dezembro	0,41	0,43	0,42	-0,13	0,91*
Média	0,37	0,53	0,23	-0,08	0,79*

*= Correlação parcial significativa a 5% de probabilidade ($r \geq 0,707$).

Para não haver diferença na escolha dos métodos de ETP entre as macrorregiões e possíveis discrepâncias nos resultados do balanço hídrico, optou-se por escolher apenas um método para a estimativa da ETP em todas as macrorregiões. O método 4, indicado para a determinação da ETP em condições de clima árido e semi-árido (PEREIRA et al., 1997), foi considerado o que mais se difere dos demais, nas macros I, II e IV, sendo portanto, refutado. Já o método 1; que representa bem a evapotranspiração para várias localidades (SENTELHAS et al., 2010; SILVA et al., 2005; XU e CHEN 2005, SYPERRECK et al., 2008); e o método 2, foram considerados os mais recomendados para as macros I, II, e IV.

Além do método de Thornthwaite (1948) apresentar bons resultados para a região, é o método mais utilizado para estimativa de ETP quando se trata de balanço hídrico climatológico (PEREIRA et al., 2002), e é o método mais difundido no Brasil (SENTELHAS et al., 2008). Por esses motivos foi considerado o método mais recomendado para Minas Gerais.

4.2. Balanço Hídrico Climatológico

As quatro aferições do balanço hídrico climatológico foram atendidas para as 49 estações meteorológicas estudadas (Anexos: tabelas 12 à 60). As tabelas do anexo evidenciam os resultados do balanço hídrico climatológico, contabilizando os volumes e os respectivos períodos de deficiência e excedente hídrico. No estado de Minas Gerais, 29 estações foram

consideradas aptas, sendo que os menores valores de DEF localizavam-se nas estações mais ao sul enquanto os maiores nas estações ao norte.

Todas as estações consideradas aptas ao cultivo apresentaram um período de estiagem compreendido entre o fim do outono e o inverno (Figura 4a), com maiores valores de DEF entre julho a setembro e pico em agosto. Isso ocorre principalmente em função do regime pluviométrico que influencia diretamente a evapotranspiração (Figura 4b). Com essas informações, é possível que ocorra necessidade de irrigação em agosto e setembro, já que são nessas épocas que ocorrem o início do florescimento e frutificação, fases em que há maior demanda hídrica por parte da oliveira (STEDUTO et al., 2012).

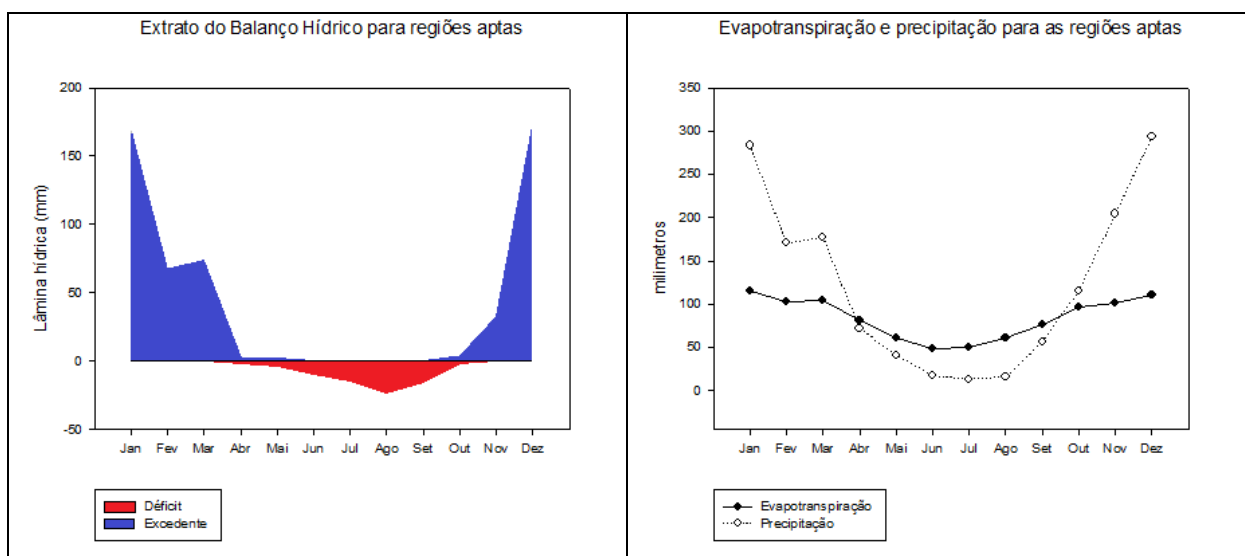


FIGURA 4 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações aptas ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações aptas ao cultivo de oliveira.

Nas 19 estações consideradas inaptas ao cultivo da oliveira, há grande DEF em quase todas estas estações, principalmente no mês de setembro (média de DEF = 80mm), com exceção de Frutal que apresentou maior DEF em agosto. Esse atraso no mês de maior deficiência hídrica contribuiu para o prolongamento do período seco e conseqüentemente para os valores elevados de DEF nessas estações (Figura 5a). Assim como nas regiões aptas, esse comportamento da DEF é intrínseco a relação precipitação e evapotranspiração (Figura 5b). O EXC nessas estações é bem baixo, ou nulo em várias estações.

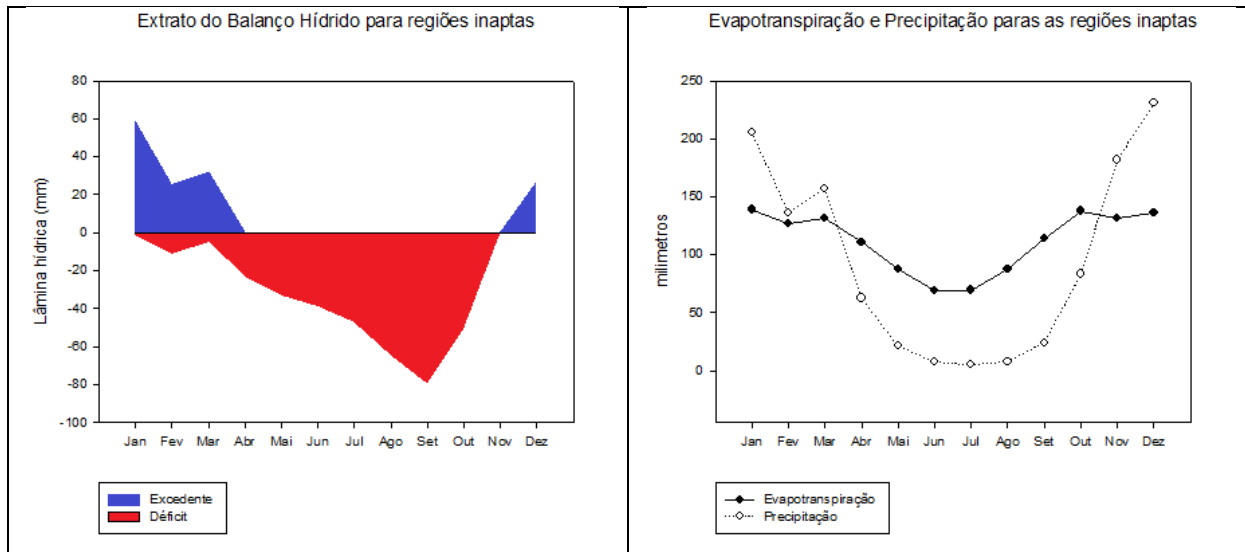


FIGURA 5 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações inaptas ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações inaptas ao cultivo de oliveira.

Carbonita foi a única estação considerada marginal ao cultivo de oliveira. A DEF ocorre de abril a outubro, sendo maior em setembro (Figura 6a).

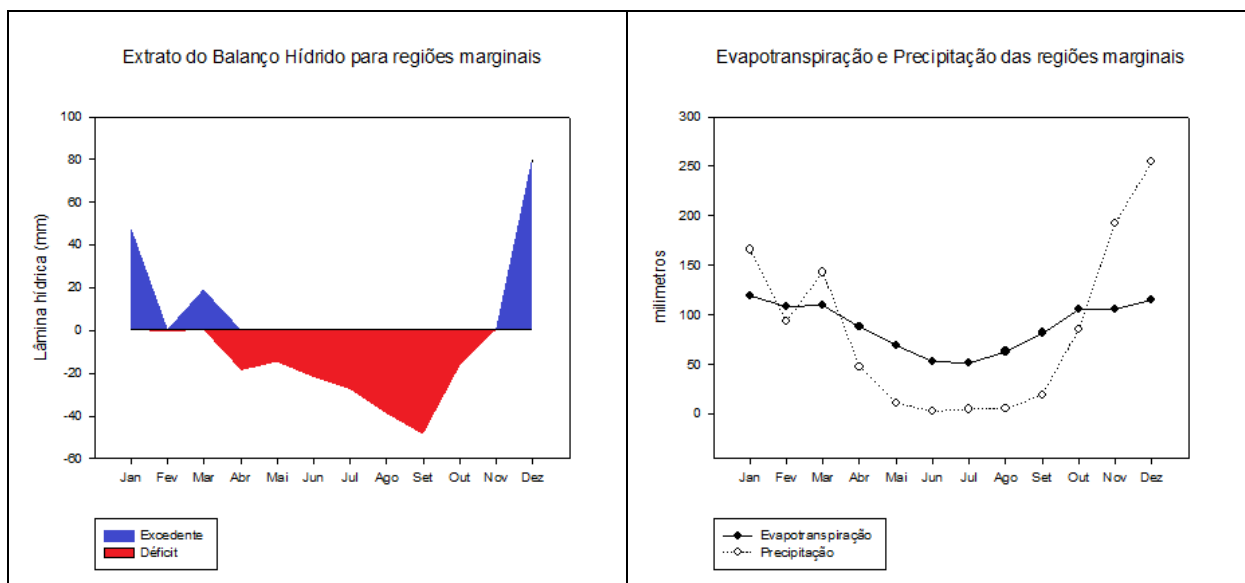


FIGURA 6 - a) Extrato do balanço hídrico climatológico médio para as estações marginais ao cultivo de oliveira. b) Comparação da evapotranspiração e precipitação para as estações marginais ao cultivo de oliveira.

4.3. Zoneamento climático baseado no balanço hídrico climatológico e projeções de mudanças climáticas

Minas Gerais e grande parte do Brasil apresentam-se vulneráveis às mudanças climáticas projetadas para ocorrerem no século XXI. De maneira geral, os modelos climáticos preveem para o final do século um aumento de temperatura para todo o estado, podendo

chegar até 5°C no Norte de Minas (IPCC, 2013). Além disso, apresentam tendências bastante heterogêneas nos padrões de possíveis mudanças na precipitação, com reduções de chuvas nas regiões norte de Minas Gerais e um aumento de precipitação na parte central e no sul do estado.

De maneira mais detalhada, é apresentada a distribuição espacial em Minas Gerais das projeções de mudanças de temperatura média para as PR1, PR2 e PR3; respectivamente (Figuras 7, 8 e 9). Para a elaboração dessas imagens foi utilizado a forçante RCP 4.5, pois é a forçante que representa um comportamento intermediário dos cenários (RCPs 2.6, 4.5, 6.0, e 8.5). Em todo o estado e nas 3 projeções só é esperado um aumento de temperatura, sendo ameno no primeiro período e intensificando em direção ao último.

Com relação a PR1 (Figura 7), o aumento de temperatura não ultrapassa 2° C, sendo que a maior elevação ocorre na primavera. Na PR2 (Figura 8), as alterações alcançam um aumento de 3°C e a primavera continua sendo a estação mais afetada, sendo as regiões oeste e norte do estado as que exibem maiores amplitudes de mudanças. Para o final do século (PR3, Figura 9), os padrões de mudança apresentam-se semelhantes ao das demais projeções, mas é o mais intenso, com um aumento de até 5°C na primavera em algumas localidades do estado.

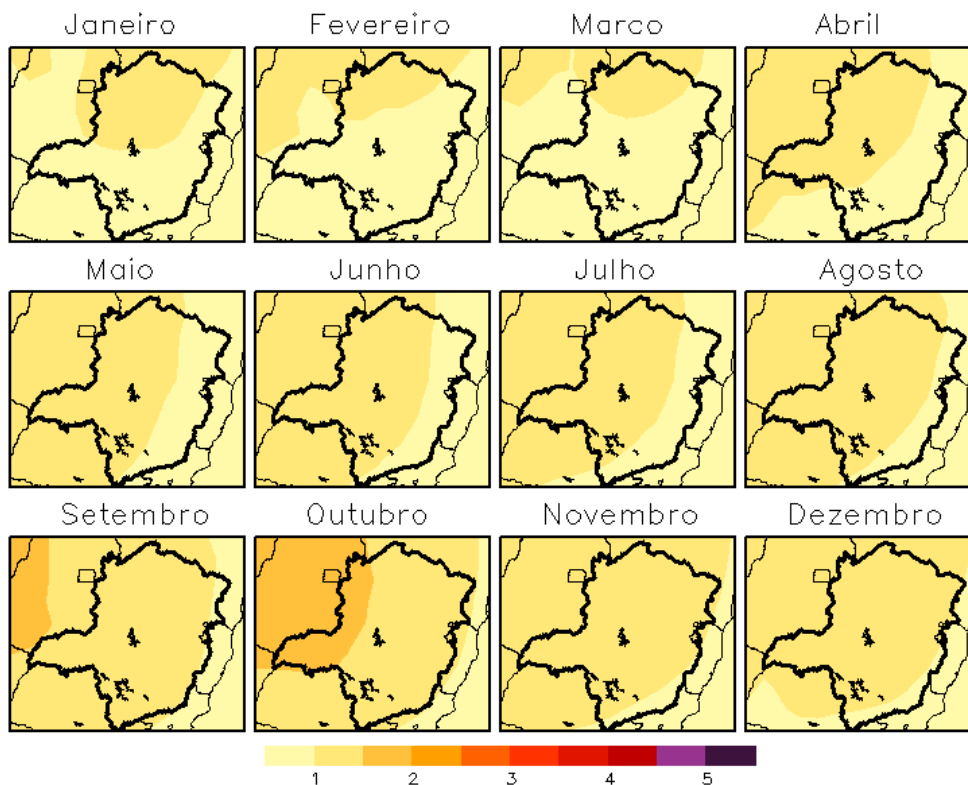


FIGURA 7 - Variação de temperatura do ar (°C) para o estado de Minas Gerais para a PR1.

