

CARACTERIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO SUDOESTE DE MINAS GERAIS UTILIZANDO O CENÁRIO B1 DO ECHAM5-OM

Rodrigues, Rafael de Ávila¹; Oliveira, Evandro Chaves²; Costa, Luiz Cláudio³; Amorim, Marcelo Cid⁴, Rodrigues, Jackson Martins⁵

¹Doutorando em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; Professor Substituto do Departamento de Geografia UFV; ²Doutorando em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV; ³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa – UFV. ⁴Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa; ⁵Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Viçosa, Bolsista de Iniciação Científica do PIBIC CNPq - UFV

7-Procesos de la interacción sociedad-naturaleza

RESUMO:

As características da chuva e da demanda evaporativa exercem grande influência nas atividades humanas, não somente na agricultura, grande esteio da economia, mas também no suprimento de água para usos domésticos e industriais. Segundo Sentelhas et al. (2000) p. 106, “*As condições climáticas na Terra sofrem flutuações contínuas. Dependendo da escala de tempo em que se trabalha é possível visualizar essa variabilidade e definir o que são mudanças climáticas*”. Segundo os autores em questão, é difícil a constatação de mudanças climáticas por vários motivos: dificuldade em se ponderar o efeito da variabilidade natural, dificuldades com relação às mudanças nas técnicas de medida da temperatura ao longo do tempo, distribuição inadequada de pontos de medida e dificuldades para se modelar o clima. Entretanto, uma série de evidências reforça o aquecimento global como consequência da ação do desenfreada da intervenção do homem no ambiente natural. O balanço hídrico climatológico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. A partir do suprimento de água ao solo, via precipitação ou irrigação, da demanda atmosférica e da capacidade de água disponível, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo. O balanço hídrico assim calculado torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região, o que é fundamental no planejamento das atividades agrícolas. O objetivo deste trabalho foi comparar e estabelecer o Balanço Hídrico Climatológico Atual e de Projeções Futuras para a Mesorregião do Sudoeste de Minas Gerais (Latitude de 20.91°S e Longitude de 44.86°W e Altitude de 926 metros) fornecidas pelo modelo avançado ECHAM5-OM, de Circulação Acoplado Oceano-Atmosfera, com resolução 1.875°x1.875°. Utilizou-se uma série histórica de 32 anos de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar (1972-2004) para caracterização atual do clima e outra série de 26 anos (2004 - 2020) para projeções futuras do cenário A1B do modelo ECHAM. A capacidade de armazenamento de água foi de 100 mm. Para a determinação das variáveis meteorológicas: evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, deficiência e excesso hídrico, utilizou-se do método do balanço hídrico climatológico segundo Thornthwaite e Mather (1955). Os resultados do balanço hídrico climático mostraram que o excesso hídrico na condição atual é de 617.4 mm com duração de 6 (seis) meses, sendo que será reduzido a 93.2 mm em apenas 2 (dois) meses de duração na projeção futura. O déficit hídrico passou de 14.8 mm em condição atual para 206.2 mm em projeção futura, sendo que os meses de abril a setembro apresentaram maiores deficiência hídrica acima de 25.0 mm por mês. As reposições que acontecia nos meses de setembro e outubro passaram a ocorrer nos meses de novembro e dezembro. A Evapotranspiração Potencial no período de 1972 a 2004 foi de 110.16 mm inferior ao valor 1054.18 registrado no período de 2004 a 2020. Os resultados do balanço hídrico podem ser úteis no processo de zoneamento agroclimático da região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, definição de prioridades no

planejamento de pesquisas ou, ainda, no conhecimento do regime hídrico.

Palabras Clave: Balanço Hídrico Climatológico, ECHAM5-OM, Minas Gerais, Cenários Climáticos

ABSTRACT

The characteristics of the rain and of the demand evaporativa they exercise great influence in the human activities, not only in the agriculture, great shore of the economy, but also in the supply of water for domestic and industrial uses. According to Sentelhas et all. (2000) p. 106, “the climatic conditions in the Earth suffer continuous flotations. *Depending on the scale of time in that one work is possible to visualize that variability and to define what are climatic changes.*” According to the authors in subject, it is difficult the verification of climatic changes for several reasons: difficulty in considering the effect of the natural variability, difficulties regarding the changes in the techniques of measure of the temperature along the time, inadequate distribution of measure points and difficulties to model the climate. However, a series of evidences reinforces the global heating as a consequence of the action of the man's intervention in the natural atmosphere. The swinging Water Balance is one in the several ways of monitoring the variation of the storage of water in the soil. Starting from the supply of water to the soil, through precipitation or irrigation, of the atmospheric demand and of the capacity of available water, the swinging water supplies estimates of the real evapotranspiração, of the deficiency, of the surplus water and of the storage of water in the soil. The swinging water made calculations like this becomes a climatological indicator of the readiness water in an area, what is fundamental in the planning of the agricultural activities. The objective of this work was to compare and to establish the Water Balance and of Future Projections for Mesorregião of the Southwest of Minas Gerais (Latitude of 20.91°S and Longitude of 44.86W and Altitude of 926 meters) supplied by the advanced model ECHAM5-OM, of Circulation Coupled Ocean-atmosphere, with resolution 1.875°x1.875°. It was used a 32 year-old historical series and medium temperature of the air (1972-2004) for current characterization of the climate and other 26 year-old series (2004 - 2020) for future projections of the scenery A1B of the model ECHAM. The capacity of storage of water was of 100 mm. For the determination of the meteorological variables: Potential Evapotranspiration, actual evapotranspiration, deficiency and water deficit, was used of the method of the Water Balance according to Thornthwaite and Mather (1955). The results of the swinging climatic hídrico showed that the water deficit in the current condition is of 617.4 mm with duration of 6 (six) months, and it will be reduced to 93.2 mm in only 2 (two) months of duration in the future projection. The water deficit passed of 14.8 mm in current condition for 206.2 mm in future projection, and the months of April to September presented larger water deficit above 25.0 mm a month. The replacements that it happened the months of September and October started to happen the months of November and December. Potential Evapotranspiration in the period from 1972 to 2004 was from 110.16 inferior mm to the value 1054.18 registered in the period from 2004 to 2020. The results of the swinging water can be useful in the process of agroclimatic zoning, of the area, calculation of the potential demand of water of the irrigated cultures, definition of priorities in the planning of researches or, still, in the knowledge of the hydrological regime.

Key Words: Water Balance, ECHAM5-OM, Minas Gerais, climatic scenarios

INTRODUÇÃO

Os modelos globais de clima do IPCC têm mostrado que entre 1900 e 2100 a temperatura global pode aquecer entre 1.4 e 5.8°C, o que representa um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX e que, aparentemente, não possui precedentes durante, pelo menos, os últimos 10.000 anos. Esses projetam para o futuro, ainda com algum grau de incerteza, possíveis mudanças em extremos climáticos, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas e enchentes, secas, e mais