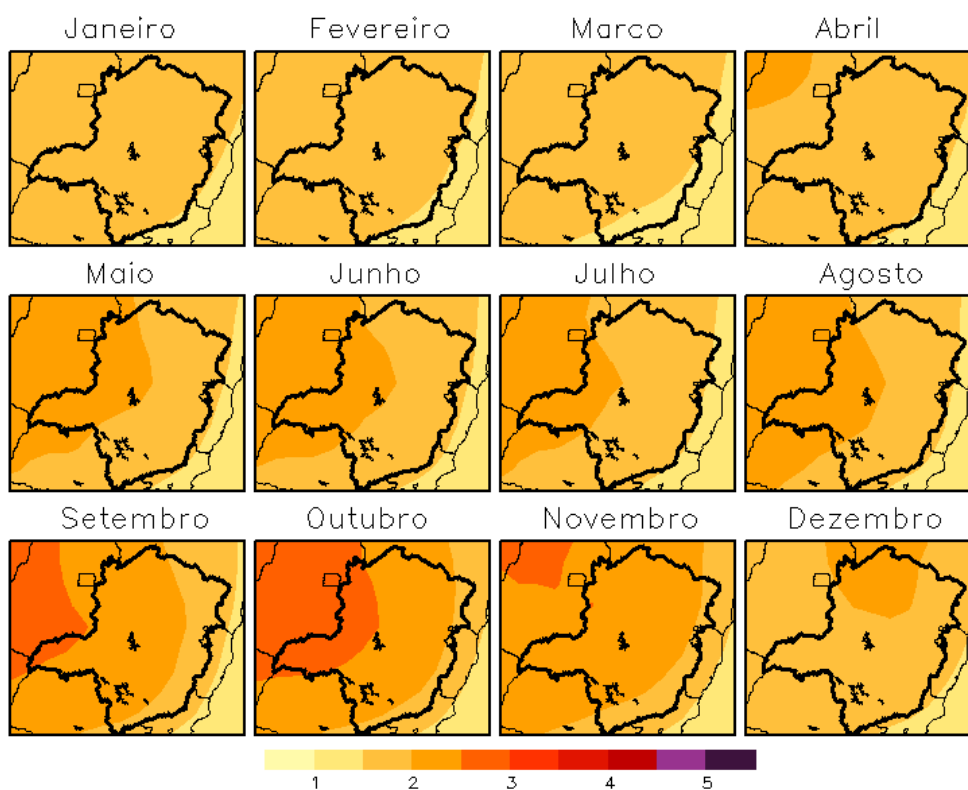


FIGURA 8 - Variação de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) para o estado de Minas Gerais para a PR2.

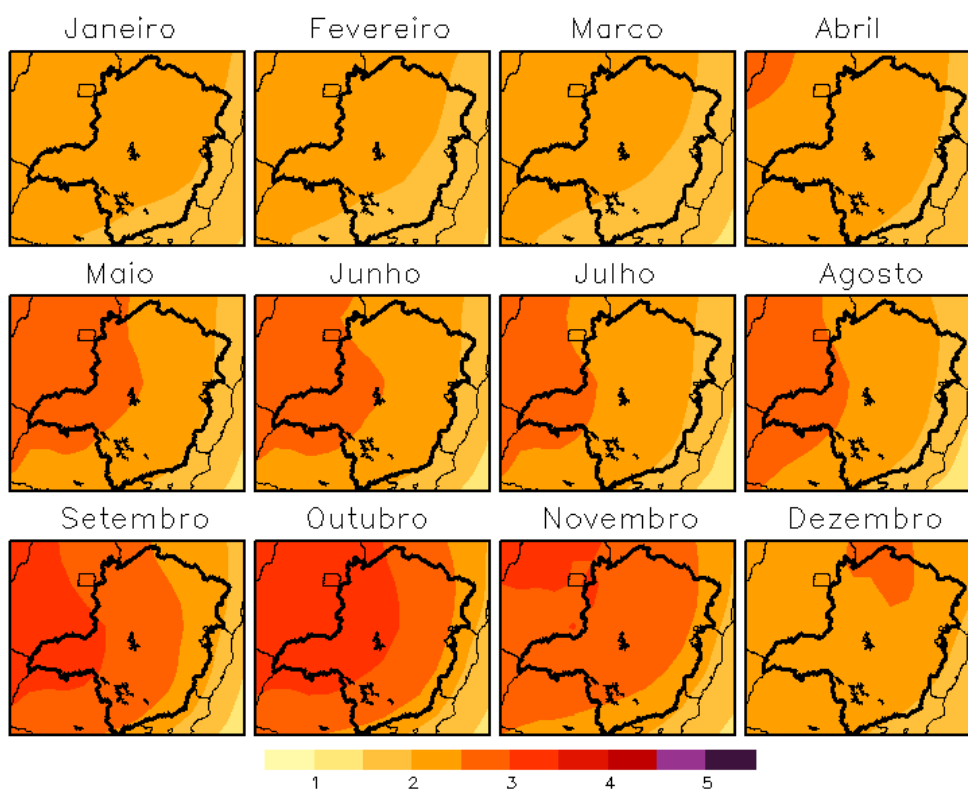


FIGURA 9 - Variação de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) para o estado de Minas Gerais para a PR3.

Nas figuras 10, 11 e 12 é apresentada a distribuição espacial em Minas Gerais das projeções de mudança de precipitação média para as PR1, PR2 e PR3; respectivamente. Também foi utilizado a forçante RCP 4.5 para a elaboração dessas imagens. Ao contrário da temperatura, a precipitação apresenta padrões de mudanças bem irregulares. Além disso, a magnitude das mudanças projetadas não apresentam tendências claras de aumentos com o passar dos anos.

Na figura 10 observam-se os padrões da PR1, que de maneira geral exibe um aumento de precipitação no verão; principalmente em janeiro. Na primavera e em março grande parte do estado apresenta diminuição da precipitação, exceto no extremo sul do estado. No inverno e em maio o padrão é de pouca variação, com uma pequena diminuição de precipitação no nordeste de Minas Gerais e um pequeno aumento no sul. Nas figuras 11 e 12 relativos a 2041-2070 e 2071-2100, respectivamente, a distribuição das projeções de mudanças de precipitação apresentam padrões bastante semelhantes ao da PR1, com pequenas variações em magnitude.

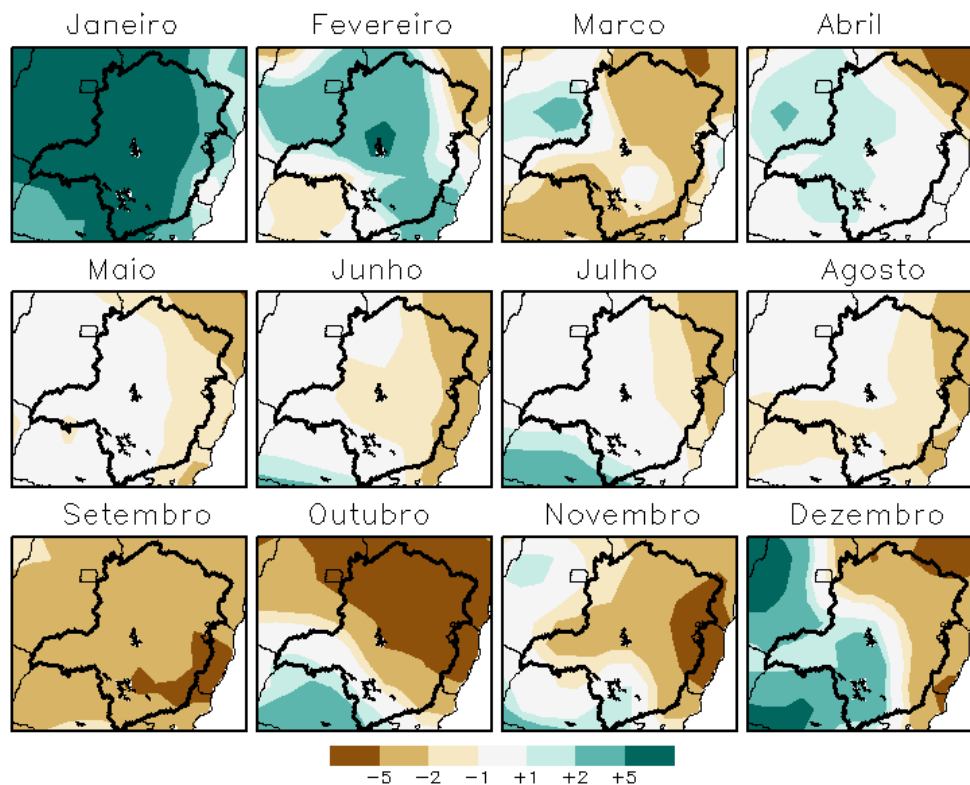


FIGURA 10 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR1.

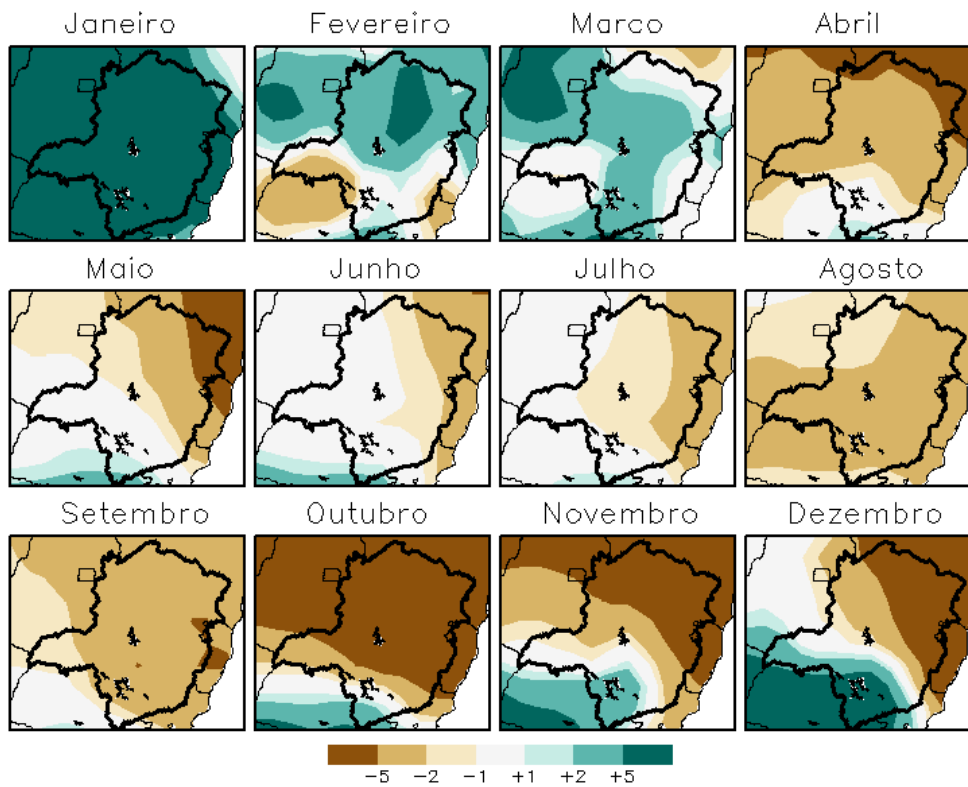


FIGURA 11 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR2.

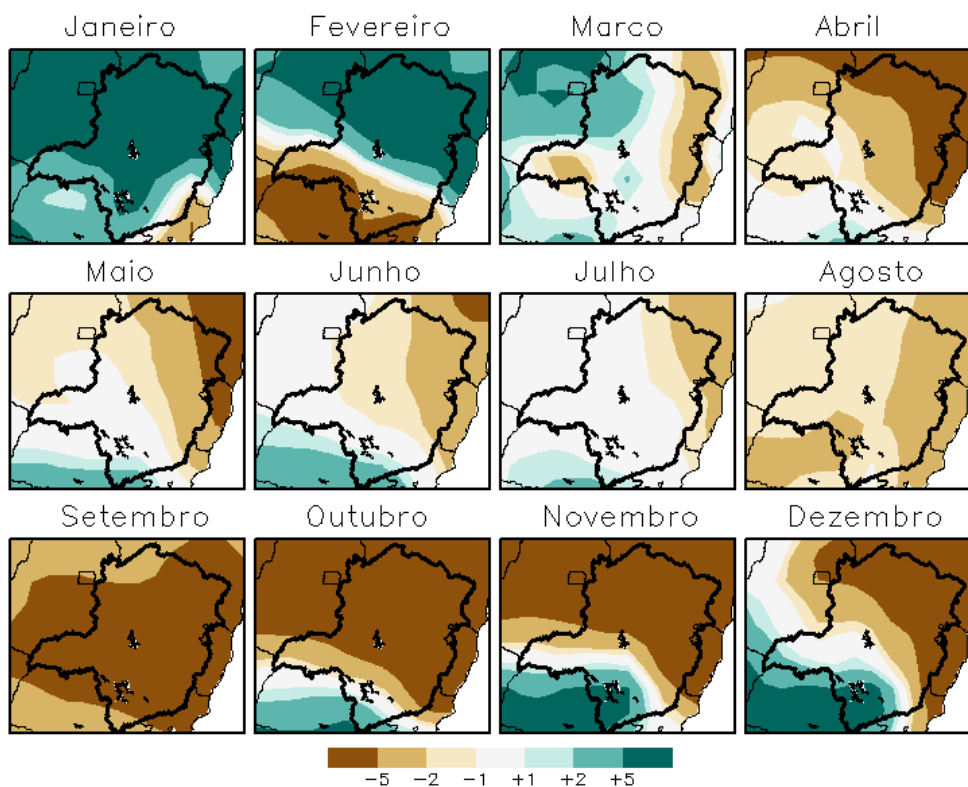


FIGURA 12 - Projeções de mudanças de precipitação (mm) para o estado de Minas Gerais para a PR3.

Pelo zoneamento de aptidão climática para a cultura da oliveira baseado no balanço hídrico climatológico considerando o PE (Figura 13) percebe-se que dos 586.528 km² de área total de Minas Gerais cerca de 48% dessa área são consideradas inaptas ao cultivo dessa cultura (aproximadamente 281.533 km²), e concentradas no norte e no triângulo mineiro, onde são registrado as maiores temperaturas do ar. As áreas consideradas marginais ao cultivo ficam concentradas na região de transição entre a área inapta e apta, a qual representa 15% do estado (aproximadamente 87.980 km²), nessas regiões o cultivo pode ser incentivado desde que sejam associados com práticas de irrigações suplementares, a fim de reduzir a DEF anual. As áreas aptas abordam cerca de 37% do estado (aproximadamente 217.015 km²), e estão concentradas principalmente na região centro-sul, sendo as regiões que apresentam as maiores altitudes e conseqüentemente as menores temperaturas do ar que acabam por promover menor evapotranspiração. No entanto, a aptidão da oliveira segundo o balanço hídrico possui algumas limitações, pois além de nessecidades hídricas a oliveira possui nessecidades nutricionais e térmicas; dessa forma, a área realmente apta ao cultivo da oliveira em Minas Gerais deve ser bem menor do que 37%.

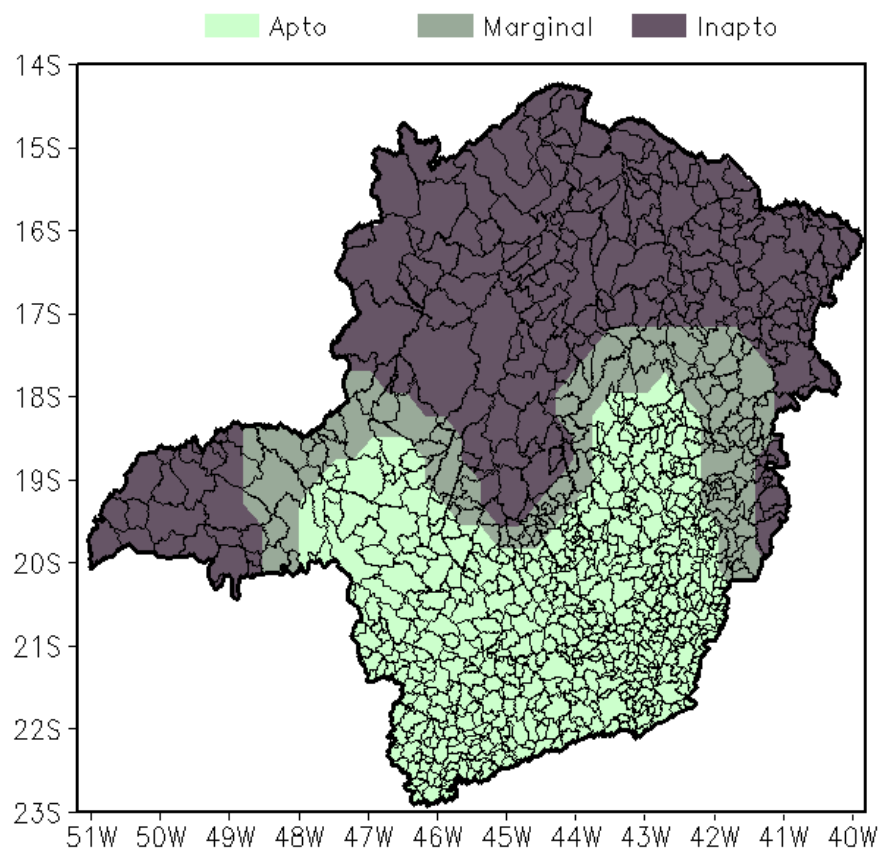


FIGURA 13 - Zoneamento de aptidão climática para a cultura de oliveira em Minas Gerais considerando o período presente (período médio de 1980 – 2010) baseado no balanço hídrico climatológico.

Irão ocorrer modificações no zoneamento de aptidão climática da oliveira, principalmente pelas projeções de mudanças de temperatura do ar e precipitação (Figuras 7 à 12). De maneira geral, projeta-se um aumento crescente e gradual de temperatura do ar, chegando à 5°C (PR3) para algumas localidades. Esse aumento de temperatura ocorrerá, principalmente, nos meses de setembro, outubro e novembro, nos quais a oliveira encontra-se no período reprodutivo (florescimento e frutificação) (SÁNZ-CORTÉZ et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012). Temperaturas elevadas no período de florescimento, mais precisamente no início do florescimento, que ocorre desde meados de agosto ao final de setembro (OLIVEIRA et al., 2012; STEDUTO et al., 2012) são prejudiciais para a oliveira, uma vez que causa abortamento floral, que por sua vez, reduz drasticamente a produção (GARCÍA-MOZO et al., 2010).

Por outro lado, as projeções de precipitação são bastante heterogêneas, convergindo para um favorecimento de aumento de extremos, com chuvas acima da média nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e chuvas abaixo da média nos meses de julho, agosto e setembro. De maneira geral, ambos cenários prejudicam o cultivo da oliveira, que necessita de chuvas no início do florescimento, precisamente no estágio inicial de abertura de flores que ocorre desde agosto até o início de setembro para haver a polinização efetiva. Por outro lado, excesso de chuvas no florescimento pleno, que ocorre a partir do início de setembro até final de outubro, também são prejudiciais, pois dificulta a polinização e a formação dos frutos (GARCÍA-MOZO et al., 2010).

Pela figura 14 é possível notar uma redução na área apta e um avanço das áreas marginais e inaptas em direção ao sul do estado, sendo que as áreas aptas se restringirão para latitudes mais distantes do Equador. Isso concorda com alguns resultados encontrados para o Mediterrâneo, em que as áreas aptas ao cultivo deverão estar afastadas do Equador (TANASIJEVIC et al., 2014). Também é possível notar uma grande relação do zoneamento com a altitude do local, pois os locais de maiores altitudes são os que apresentam menor influência das possíveis alterações no clima; e portanto são as regiões que demorariam mais para se tornarem inaptas.

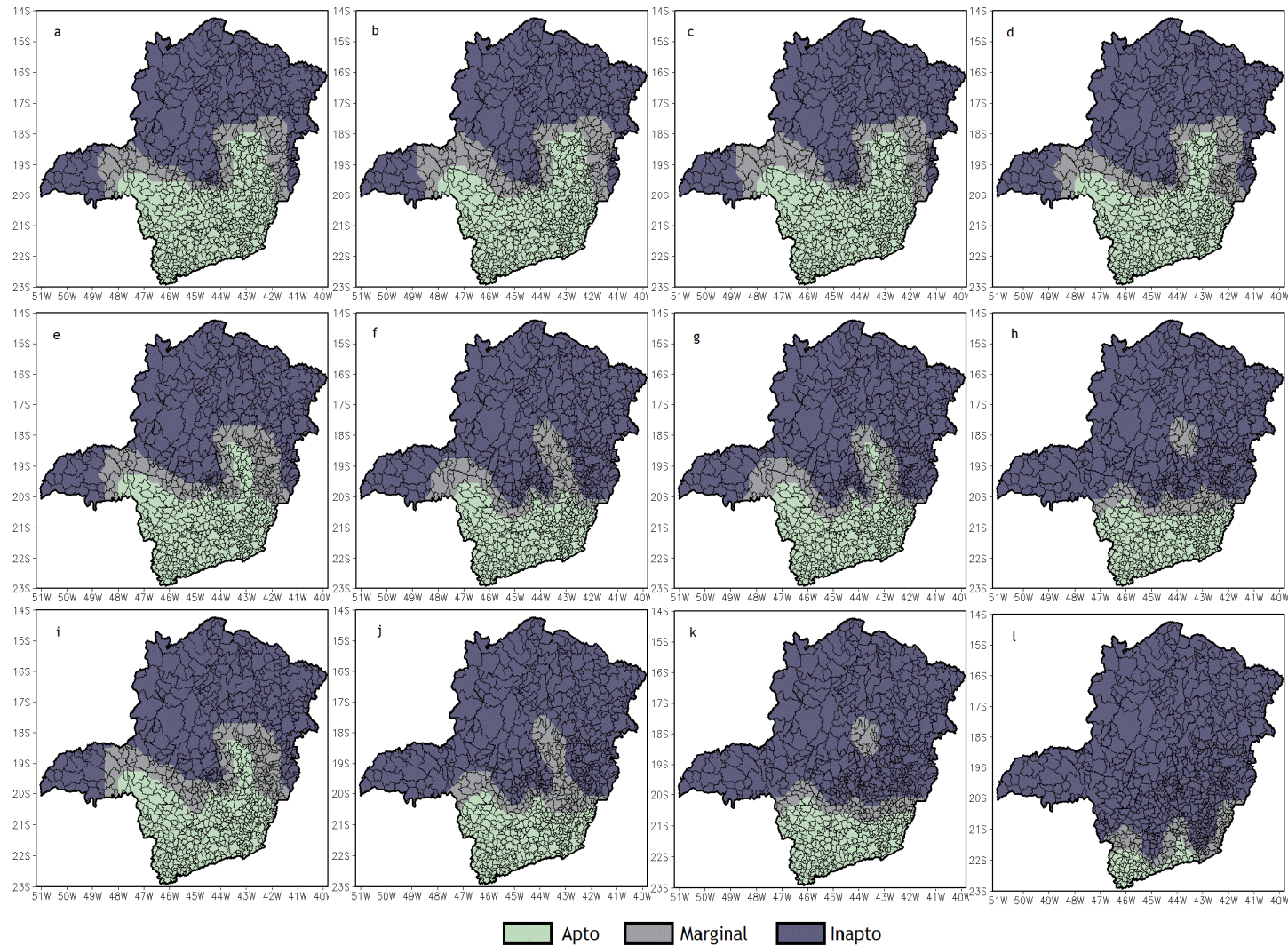


FIGURA 14 - Zoneamento de aptidão climática para a oliveira no estado de Minas Gerais. a) Forçante RCP 2.6 para o período PR1, b) forçante RCP 4.5 para o período PR1, c) forçante RCP 6.0 para o período PR1, d) forçante RCP 8.5 para o período PR1, e) forçante RCP 2.6 para o período PR2, f) forçante RCP 4.5 para o período PR2, g) forçante RCP 6.0 para o período PR2, h) forçante RCP 8.5 para o período PR2, i) forçante RCP 2.6 para o período PR3, j) forçante RCP 4.5 para o período PR3, k) forçante RCP 6.0 para o período PR3, l) forçante RCP 8.5 para o período PR1.

Como esperava-se ao se acrescentar as variações de temperatura do ar e de precipitação (Figura 7 e 10), prevista para os próximos 30 anos (PR1); observou-se pouca alteração no zoneamento climático nos quatro cenários em relação ao zoneamento para o PE. Já na PR3 ao se acrescentar as variação de temperatura e de precipitação (Figura 9 e 12), observa-se grandes diferenças nas áreas aptas, inaptas e marginais em todos os cenários.

Analisando separadamente as forçantes (Tabela 12) no PR1 de 2011 a 2040, verifica-se que para a forçante RCP 2.6 a área apta diminui de 37% para 32%, a área marginal diminui de 15% para 14% e a área inapta aumenta de 48% para 54% da área de Minas Gerais. Para a forçante RCP 4.5 a área apta é a mesma em relação à RCP 2.6, a área marginal aumenta para 16%, e a área inapta para de 52%. Essa transferência de 2% das áreas inaptas para áreas marginais deve-se a um pequeno aumento de precipitação, com redução da evapotranspiração e da DEF anual (inferior a 200 mm). Para a forçante RCP 6.0 a única alteração em relação à RCP 4.5 é um pequeno aumento na área apta (33%) com migração da área marginal (15%). Para a forçante mais intensa, RCP 8.5, a área apta diminui para 29%, inapta aumentou para 55% e a marginal fica com 16% da área total do estado.

TABELA 12 - Proporção de áreas aptas, marginais e inaptas ao cultivo de oliveira para os período presente e para os três períodos de projeções.

Projeções	RCPs	Área apta		Área inapta		Área marginal	
		%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
PE	-	37	217015	48	281533	15	87979
PR1	RCP 2.6	32	187689	54	316725	14	82114
	RCP4.5	32	187689	52	304995	16	93844
	RCP 6.0	33	193554	52	304995	15	87979
	RCP 8.5	29	170093	55	322590	16	93844
PR2	RCP 2.6	27	158362	57	334321	16	93844
	RCP4.5	21	123171	67	392974	12	70383
	RCP 6.0	22	129036	66	387109	12	70383
	RCP 8.5	17	99710	75	439896	8	46922
PR3	RCP 2.6	26	152497	58	340186	16	93844
	RCP4.5	18	105575	71	416435	11	64518
	RCP 6.0	16	93844	76	445761	8	46922
	RCP 8.5	4	23461	90	527875	6	35192

Na PR2, o aumento de temperatura próximo a 3°C (Figura 8) e as variações de precipitação (Figura 11), prevista para os próximos 60 anos, começam a ser mais impactantes, interferindo em um aumento na demanda evapotranspirativa, provocando maior deficiência hídrica e por conseguinte uma diminuição considerável na área apta para todos os cenários, sendo maior para a RCP 8.5.

Na PR3, o aumento de inaptidão ao cultivo de oliveira é mais catastrófico, sendo de 26% para RCP 2.6 e de 90% para o RCP 8.5. Ainda para RCP 8.5 o cultivo de oliveira seria viável apenas no extremo sul do estado, desde que associados com práticas de irrigações suplementares, a fim de reduzir a DEF anual.

Modificações de temperatura e precipitação podem afetar negativamente o cultivo da oliveira, principalmente por alterar a evapotranspiração (TANASIJEVIC et al., 2014). Através da evapotranspiração, as plantas dissipam o calor proveniente da radiação solar para a atmosfera, mantendo a temperatura dos tecidos em padrões apropriados ao metabolismo das plantas (MORENO-FONSECA, 2009; TAIZ e ZEIGER, 2009). Aumento de temperatura tende a elevar a evapotranspiração, fazendo com que as plantas percam água para a atmosfera em taxas elevadas. No entanto, com a redução da precipitação, a oferta de água para as plantas é inferior à taxa evaporativa, podendo resultar em uma situação de déficit hídrico (SHAO et al., 2009). A redução da área foliar e o fechamento estomático são as principais estratégias de defesa ao déficit hídrico pelas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009) e como consequência, ocorre a redução das trocas gasosas (transpiração e assimilação de CO₂ para a realização da fotossíntese). Esses fatores aliados são os responsáveis pela redução da produtividade e da qualidade da produção (ASSAD et al., 2004; SHAO et al., 2009), incluindo a oliveira (ANGELOPOULOS et al., 1996).

Em nível fisiológico, com a redução do conteúdo de água disponível as plantas há contração celular e as paredes celulares afrouxam (TAIZ e ZEIGER, 2009). Esse decréscimo de volume celular resulta em menor pressão de turgor e perda de solutos pelas células, o que afeta a expansão celular, assim como todas as atividades dependentes do conteúdo de água nas células (SHAO et al., 2009), como: expansão foliar, crescimento dos ramos, tronco e tamanho dos frutos.

Em qualquer período do ano a DEF afeta a fenologia vegetativa (emissão de folhas e crescimento de brotos) e reprodutiva (inflorescência, floração, frutificação e maturação) da oliveira e como consequência reduz o número de flores e também o crescimento dos frutos (GARCÍA-MOZO et al., 2010; TANASIJEVIC et al., 2014). Se a DEF ocorrer na fase da inflorescência e início da floração, que ocorre entre agosto-setembro (OLIVEIRA et al., 2012;

STEDUTO et al., 2012), haverá redução do número de inflorescência, aumento na produção de flores imperfeitas e abortamento floral (ORGAZ e FERERES, 1999). Por outro lado, excesso de precipitação na plena floração, entre meados de setembro à novembro causa lavagem do pólen e portanto menos polinização. Se a DEF ocorrer na fase de frutificação, que ocorre entre novembro à meados de janeiro, haverá uma redução no crescimento, má formação e senescência dos frutos (ORGAZ e FERERES, 1999; BARRERA e CONTRERAS 2002; GARCÍA-MOZO et al., 2010). No entanto, na frutificação não pode haver excedente hídrico, por causar redução no teor de óleo do fruto. Se a DEF ocorrer na maturação, que ocorre entre meados de janeiro à março, haverá frutos de tamanho pequeno, baixa relação polpa/peso, redução no rendimento e má qualidade da flor para a produção do ano seguinte (ORGAZ e FERERES, 1999).

García-Mozo et al., (2010) avaliaram as tendências fenológicas no sul da Espanha em resposta as mudanças climáticas e verificaram que o aumento da temperatura média anual também prejudica polinização, encurta a duração da fase de florescimento e frutificação (TANASIJEVIC et al., 2014) e aumenta a respiração do tecido celular (TAIZ e ZEIGER, 2009), principalmente em plantas de metabolismo C₃ como a oliveira, levando a menor produtividade. Altas temperaturas do ar (acima da temperatura ótima, ex: 14,7°C e 16,1°C (LISBOA et al., 2012) também resultam na redução da taxa fotossintética, possivelmente, devido à redução da eficiência do fotossistema II (aparato fotossintético), ao aumento na respiração de manutenção e à redução da área foliar. Além disso, alterações nas fases de desenvolvimento da oliveira, poderá ter impacto no manejo da cultura com antecipação do florescimento e maturação, adiantando a colheita, e provável ocorrência de eventos meteorológicos adversos durante essas fases. Por esses motivos, as projeções dos modelos do CMIP5, tanto em temperatura quanto em precipitação, irão afetar o cultivo de oliveira, reduzindo substancialmente a área apta ao seu cultivo em Minas Gerais.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, conclui-se que os quatro métodos de estimativa mensal de evapotranspiração considerados nesse trabalho final de graduação apresentam pouca variação em relação à macrorregião, sendo o comportamento e magnitudes das séries de ETPs do método de Thornthwaite (1948) similares as de Camargo (1971), enquanto que o comportamento e magnitudes das séries de ETPs do método de Camargo (1999) foram semelhantes as de Hargreaves e Samani (1985). Em praticamente todas as macrorregiões o método de Hargreaves e Samani (1985) foi o menos recomendado e os métodos de Thornthwaite (1948) e Camargo (1971) os mais recomendados. Deste modo, com esses resultados e com as informações da literatura optou-se pela utilização do método de Thornthwaite (1948).

Pode-se concluir também que apenas nas latitudes de -18° a -23° registraram estações com condições climáticas favoráveis ao cultivo da oliveira, sendo que ao sul da latitude de $-20^{\circ}30'$ todas as estações foram classificadas como aptas. O EXC e a DEF estão diretamente relacionados ao regime pluviométrico e a evapotranspiração. As estações consideradas aptas apresentam DEF em um período menor; de abril a outubro, sendo o mês de agosto o mais crítico, já as estações inaptas apresentam DEF de janeiro a outubro, tendo como mês mais crítico o mês de setembro.

As serras da Mantiqueira e do Espinhaço na região centro-sul do estado favorecem a aptidão do cultivo de oliveira em algumas cidades de Minas Gerais, sendo a altitude um fator propício ao cultivo e que dificulta a influência das mudanças climáticas na produção de oliveira. E isso contribui para que as estações do centro-sul do estado fossem classificadas como aptas e as estações do norte e nordeste serem classificadas como inaptas.

O déficit hídrico afeta vários estágios da oliveira ao longo do ano. Assim a deficiência hídrica pode afetar a expansão foliar, crescimento dos ramos e tronco, sendo mais impactante na floração e frutificação, principalmente nos meses de verão. Mesmo a oliveira sendo bastante resistente a deficiência hídrica, com as mudanças climáticas os danos à cultura serão drásticos e em culturas menos exigentes provavelmente será pior.

Pelo zoneamento climático baseado no balanço hídrico climatológico para a cultura da oliveira em Minas Gerais para o clima presente (período médio de 1980-2010) cerca de 48% do estado apresenta áreas inaptas, 37% apresenta áreas aptas, e 15% do estado apresenta áreas marginais. E com as mudanças climáticas será reduzido grande parte da área apta, além de haver um deslocamento das áreas marginais e inaptas para o sul do estado.

Para o final do século (2071-2100) no cenário de alterações climáticas mais intenso praticamente todo o estado de Minas Gerais seria inapto ao cultivo de oliveira, sendo viável apenas no extremo sul do estado. A área apta diminuiria para apenas 4% (aproximadamente 23.461 km²) da área total do estado, a área marginal diminuiria para 6% (aproximadamente 35.192 km²) do estado e a área inapta aumentaria para 90% (aproximadamente 52.7875 km²) do estado de Minas Gerais. Portanto estudos desse tipo são muito importantes, e devem ser mais incentivados; pois dessa forma pode-se planejar várias atividades agrícolas.

6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines of computing crop water requirements**. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56, Roma, p.300, 1998.
- ANGELOPULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees during water stress and rewatering. **Journal of Experimental Botany**. v47, p. 1093-1100, 1996.
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; BELTRÃO, N. E. M.; PINTO, H. S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.1-8, jan. 2013.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; JUNIOR, J. Z.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, 2004.
- ASSAD, E. D.; SILVA, S. C. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.536-543, 2001.
- AYERZA, R.; SIBBETT, G.S. Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. **Agricultural, ecosystems and Environment**, v.84, n.3, p.277-285, 2001.
- BARRERA, L. M.; CONTRERAS, F. T. Riego del olivar en el Valle del Huasco. **BOLETIN INIA**, v.72, Chile, 2002.
- BERTONCINI, E.I.; TERAMOTO, J.R.S.; PRELA-PANTANO, A.; **Desafios para a produção de azeite no Brasil**. Disponível em: < (http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/ClimaOliva/Index.htm) >. Acesso em: 10 fev. 2014.
- CAMARGO, A. P. **Balanco hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 3.ed., 1971. 24p. (Boletim, 116)
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C. Et al. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e sperúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 7, n.2, p.251-257, 1999.
- CARRETERO, M. T. R.; LORITE, I. J.; RAMOS, M. R.; DOSIO, A.; GÓMEZ, J. A. Impact of climate change on water balance components in Mediterranean rainfed olive orchards under tillage or cover crop soil management. **Geophysical Research Abstracts**, Córdoba, v. 15, 2013.
- COI - Conselho Oleícola Internacional. Disponível em <(<http://www.internationaloliveoil.org/>)> Acesso em 25/01/2014.
- COUTINHO, E.F.; RIBEIRO, F.C.; CAPPELLARO, T.H. (Org.) **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, p.125, 2009 .(Sistema de produção, 16)

CRESSIE, N. Spatial prediction and ordinary kriging. **Mathematical Geology**, v. 20, v.4, p. 405-421, 1988.

DENNEY, J.O. McEACHERN, G.R.; GRIFFITHS, J.F.. Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.35, n.1-4, p.309-327, 1985.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Crop water requirements. **Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper**, v. 24, p. 306, 1977.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamentos Agroclimáticos**. São Carlos, SP. Disponível em <<http://www.cppse.embrapa.br/menuzoneamentos>> Acesso em 22/09/2014.

FEAM. Fundação estadual do Meio Ambiente. **Avaliação de impactos de mudanças climáticas sobre a economia mineira**. Belo Horizonte, 2011. 45 p. (Relatório Resumo)

FERNANDES, D. S.; FOSTER, P. R. P. Cálculo da evapotranspiração potencial através do método de Thornthwaite e comparação com dados de reanálise de evaporação potencial do NCEP para a cidade de Pelotas-RS, In: I Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia e III Jornada de Palestras dos Estudantes de Meteorologia – UFPel, 2006. **Anais do I Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia e III Jornada de Palestras dos Estudantes de Meteorologia – UFPel**, 2006.

GARCÍA-MOZO, H.; MESTRE, A. GALÁN, C. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.150, p. 575–580, 2010.

GOULAS, V. et al. Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. **Molecular Nutritional & Food Research**, v.53, n.5, p.600–608. 2009.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

INMET: **Instituto Nacional de Meteorologia** Online: Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 09 ago. 2014.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for Policymaker. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

KAPUR, B.; PASQUALE, S.; TEKIN, S.; TODOROVIC, M.; SEZEN, M.; ÖZFIDANER, M.; GÜMÜS, Z. Prediction of climatic change for the next 100 years in Southern Italy. **Scientific Research and Essays**. n. 5, v.12, p. 1470-1478, 2010.

KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E. Estimativas de evapotranspiração potencial para a região de Maringá: estudo comparativo entre os métodos do tanque classe “a”, Thornthwaite, Camargo e Penman simplificado. **UNIMAR**, Maringá, v. 19, n. 14, p. 1113-1124, 1997.

LISBOA, P.M.M., MARTINS, F.B. ALVARENGA, I.M.N., REIS, D.F., VIEIRA NETO, J., Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1556-1562, 2012.

- LIVRAMENTO, D. E.; OLIVEIRA, A. F. Azeitona e azeite de oliva: tecnologias de produção. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 231, p. 27, 2006.
- MARCUZZO, F. F.; SILVEIRA, A. Balanço hídrico de Cuiabá utilizando métodos de estimativa de evapotranspiração por temperatura. **In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2010, Fortaleza. Anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Fortaleza, 2010.
- MARTINS, F.B.; REIS, D.F.da; PINHEIRO, M.V.M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.11, p. 1975-1981, 2012.
- MELO, G. L.; FERNANDES, A. T. Evaluation of empirical methods to estimate reference evapotranspiration in Uberaba, State of Minas Gerais, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.5, p. 875-888, 2012.
- MESQUITA, D.L. et al. Aspectos econômicos da produção e comercialização do azeite de oliva e da azeitona. **Informe Agropecuário**, v.27, n.231, p.7-12, 2006.
- MORAES, A.; FRANÇA, J. R. A. Zoneamento agroclimático para a cultura da cana-de-açúcar (*sacharum spp.*) na cidade de Itaperuna-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2004, Fortaleza. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Fortaleza, 2004. p. 50-60.
- MORENO-FONCECA, L.P. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.27, n.2, p.179-191, 2009.
- MOURA, A. R. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; AZEVEDO, J. R. G.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.28, n.2, p. 181 – 191, 2013.
- OLIVEIRA, A.A.; ALVARENGA, Â.A.; CHALFUN, N.N.J.; GONÇALVES, F.S. da. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira em câmara úmida com aquecimento de substrato. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.231, p.40-46, 2006.
- OLIVEIRA, M.C. de; RAMOS, J.D.; PIO, R.; CARDOSO, M.G.das. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p. 30-35, 2012.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL . **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Geneva, 1989 . (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n. 10). Disponível em: < (<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>)> Acesso em 20 out. 2013.
- ORGAZ, F. y FERERES. 1999. Riego. En: BARRANCO, D. **Cultivo del Olivo**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, p. 267-288, 1999.
- ORLANDI, F. et al. Phenological olive chilling requirements in Umbria (Italy) and Andalusia (Spain). **Plant Biosystems**, v. 138, n. 2, p. 111-116, 2004.
- PASTOR, M.; ORGAZ, F. Riego deficitário del olivar. **Agricultura**. v.746, p.768-776, 1994.
- PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p.311-313, 2005.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ. p. 183, 1997.

- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <(http://www.R-project.org/)>. Acesso em: 10/11/2014
- SANTOS, G. M. M. **Análise do mercado de exportação de azeite português**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
- SANTOS, L. F.; GARCIA, S.R.; MARTINS, F.B. Influência de variáveis climáticas no rendimento médio da cultura do feijão nas regiões Sul e Oeste de Minas Gerais. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa, PB. **Anais do Simpósio Internacional de Climatologia**, 2011.
- SANZ-CORTÉS, F. et al. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). **Annals of Applied Biology**, v.140, n.2, p.151-157, 2002.
- SEDIYAMA, G.C. et al., Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p. 501-509, 2001.
- SENTELHAS, P. C.; DOS SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 3 n. 3, p. 29 - 42. 2008.
- SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.
- SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; PENNEERSELVAM, R.; SHAO, M.A. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants—biotechnologically and sustainably improving agriculture and the environment in arid regions of the globe. **Critical Reviews in Biotechnology**, Cleveland, v.29, n.2, p.131-151, 2009.
- SILVA, K. O.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.161-165, 2005.
- SOUZA, S. J.; GIANELLO, C. Efeito da adubação no desenvolvimento inicial de oliveiras cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico, no Rio Grande do Sul. . In: XXV Salão de iniciação científica da UFRGS, 2013, Porto Alegre, RS. **Anais do Salão de iniciação científica da UFRGS**, 2013.
- STEDUTO, P; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water**. Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper, v. 66, p. 498, 2012.
- SUGAHARA, S. **Normais climatológicas das estações de superfície do Brasil, para o período de 1961-1990**. Instituto de Pesquisas Meteorológicas/UNESP, Campus Bauru, São Paulo, SP. 1999.
- SYPPERRECK, V. L. G. et al. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 603-609, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

- TANASIJEVIC, L.; TODOROVIC, M.; PEREIRA, L. S.; PIZZIGALLI, C.; LIONELLO, P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. **Agricultural Water Management**, v. 144, p. 54–68, 2014.
- TAYLOR, K. E.; STOUFFER, R. J.; MEEHL, G. A. An overview of CMIP5 and the experiment design. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.93, p.485-498, 2012.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v.38, n.1, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol.X, n.3).
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1)
- TORRES, R. R. **Análise de incertezas em projeções de mudanças climáticas na América do Sul**. 2014. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- TORRES, R.R., LAPOLA, D.M., MARENGO, J.A., LOMBARDO, M.A. Socio-climatic hotspots in Brazil, **Climatic Change**, v.115, n. 3-4, p. 597-609, 2012.
- TORRES, R.R., MARENGO, J.A. Climate change hotspots over South America: from CMIP3 to CMIP5 multi-model datasets. **Theoretical and Applied Climatology**, v.117, n.3-4, p. 579-587, 2014.
- Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2010.
- VAN VUUREN, D. P.; EDMONDS, J.; KAINUMA, M.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; HIBBARD, K.; HURTT, G. C.; KRAM, T.; KREY, V.; LAMARQUE, J. F.; MAUSI, T.; MEINSHAUSEN, M.; NAKICENOVIC, N.; SMITH, S. J.; ROSE, S. K. The representative concentration pathways: an overview. **Climatic Change**, v. 109, p. 5-31, 2011.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital INMET. 2006. Disponível em: < <http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/livros/>..>.
- VIEIRA NETO, J. et al. **Aspectos técnicos da cultura da oliveira**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 56p. (Boletim Técnico, 88).
- VIEIRA NETO, J. et al. Desempenho de jardins clonais de oliveira (*Olea europaea* L.) em cortes sucessivos visando a sua propagação por estaquia. **Cerne**, v.17, n.1, p.117-122, 2011.
- VILLALOBOS, F.J.; TESTI L.; HIDALGO, J.; PASTOR, M.; ORGAZ, F. Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europaea* L.) canopies. **European Journal of Agronomy**, v. 24, p. 296 – 303, 2006.
- XU, C. Y.; CHEN, D. Comparison of seven models for estimation of evapotranspiration and groundwater recharge using lysimeter measurement data in Germany. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 19, n. 18, p. 3717-3734, 2005.
- WICKHAM, H. Advanced R Series: Chapman & Hall/CRC The R Series. **Chapman and Hall/CRC** p. 476, Sep 2014.

WREGGE, M.S. et al. **Zoneamento agroclimático para oliveira no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA clima temperado, 2009. 24p. (Circular Técnica, 259).

7. ANEXOS

TABELA 13 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Aimorés (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	28,1	171	153	-18	-241	44	0	153	18	0
Fevereiro	28,8	155	71	-84	-325	27	-17	88	67	0
Março	28,4	160	118	-42	-367	21	-6	124	36	0
Abril	26,9	136	57	-79	-446	14	-7	64	72	0
Mai	24,7	101	31	-70	-516	9	-5	36	65	0
Junho	23,2	76	13	-63	-579	6	-3	16	60	0
Julho	22,9	76	10	-66	-645	4	-2	12	64	0
Agosto	23,7	89	17	-72	-717	3	-1	18	71	0
Setembro	25,0	109	27	-82	-799	2	-1	28	81	0
Outubro	26,4	142	72	-70	-869	1	-1	73	69	0
Novembro	26,8	152	173	21	-363	22	21	152	0	0
Dezembro	27,4	165	187	22	-242	44	22	165	0	0
Soma	-	1532	929	-603	-	-	0	929	603	0

TABELA 14 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Araxá (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,2	111	303	192	130	175	0	111	0	192
Fevereiro	23,5	99	214	115	88	175	0	99	0	115
Março	23,2	102	204	102	80	175	0	102	0	102
Abril	22,3	85	77	-8	-8	167	-8	85	0	0
Mai	20,4	68	46	-22	-30	147	-20	66	2	0
Junho	19,4	56	12	-44	-74	115	-32	44	12	0
Julho	19,5	60	9	-51	-125	86	-29	38	22	0
Agosto	21,0	74	17	-57	-182	62	-24	41	33	0
Setembro	22,3	88	64	-24	-206	54	-8	72	16	0
Outubro	23,3	105	127	22	-146	76	22	105	0	0
Novembro	22,7	101	191	90	-9	166	90	101	0	0
Dezembro	23,0	108	287	179	119	175	9	108	0	170
Soma	-	1057	1551	494	-	-	0	972	85	579

TABELA 15 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Arinos (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	26,5	153	214	61	52	175	0	153	0	61
Fevereiro	26,8	138	145	7	7	175	0	138	0	7
Março	26,6	144	175	31	29	175	0	144	0	31
Abril	26,1	125	70	-55	-55	128	-47	117	8	0
Mai	24,4	100	18	-82	-137	80	-48	66	34	0
Junho	22,6	73	3	-70	-207	54	-26	29	44	0
Julho	22,5	74	2	-72	-279	36	-18	20	54	0
Agosto	24,0	95	10	-85	-364	22	-14	24	71	0
Setembro	26,5	137	16	-121	-485	11	-11	27	110	0
Outubro	27,7	153	79	-74	-559	7	-4	83	70	0
Novembro	26,5	144	206	62	-163	69	62	144	0	0
Dezembro	26,1	145	280	135	27	175	106	145	0	29
Soma	-	1481	1218	-263	-	-	0	1090	391	128

TABELA 16 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Bambuí (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,3	124	298	174	121	175	0	124	0	174
Fevereiro	24,3	109	187	78	65	175	0	109	0	78
Março	23,8	109	160	51	45	175	0	109	0	51
Abril	22,5	87	76	-11	-11	164	-11	87	0	0
Maio	19,6	62	41	-21	-32	146	-18	59	3	0
Junho	17,7	46	16	-30	-62	123	-23	39	7	0
Julho	17,6	47	10	-37	-99	99	-24	34	13	0
Agosto	19,1	59	17	-42	-141	78	-21	38	21	0
Setembro	21,3	79	60	-19	-160	70	-8	68	11	0
Outubro	23,3	106	112	6	-146	76	6	106	0	0
Novembro	23,7	113	172	59	-45	135	59	113	0	0
Dezembro	24,0	121	303	182	104	175	40	121	0	142
Soma	-	1062	1452	390	-	-	0	1007	55	445

TABELA 17 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Barbacena (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	21,7	102	276	174	121	175	0	102	0	174
Fevereiro	22,0	92	144	52	46	175	0	92	0	52
Março	21,4	91	169	78	65	175	0	91	0	78
Abril	19,9	72	69	-3	-3	172	-3	72	0	0
Maio	17,7	56	38	-18	-21	155	-17	55	1	0
Junho	16,6	46	18	-28	-49	132	-23	41	5	0
Julho	16,4	47	13	-34	-83	109	-23	36	11	0
Agosto	17,5	56	15	-41	-124	86	-23	38	18	0
Setembro	18,3	63	69	6	-113	92	6	63	0	0
Outubro	20,0	81	118	37	-53	129	37	81	0	0
Novembro	20,5	87	209	122	63	175	46	87	0	76
Dezembro	21,2	98	272	174	121	175	0	98	0	174
Soma	-	891	1410	519	-	-	0	856	35	554

TABELA 18 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Belo Horizonte (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,0	119	325	206	136	175	0	119	0	206
Fevereiro	24,4	109	197	88	71	175	0	109	0	88
Março	24,0	110	201	91	73	175	0	110	0	91
Abril	23,0	91	77	-14	-14	162	-13	90	1	0
Maio	21,1	72	30	-42	-56	127	-35	65	7	0
Junho	19,8	57	9	-48	-104	97	-30	39	18	0
Julho	19,7	59	10	-49	-153	73	-24	34	25	0
Agosto	20,8	71	14	-57	-210	53	-20	34	37	0
Setembro	22,2	85	51	-34	-244	43	-10	61	24	0
Outubro	23,3	104	107	3	-234	46	3	104	0	0
Novembro	23,2	106	237	131	2	175	129	106	0	2
Dezembro	23,5	113	364	251	156	175	0	113	0	251
Soma	-	1096	1622	526	-	-	0	984	112	638

TABELA 19 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Bom Despacho (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,9	131	275	144	105	175	0	131	0	144
Fevereiro	25,1	116	166	50	44	175	0	116	0	50
Março	24,5	116	152	36	33	175	0	116	0	36
Abril	23,4	94	51	-43	-43	137	-38	89	5	0
Maiο	20,6	67	36	-31	-74	115	-22	58	9	0
Junho	19,1	52	9	-43	-117	90	-25	34	18	0
Julho	19,0	53	7	-46	-163	69	-21	28	25	0
Agosto	20,4	66	13	-53	-216	51	-18	31	35	0
Setembro	22,3	86	51	-35	-251	42	-9	60	26	0
Outubro	23,9	110	109	-1	-252	41	-1	110	0	0
Novembro	24,1	116	190	74	-73	115	74	116	0	0
Dezembro	24,4	124	319	195	100	175	60	124	0	135
Soma	-	1131	1378	247	-	-	0	1013	118	365

TABELA 20 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Campo do Mato Dentro (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,2	123	263	140	103	175	0	123	0	140
Fevereiro	24,4	110	147	37	34	175	0	110	0	37
Março	24,0	111	177	66	56	175	0	111	0	66
Abril	22,5	88	85	-3	-3	172	-3	88	0	0
Maiο	20,0	66	25	-41	-44	136	-36	61	5	0
Junho	18,4	50	10	-40	-84	108	-28	38	12	0
Julho	17,9	49	8	-41	-125	86	-22	30	19	0
Agosto	19,0	58	8	-50	-175	64	-22	30	28	0
Setembro	20,8	74	34	-40	-215	51	-13	47	27	0
Outubro	22,7	100	99	-1	-216	51	0	99	1	0
Novembro	23,3	107	245	138	13	175	124	107	0	14
Dezembro	23,8	119	309	190	129	175	0	119	0	190
Soma	-	1055	1410	355	-	-	0	963	92	447

TABELA 21 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Caparaó (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	22,5	109	233	124	94	175	0	109	0	124
Fevereiro	23,1	100	137	37	34	175	0	100	0	37
Março	22,5	99	171	72	60	175	0	99	0	72
Abril	20,9	78	73	-5	-5	170	-5	78	0	0
Maiο	18,3	58	40	-18	-23	153	-17	57	1	0
Junho	16,9	46	15	-31	-54	129	-24	39	7	0
Julho	16,7	47	13	-34	-88	106	-23	36	11	0
Agosto	17,9	56	21	-35	-123	87	-19	40	16	0
Setembro	19,2	67	43	-24	-147	76	-11	54	13	0
Outubro	20,7	85	113	28	-91	104	28	85	0	0
Novembro	21,3	92	205	113	38	175	71	92	0	42
Dezembro	22,1	105	267	162	115	175	0	105	0	162
Soma	-	942	1331	389	-	-	0	894	48	437

TABELA 22 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Capinópolis (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,3	133	284	151	108	175	1	133	0	150
Fevereiro	25,7	122	225	103	81	175	0	122	0	103
Março	25,7	129	186	57	49	175	0	129	0	57
Abril	25,0	109	80	-29	-29	148	-27	107	2	0
Maio	22,7	81	38	-43	-72	116	-32	70	11	0
Junho	22,0	69	17	-52	-124	86	-30	47	22	0
Julho	22,0	72	6	-66	-190	59	-27	33	39	0
Agosto	24,0	98	11	-87	-277	36	-23	34	64	0
Setembro	25,7	123	44	-79	-356	23	-13	57	66	0
Outubro	26,3	142	127	-15	-371	21	-2	129	13	0
Novembro	25,7	135	175	40	-184	61	40	135	0	0
Dezembro	25,5	137	250	113	-1	174	113	137	0	0
Soma	-	1350	1443	93	-	-	0	1133	217	310

TABELA 23 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Caratinga (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,0	120	213	93	75	175	0	120	0	93
Fevereiro	24,6	112	104	-8	-8	167	-8	112	0	0
Março	24,1	112	135	23	14	175	8	112	0	15
Abril	22,5	86	75	-11	3	175	0	75	11	0
Maio	20,4	68	25	-43	-40	139	-36	61	7	0
Junho	19,0	53	11	-42	-82	110	-29	40	13	0
Julho	18,9	54	8	-46	-128	84	-26	34	20	0
Agosto	20,1	66	12	-54	-182	62	-22	34	32	0
Setembro	21,3	78	40	-38	-220	50	-12	52	26	0
Outubro	22,9	100	81	-19	-239	45	-5	86	14	0
Novembro	23,2	106	197	91	-44	136	91	106	0	0
Dezembro	23,7	118	266	148	85	175	39	118	0	109
Soma	-	1073	1167	94	-	-	0	950	123	217

TABELA 24 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Carbonita(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,0	119	166	47	42	175	0	119	0	47
Fevereiro	24,4	109	94	-15	-15	161	-14	108	1	0
Março	23,9	110	143	33	18	175	14	110	0	19
Abril	22,6	88	48	-40	-22	154	-21	69	19	0
Maio	20,4	69	11	-58	-80	111	-43	54	15	0
Junho	18,8	53	3	-50	-130	83	-28	31	22	0
Julho	18,5	52	5	-47	-177	64	-19	24	28	0
Agosto	19,6	63	6	-57	-234	46	-18	24	39	0
Setembro	21,7	82	19	-63	-297	32	-14	33	49	0
Outubro	23,3	106	86	-20	-317	29	-3	89	17	0
Novembro	23,3	106	192	86	-73	115	86	106	0	0
Dezembro	23,6	115	255	140	66	175	60	115	0	80
Soma	-	1072	1028	-44	-	-	0	882	190	146

TABELA 25 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Coronel Pacheco (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,0	135	337	202	134	175	0	135	0	202
Fevereiro	25,4	121	200	79	65	175	0	121	0	79
Março	24,7	119	210	91	73	175	0	119	0	91
Abril	23,0	91	81	-10	-10	165	-10	91	0	0
Maio	20,3	66	43	-23	-33	145	-20	63	3	0
Junho	18,8	50	20	-30	-63	122	-23	43	7	0
Julho	18,4	50	16	-34	-97	101	-21	37	13	0
Agosto	19,5	60	20	-40	-137	80	-21	41	19	0
Setembro	20,8	73	70	-3	-140	79	-1	71	2	0
Outubro	22,9	100	113	13	-113	92	13	100	0	0
Novembro	23,7	111	210	99	15	175	83	111	0	16
Dezembro	24,4	128	299	171	119	175	0	128	0	171
Soma	-	1104	1619	515	-	-	0	1060	44	559

TABELA 26 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Curvelo(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,1	132	214	82	67	175	0	132	0	82
Fevereiro	25,6	122	115	-7	-7	168	-7	122	0	0
Março	25,1	122	154	32	23	175	7	122	0	25
Abril	23,9	98	45	-53	-30	147	-28	73	25	0
Maio	22,0	77	21	-56	-86	107	-40	61	16	0
Junho	20,3	58	6	-52	-138	80	-27	33	25	0
Julho	20,1	59	6	-53	-191	59	-21	27	32	0
Agosto	21,5	74	11	-63	-254	41	-18	29	45	0
Setembro	23,7	98	18	-80	-334	26	-15	33	65	0
Outubro	25,1	125	81	-44	-378	20	-6	87	38	0
Novembro	24,7	122	183	61	-135	81	61	122	0	0
Dezembro	24,8	129	229	100	6	175	94	129	0	6
Soma	-	1216	1083	-133	-	-	0	970	246	113

TABELA 27 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Diamantina (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	21,1	95	262	167	117	175	0	95	0	167
Fevereiro	21,1	84	147	63	54	175	0	84	0	63
Março	21,0	88	175	87	71	175	0	88	0	87
Abril	19,9	73	76	3	3	175	0	73	0	3
Maio	18,2	61	27	-34	-34	144	-31	58	3	0
Junho	16,7	49	7	-42	-76	113	-31	38	11	0
Julho	16,3	48	8	-40	-116	90	-23	31	17	0
Agosto	17,5	57	13	-44	-160	70	-20	33	24	0
Setembro	18,8	67	31	-36	-196	57	-13	44	23	0
Outubro	20,2	83	115	32	-118	89	32	83	0	0
Novembro	20,1	83	229	146	52	175	86	83	0	60
Dezembro	20,7	92	280	188	128	175	0	92	0	188
Soma	-	880	1370	490	-	-	0	802	78	568

TABELA 28 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Divinópolis (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,6	127	298	171	119	175	0	127	0	171
Fevereiro	24,9	115	164	49	43	175	0	115	0	49
Março	24,3	114	171	57	49	175	0	114	0	57
Abril	22,9	90	57	-33	-33	145	-30	87	3	0
Maiο	19,9	62	26	-36	-69	118	-27	53	9	0
Junho	18,6	49	14	-35	-104	97	-21	35	14	0
Julho	18,7	52	8	-44	-148	75	-22	30	22	0
Agosto	20,2	66	17	-49	-197	57	-18	35	31	0
Setembro	22,2	86	45	-41	-238	45	-12	57	29	0
Outubro	23,8	110	108	-2	-240	44	-1	109	1	0
Novembro	23,5	110	198	88	-49	132	88	110	0	0
Dezembro	24,2	122	313	191	107	175	43	122	0	148
Soma	-	1103	1419	316	-	-	0	994	109	425

TABELA 29 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Espinosa(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,9	140	136	-4	-360	22	0	136	4	0
Fevereiro	26,4	132	90	-42	-402	18	-4	94	38	0
Março	26,2	136	105	-31	-433	15	-3	108	28	0
Abril	25,5	117	43	-74	-507	10	-5	48	69	0
Maiο	24,3	100	10	-90	-597	6	-4	14	86	0
Junho	22,8	77	2	-75	-672	4	-2	4	73	0
Julho	22,6	78	1	-77	-749	2	-2	3	75	0
Agosto	23,8	95	2	-93	-842	1	-1	3	92	0
Setembro	25,6	121	10	-111	-953	1	0	10	111	0
Outubro	26,8	145	48	-97	-1050	0	-1	49	96	0
Novembro	26,0	136	125	-11	-1061	0	0	125	11	0
Dezembro	25,8	138	160	22	-363	22	22	138	0	0
Soma	-	1415	732	-683	-	-	0	732	683	0

TABELA 30 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Florestal(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,7	118	287	169	118	175	0	118	0	169
Fevereiro	23,8	104	149	45	40	175	0	104	0	45
Março	23,5	106	174	68	57	175	0	106	0	68
Abril	21,8	82	61	-21	-21	155	-20	81	1	0
Maiο	19,3	61	25	-36	-57	126	-29	54	7	0
Junho	17,8	47	13	-34	-91	104	-22	35	12	0
Julho	17,5	47	13	-34	-125	86	-18	31	16	0
Agosto	18,9	59	11	-48	-173	65	-21	32	27	0
Setembro	20,9	77	43	-34	-207	54	-11	54	23	0
Outubro	22,5	98	98	0	-206	54	0	98	0	0
Novembro	23,0	106	230	124	3	175	121	106	0	3
Dezembro	23,5	116	319	203	135	175	0	116	0	203
Soma	-	1021	1423	402	-	-	0	935	86	488

TABELA 31 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Formoso(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,9	124	187	63	54	175	0	124	0	63
Fevereiro	25,0	112	167	55	48	175	0	112	0	55
Março	24,9	118	185	67	57	175	0	118	0	67
Abril	24,6	105	103	-2	-2	173	-2	105	0	0
Maio	23,4	92	20	-72	-74	115	-58	78	14	0
Junho	21,9	71	4	-67	-141	78	-37	41	30	0
Julho	21,8	73	1	-72	-213	52	-26	27	46	0
Agosto	23,1	90	4	-86	-299	32	-20	24	66	0
Setembro	25,1	115	21	-94	-393	19	-13	34	81	0
Outubro	26,0	133	89	-44	-437	14	-5	94	39	0
Novembro	24,7	117	197	80	-109	94	80	117	0	0
Dezembro	24,6	121	232	111	28	175	81	121	0	30
Soma	-	1271	1210	-61	-	-	0	995	276	215

TABELA 32 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Frutal (MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	26,5	153	276	123	32	175	88	153	0	35
Fevereiro	26,6	137	183	46	41	175	0	137	0	46
Março	26,5	141	203	62	53	175	0	141	0	62
Abril	25,3	113	72	-41	-41	138	-37	109	4	0
Maio	22,9	81	34	-47	-88	106	-32	66	15	0
Junho	22,3	70	18	-52	-140	79	-27	45	25	0
Julho	22,2	71	10	-61	-201	55	-24	34	37	0
Agosto	24,1	96	14	-82	-283	35	-20	34	62	0
Setembro	25,5	119	53	-66	-349	24	-11	64	55	0
Outubro	26,7	149	105	-44	-393	19	-5	110	39	0
Novembro	26,3	144	147	3	-363	22	3	144	0	0
Dezembro	26,5	154	219	65	-122	87	65	154	0	0
Soma	-	1428	1334	-94	-	-	0	1191	237	143

TABELA 33 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Ibitaré(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,7	118	289	171	119	175	0	118	0	171
Fevereiro	24,1	106	135	29	27	175	0	106	0	29
Março	23,7	109	184	75	62	175	0	109	0	75
Abril	22,0	83	66	-17	-17	159	-16	82	1	0
Maio	19,5	62	27	-35	-52	130	-29	56	6	0
Junho	18,1	49	11	-38	-90	105	-25	36	13	0
Julho	17,7	48	10	-38	-128	84	-21	31	17	0
Agosto	19,6	63	10	-53	-181	62	-22	32	31	0
Setembro	21,4	80	48	-32	-213	52	-10	58	22	0
Outubro	22,8	101	126	25	-144	77	25	101	0	0
Novembro	23,2	108	225	117	18	175	98	108	0	19
Dezembro	23,4	114	329	215	140	175	0	114	0	215
Soma	-	1041	1460	419	-	-	0	951	90	509

TABELA 34 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Itamarandiba(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	22,7	107	194	87	71	175	0	107	0	87
Fevereiro	23,0	97	117	20	19	175	0	97	0	20
Março	22,7	100	123	23	22	175	0	100	0	23
Abril	21,2	79	50	-29	-29	148	-27	77	2	0
Mai	19,4	65	16	-49	-78	112	-36	52	13	0
Junho	17,9	51	5	-46	-124	86	-26	31	20	0
Julho	17,6	50	6	-44	-168	67	-19	25	25	0
Agosto	18,5	59	7	-52	-220	50	-17	24	35	0
Setembro	20,1	72	27	-45	-265	38	-12	39	33	0
Outubro	21,7	92	100	8	-234	46	8	92	0	0
Novembro	21,9	94	214	120	-9	166	120	94	0	0
Dezembro	22,5	106	220	114	82	175	9	106	0	105
Soma	-	972	1079	107	-	-	0	844	128	235

TABELA 35 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Ituiutaba(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	26,6	155	291	136	74	175	44	155	0	92
Fevereiro	26,5	136	199	63	54	175	0	136	0	63
Março	26,3	138	191	53	46	175	0	138	0	53
Abril	25,4	114	86	-28	-28	149	-26	112	2	0
Mai	22,7	79	36	-43	-71	117	-32	68	11	0
Junho	21,7	64	18	-46	-117	90	-27	45	19	0
Julho	22,0	70	6	-64	-181	62	-28	34	36	0
Agosto	23,7	93	13	-80	-261	39	-23	36	57	0
Setembro	25,9	126	47	-79	-340	25	-14	61	65	0
Outubro	26,6	148	125	-23	-363	22	-3	128	20	0
Novembro	26,5	147	171	24	-234	46	24	147	0	0
Dezembro	26,3	151	236	85	-51	131	85	151	0	0
Soma	-	1421	1419	-2	-	-	0	1211	210	208

TABELA 36 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Januária(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,7	137	162	25	-32	146	25	137	0	0
Fevereiro	26,1	127	117	-10	-42	138	-8	125	2	0
Março	25,8	131	142	11	-28	149	11	131	0	0
Abril	25,2	112	49	-63	-29	148	-1	50	62	0
Mai	23,8	94	10	-84	-113	92	-56	66	28	0
Junho	22,2	72	3	-69	-182	62	-30	33	39	0
Julho	21,9	71	1	-70	-252	41	-21	22	49	0
Agosto	23,1	87	2	-85	-337	25	-16	18	69	0
Setembro	25,6	121	9	-112	-449	13	-12	21	100	0
Outubro	27,1	148	69	-79	-528	9	-4	73	75	0
Novembro	26,1	138	182	44	-209	53	44	138	0	0
Dezembro	25,7	137	205	68	-65	121	68	137	0	0
Soma	-	1375	951	-424	-	-	0	951	424	0

TABELA 37 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de João Monlevade(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,6	117	211	94	75	175	0	117	0	94
Fevereiro	23,7	103	118	15	14	175	0	103	0	15
Março	23,1	103	183	80	66	175	0	103	0	80
Abril	21,8	82	63	-19	-19	157	-18	81	1	0
Maio	20,1	67	32	-35	-54	129	-28	60	7	0
Junho	18,8	54	12	-42	-96	101	-28	40	14	0
Julho	18,5	54	9	-45	-141	78	-23	32	22	0
Agosto	19,5	64	14	-50	-191	59	-19	33	31	0
Setembro	20,4	72	38	-34	-225	48	-11	49	23	0
Outubro	21,6	90	109	19	-168	67	19	90	0	0
Novembro	22,0	95	235	140	29	175	108	95	0	32
Dezembro	22,5	104	312	208	137	175	0	104	0	208
Soma	-	1005	1336	331	-	-	0	907	98	429

TABELA 38 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de João Pinheiro(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,7	124	276	152	109	175	0	124	0	152
Fevereiro	25,1	114	165	51	45	175	0	114	0	51
Março	24,7	116	207	91	73	175	0	116	0	91
Abril	24,2	101	65	-36	-36	142	-33	98	3	0
Maio	22,8	85	26	-59	-95	102	-40	66	19	0
Junho	21,6	69	5	-64	-159	71	-31	36	33	0
Julho	21,4	69	6	-63	-222	49	-22	28	41	0
Agosto	22,9	87	10	-77	-299	32	-17	27	60	0
Setembro	24,6	109	27	-82	-381	20	-12	39	70	0
Outubro	25,3	128	92	-36	-417	16	-4	96	32	0
Novembro	24,6	118	214	96	-78	112	96	118	0	0
Dezembro	24,1	117	282	165	80	175	63	117	0	102
Soma	-	1237	1375	138	-	-	0	979	258	396

TABELA 39 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Juiz de Fora(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	22,1	106	302	196	131	175	0	106	0	196
Fevereiro	22,8	97	167	70	59	175	0	97	0	70
Março	21,9	95	216	121	92	175	0	95	0	121
Abril	20,3	74	81	7	7	175	0	74	0	7
Maio	18,2	58	42	-16	-16	160	-15	57	1	0
Junho	17,3	49	21	-28	-44	136	-24	45	4	0
Julho	17,2	50	14	-36	-80	111	-25	39	11	0
Agosto	18,0	58	18	-40	-120	88	-23	41	17	0
Setembro	18,5	63	61	-2	-122	87	-1	62	1	0
Outubro	20,0	80	123	43	-52	130	43	80	0	0
Novembro	20,5	86	212	126	67	175	45	86	0	81
Dezembro	21,4	100	316	216	141	175	0	100	0	216
Soma	-	916	1573	657	-	-	0	882	34	691

TABELA 40 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Lambari(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	22,8	114	337	223	144	175	0	114	0	223
Fevereiro	22,9	99	192	93	75	175	0	99	0	93
Março	22,1	97	180	83	68	175	0	97	0	83
Abril	20,1	73	92	19	18	175	0	73	0	19
Mai	17,0	51	59	8	8	175	0	51	0	8
Junho	15,1	37	32	-5	-5	170	-5	37	0	0
Julho	15,3	40	24	-16	-21	155	-15	39	1	0
Agosto	16,6	49	20	-29	-50	132	-23	43	6	0
Setembro	18,8	66	92	26	-18	158	26	66	0	0
Outubro	21,0	89	115	26	9	175	17	89	0	9
Novembro	21,7	97	196	99	78	175	0	97	0	99
Dezembro	22,4	110	282	172	120	175	0	110	0	172
Soma	-	922	1621	699	-	-	0	915	7	706

TABELA 41 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Lavras(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,3	115	284	169	118	175	0	115	0	169
Fevereiro	23,7	103	202	99	78	175	0	103	0	99
Março	23,1	103	173	70	59	175	0	103	0	70
Abril	21,8	82	60	-22	-22	154	-21	81	1	0
Mai	19,2	60	45	-15	-37	142	-12	57	3	0
Junho	17,9	48	20	-28	-65	121	-21	41	7	0
Julho	17,9	50	11	-39	-104	97	-24	35	15	0
Agosto	19,4	63	15	-48	-152	73	-24	39	24	0
Setembro	20,8	76	68	-8	-160	70	-3	71	5	0
Outubro	22,1	96	111	15	-126	85	15	96	0	0
Novembro	22,4	100	194	94	4	175	90	100	0	4
Dezembro	22,8	111	291	180	124	175	0	111	0	180
Soma	-	1007	1474	467	-	-	0	952	55	522

TABELA 42 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Machado(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,5	118	296	178	123	175	0	118	0	178
Fevereiro	23,7	104	205	101	80	175	0	104	0	101
Março	23,2	105	201	96	77	175	0	105	0	96
Abril	21,5	80	79	-1	-1	174	-1	80	0	0
Mai	18,6	57	57	0	-1	174	0	57	0	0
Junho	17,0	44	24	-20	-21	155	-19	43	1	0
Julho	17,1	46	24	-22	-43	137	-18	42	4	0
Agosto	18,7	58	20	-38	-81	110	-27	47	11	0
Setembro	20,3	73	76	3	-77	113	3	73	0	0
Outubro	22,1	96	124	28	-38	141	28	96	0	0
Novembro	22,5	102	179	77	38	175	34	102	0	43
Dezembro	23,1	114	274	160	114	175	0	114	0	160
Soma	-	997	1559	562	-	-	0	981	16	578

TABELA 43 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Maria da Fé(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	20,2	96	322	226	145	175	0	96	0	226
Fevereiro	20,3	83	197	114	88	175	0	83	0	114
Março	19,5	82	180	98	78	175	0	82	0	98
Abril	17,6	63	92	29	27	175	0	63	0	29
Mai	14,7	45	73	28	26	175	0	45	0	28
Junho	13,4	36	47	11	11	175	0	36	0	11
Julho	13,8	39	32	-7	-7	168	-7	39	0	0
Agosto	15,0	48	32	-16	-23	153	-15	47	1	0
Setembro	16,9	61	95	34	12	175	22	61	0	12
Outubro	18,5	77	136	59	51	175	0	77	0	59
Novembro	19,0	82	205	123	93	175	0	82	0	123
Dezembro	19,9	94	275	181	124	175	0	94	0	181
Soma	-	806	1686	880	-	-	0	805	1	881

TABELA 44 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Moçambinho(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	26,4	148	163	15	-168	67	15	148	0	0
Fevereiro	26,7	136	96	-40	-169	67	0	96	40	0
Março	26,4	139	110	-29	-198	56	-11	121	18	0
Abril	25,9	122	53	-69	-267	38	-18	71	51	0
Mai	24,5	102	10	-92	-359	22	-16	26	76	0
Junho	23,1	79	2	-77	-436	14	-8	10	69	0
Julho	22,6	77	1	-76	-512	9	-5	6	71	0
Agosto	23,6	91	1	-90	-602	6	-3	4	87	0
Setembro	25,7	121	8	-113	-715	3	-3	11	110	0
Outubro	27,1	148	66	-82	-797	2	-1	67	81	0
Novembro	26,4	142	158	16	-398	18	16	142	0	0
Dezembro	26,2	145	179	34	-212	52	34	145	0	0
Soma	-	1450	847	-603	-	-	0	847	603	0

TABELA 45 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Monte Azul(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,8	137	139	2	-267	38	2	137	0	0
Fevereiro	26,3	129	111	-18	-268	38	0	111	18	0
Março	26,2	137	112	-25	-293	33	-5	117	20	0
Abril	25,6	118	39	-79	-372	21	-12	51	67	0
Mai	24,6	104	6	-98	-470	12	-9	15	89	0
Junho	23,2	81	1	-80	-550	8	-4	5	76	0
Julho	23,0	83	0	-83	-633	5	-3	3	80	0
Agosto	24,1	98	1	-97	-730	3	-2	3	95	0
Setembro	25,6	121	12	-109	-839	1	-2	14	107	0
Outubro	26,7	144	53	-91	-930	1	0	53	91	0
Novembro	25,9	135	136	1	-783	2	1	135	0	0
Dezembro	25,7	137	171	34	-277	36	34	137	0	0
Soma	-	1424	781	-643	-	-	0	781	643	0

TABELA 46 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Montes Claros(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,8	126	175	49	43	175	0	126	0	49
Fevereiro	25,0	114	113	-1	-1	174	-1	114	0	0
Março	24,8	118	139	21	19	175	1	118	0	20
Abril	23,9	99	41	-58	-39	140	-35	76	23	0
Maio	22,3	80	13	-67	-106	95	-45	58	22	0
Junho	20,9	64	4	-60	-166	68	-27	31	33	0
Julho	20,6	63	2	-61	-227	48	-20	22	41	0
Agosto	21,9	78	2	-76	-303	31	-17	19	59	0
Setembro	24,0	102	18	-84	-387	19	-12	30	72	0
Outubro	25,3	126	86	-40	-427	15	-4	90	36	0
Novembro	24,6	118	218	100	-73	115	100	118	0	0
Dezembro	24,4	121	245	124	55	175	60	121	0	64
Soma	-	1209	1056	-153	-	-	0	923	286	133

TABELA 47 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Oliveira(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,4	115	283	168	118	175	0	115	0	168
Fevereiro	24,0	106	131	25	23	175	0	106	0	25
Março	23,4	106	162	56	49	175	0	106	0	56
Abril	21,9	83	74	-9	-9	166	-9	83	0	0
Maio	19,2	61	44	-17	-26	151	-15	59	2	0
Junho	18,1	49	18	-31	-57	126	-25	43	6	0
Julho	18,2	52	10	-42	-99	99	-27	37	15	0
Agosto	19,8	66	15	-51	-150	74	-25	40	26	0
Setembro	21,0	77	54	-23	-173	65	-9	63	14	0
Outubro	22,2	96	122	26	-114	91	26	96	0	0
Novembro	22,2	97	210	113	27	175	84	97	0	29
Dezembro	22,5	106	270	164	116	175	0	106	0	164
Soma	-	1014	1393	379	-	-	0	951	63	442

TABELA 48 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Paracatu(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,2	131	262	131	98	175	0	131	0	131
Fevereiro	25,5	119	187	68	57	175	0	119	0	68
Março	25,2	122	198	76	63	175	0	122	0	76
Abril	24,5	104	81	-23	-23	153	-22	103	1	0
Maio	22,4	81	23	-58	-81	110	-43	66	15	0
Junho	21,2	65	6	-59	-140	79	-31	37	28	0
Julho	21,2	67	5	-62	-202	55	-24	29	38	0
Agosto	22,7	85	12	-73	-275	36	-19	31	54	0
Setembro	24,8	111	30	-81	-356	23	-13	43	68	0
Outubro	25,8	133	107	-26	-382	20	-3	110	23	0
Novembro	24,9	122	207	85	-89	105	85	122	0	0
Dezembro	24,6	123	335	212	104	175	70	123	0	142
Soma	-	1263	1453	190	-	-	0	1036	227	417

TABELA 49 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Passa Quatro(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	22,7	112	296	184	126	175	0	112	0	184
Fevereiro	23,1	100	174	74	62	175	0	100	0	74
Março	22,4	99	151	52	46	175	0	99	0	52
Abril	20,4	74	73	-1	-1	174	-1	74	0	0
Mai	17,3	52	59	7	6	175	1	52	0	6
Junho	16,0	41	36	-5	1	175	0	36	5	0
Julho	15,8	42	26	-16	-15	161	-14	40	2	0
Agosto	17,2	52	16	-36	-51	131	-30	46	6	0
Setembro	18,9	66	72	6	-43	137	6	66	0	0
Outubro	20,6	86	143	57	18	175	38	86	0	19
Novembro	21,4	94	178	84	69	175	0	94	0	84
Dezembro	22,2	107	286	179	123	175	0	107	0	179
Soma	-	925	1510	585	-	-	0	912	13	598

TABELA 50 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Patos de Minas(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,5	112	295	183	125	175	0	112	0	183
Fevereiro	23,7	101	176	75	62	175	0	101	0	75
Março	23,5	104	198	94	75	175	0	104	0	94
Abril	22,5	86	69	-17	-17	159	-16	85	1	0
Mai	20,7	70	33	-37	-54	129	-30	63	7	0
Junho	19,5	57	11	-46	-100	99	-30	41	16	0
Julho	19,7	60	6	-54	-154	73	-26	32	28	0
Agosto	21,3	76	12	-64	-218	50	-23	35	41	0
Setembro	22,9	93	42	-51	-269	38	-12	54	39	0
Outubro	23,9	112	102	-10	-279	36	-2	104	8	0
Novembro	23,3	106	203	97	-48	133	97	106	0	0
Dezembro	23,3	110	313	203	114	175	42	110	0	161
Soma	-	1087	1460	373	-	-	0	947	140	513

TABELA 51 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pedra Azul(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,9	127	121	-6	-48	133	0	121	6	0
Fevereiro	25,2	117	74	-43	-91	104	-29	103	14	0
Março	24,9	120	119	-1	-92	103	-1	120	0	0
Abril	23,8	98	59	-39	-131	83	-20	79	19	0
Mai	22,1	81	31	-50	-181	62	-21	52	29	0
Junho	20,6	63	11	-52	-233	46	-16	27	36	0
Julho	20,0	61	13	-48	-281	35	-11	24	37	0
Agosto	20,8	69	7	-62	-343	25	-10	17	52	0
Setembro	22,4	85	18	-67	-410	17	-8	26	59	0
Outubro	23,7	104	65	-39	-449	13	-4	69	35	0
Novembro	24,0	111	166	55	-165	68	55	111	0	0
Dezembro	24,5	124	189	65	-48	133	65	124	0	0
Soma	-	1160	873	-287	-	-	0	873	287	0

TABELA 52 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pirapora(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	26,0	143	227	84	69	175	0	143	0	84
Fevereiro	26,5	135	107	-28	-28	149	-26	133	2	0
Março	26,2	137	142	5	-22	154	5	137	0	0
Abril	25,2	112	51	-61	-83	109	-45	96	16	0
Maio	23,1	86	14	-72	-155	72	-37	51	35	0
Junho	21,5	64	5	-59	-214	52	-20	25	39	0
Julho	21,4	66	4	-62	-276	36	-16	20	46	0
Agosto	23,2	88	6	-82	-358	23	-13	19	69	0
Setembro	25,6	121	23	-98	-456	13	-10	33	88	0
Outubro	27,0	150	82	-68	-524	9	-4	86	64	0
Novembro	26,2	141	210	69	-141	78	69	141	0	0
Dezembro	25,9	143	250	107	10	175	97	143	0	10
Soma	-	1386	1121	-265	-	-	0	1027	359	94

TABELA 53 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Poços de Caldas(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	21,6	104	292	188	128	175	0	104	0	188
Fevereiro	21,6	90	222	132	98	175	0	90	0	132
Março	21,0	90	175	85	69	175	0	90	0	85
Abril	19,2	69	75	6	6	175	0	69	0	6
Maio	16,0	48	62	14	13	175	0	48	0	14
Junho	14,5	38	23	-15	-15	161	-14	37	1	0
Julho	14,6	40	21	-19	-34	144	-17	38	2	0
Agosto	16,2	50	30	-20	-54	129	-15	45	5	0
Setembro	18,2	65	80	15	-34	144	15	65	0	0
Outubro	19,8	83	136	53	21	175	31	83	0	22
Novembro	20,4	89	170	81	67	175	0	89	0	81
Dezembro	20,8	97	285	188	128	175	0	97	0	188
Soma	-	863	1571	708	-	-	0	855	8	716

TABELA 54 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Pompeu(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,9	129	258	129	97	175	0	129	0	129
Fevereiro	25,2	117	157	40	36	175	0	117	0	40
Março	24,8	119	165	46	41	175	0	119	0	46
Abril	23,5	94	55	-39	-39	140	-35	90	4	0
Maio	21,1	70	29	-41	-80	111	-29	58	12	0
Junho	19,9	56	10	-46	-126	85	-26	36	20	0
Julho	19,9	58	7	-51	-177	64	-21	28	30	0
Agosto	21,6	76	11	-65	-242	44	-20	31	45	0
Setembro	23,4	96	29	-67	-309	30	-14	43	53	0
Outubro	24,9	123	69	-54	-363	22	-8	77	46	0
Novembro	24,7	122	184	62	-128	84	62	122	0	0
Dezembro	24,7	127	268	141	44	175	91	127	0	50
Soma	-	1187	1242	55	-	-	0	977	210	265

TABELA 55 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Salinas(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,5	135	146	11	-69	118	11	135	0	0
Fevereiro	25,9	126	84	-42	-72	116	-2	86	40	0
Março	25,7	129	129	0	-72	116	0	129	0	0
Abril	24,5	104	50	-54	-126	85	-31	81	23	0
Mai	22,8	84	16	-68	-194	58	-27	43	41	0
Junho	21,0	63	4	-59	-253	41	-17	21	42	0
Julho	20,8	64	9	-55	-308	30	-11	20	44	0
Agosto	22,0	77	5	-72	-380	20	-10	15	62	0
Setembro	24,2	103	18	-85	-465	12	-8	26	77	0
Outubro	25,7	129	73	-56	-521	9	-3	76	53	0
Novembro	25,2	126	170	44	-209	53	44	126	0	0
Dezembro	25,4	135	189	54	-86	107	54	135	0	0
Soma	-	1275	893	-382	-	-	0	893	382	0

TABELA 56 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de São Lourenço(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,2	116	324	208	137	175	0	116	0	208
Fevereiro	23,4	102	200	98	78	175	0	102	0	98
Março	22,8	102	180	78	65	175	0	102	0	78
Abril	20,9	77	76	-1	-1	174	-1	77	0	0
Mai	17,7	53	62	9	8	175	1	53	0	8
Junho	16,2	41	30	-11	-3	172	-3	33	8	0
Julho	16,2	42	25	-17	-20	156	-16	41	1	0
Agosto	17,6	53	23	-30	-50	132	-24	47	6	0
Setembro	19,6	69	77	8	-39	140	8	69	0	0
Outubro	21,5	92	125	33	-2	173	33	92	0	0
Novembro	22,3	101	170	69	57	175	2	101	0	67
Dezembro	22,8	113	279	166	117	175	0	113	0	166
Soma	-	961	1571	610	-	-	0	946	15	625

TABELA 57 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de São Sebastião do Paraíso(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,5	116	333	217	141	175	0	116	0	217
Fevereiro	23,7	102	232	130	97	175	0	102	0	130
Março	23,3	103	198	95	76	175	0	103	0	95
Abril	22,0	83	75	-8	-8	167	-8	83	0	0
Mai	19,4	61	66	5	-3	172	5	61	0	0
Junho	18,2	49	24	-25	-28	149	-23	47	2	0
Julho	18,3	52	19	-33	-61	123	-26	45	7	0
Agosto	19,9	66	21	-45	-106	95	-28	49	17	0
Setembro	21,9	85	67	-18	-124	86	-9	76	9	0
Outubro	22,9	103	146	43	-53	129	43	103	0	0
Novembro	23,2	107	206	99	46	175	46	107	0	53
Dezembro	23,1	112	328	216	141	175	0	112	0	216
Soma	-	1039	1715	676	-	-	0	1004	35	711

TABELA 58 – Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Sete lagoas(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,1	120	248	128	96	175	0	120	0	128
Fevereiro	24,4	108	152	44	39	175	0	108	0	44
Março	24,0	110	161	51	45	175	0	110	0	51
Abril	22,7	88	55	-33	-33	145	-30	85	3	0
Maio	20,5	67	30	-37	-70	117	-28	58	9	0
Junho	19,3	54	6	-48	-118	89	-28	34	20	0
Julho	19,2	56	9	-47	-165	68	-21	30	26	0
Agosto	20,8	71	11	-60	-225	48	-20	31	40	0
Setembro	22,3	87	36	-51	-276	36	-12	48	39	0
Outubro	23,7	109	94	-15	-291	33	-3	97	12	0
Novembro	23,5	109	221	112	-33	145	112	109	0	0
Dezembro	23,7	116	313	197	117	175	30	116	0	167
Soma	-	1095	1336	241	-	-	0	946	149	390

TABELA 59 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Uberaba(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	24,6	125	309	184	126	175	0	125	0	184
Fevereiro	24,8	112	233	121	92	175	0	112	0	121
Março	24,6	116	234	118	90	175	0	116	0	118
Abril	23,5	94	99	5	5	175	0	94	0	5
Maio	20,9	68	47	-21	-21	155	-20	67	1	0
Junho	19,9	56	17	-39	-60	124	-31	48	8	0
Julho	20,2	61	10	-51	-111	93	-31	41	20	0
Agosto	22,0	79	18	-61	-172	65	-28	46	33	0
Setembro	23,6	99	58	-41	-213	52	-13	71	28	0
Outubro	24,7	120	137	17	-163	69	17	120	0	0
Novembro	24,5	120	183	63	-49	132	63	120	0	0
Dezembro	24,4	124	289	165	93	175	43	124	0	122
Soma	-	1174	1634	460	-	-	0	1084	90	550

TABELA 60 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Unaí(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	25,8	140	222	82	67	175	0	140	0	82
Fevereiro	26,1	127	168	41	37	175	0	127	0	41
Março	25,9	132	206	74	62	175	0	132	0	74
Abril	25,0	110	88	-22	-22	154	-21	109	1	0
Maio	23,4	89	21	-68	-90	105	-49	70	19	0
Junho	21,6	66	7	-59	-149	75	-30	37	29	0
Julho	21,4	66	4	-62	-211	52	-23	27	39	0
Agosto	22,9	86	12	-74	-285	34	-18	30	56	0
Setembro	25,5	120	30	-90	-375	21	-13	43	77	0
Outubro	26,8	145	95	-50	-425	15	-6	101	44	0
Novembro	25,8	134	230	96	-80	111	96	134	0	0
Dezembro	25,7	138	277	139	62	175	64	138	0	75
Soma	-	1353	1360	7	-	-	0	1088	265	272

TABELA 61 - Balanço hídrico climatológico da oliveira para o município de Viçosa(MG).

Meses	T med	ETP	P	P-ETP	Neg Acum	Arm	Alt	ETR	DF	Exc
Janeiro	23,5	117	231	114	88	175	0	117	0	114
Fevereiro	23,9	106	131	25	23	175	0	106	0	25
Março	23,4	106	150	44	39	175	0	106	0	44
Abril	21,7	82	53	-29	-29	148	-27	80	2	0
Mai	19,3	62	36	-26	-55	128	-20	56	6	0
Junho	17,7	48	15	-33	-88	106	-22	37	11	0
Julho	17,5	48	12	-36	-124	86	-20	32	16	0
Agosto	18,7	58	13	-45	-169	67	-19	32	26	0
Setembro	20,0	70	49	-21	-190	59	-8	57	13	0
Outubro	21,7	91	111	20	-139	79	20	91	0	0
Novembro	22,2	99	208	109	13	175	96	99	0	13
Dezembro	23,1	113	257	144	105	175	0	113	0	144
Soma	-	1000	1266	266	-	-	0	926	74	340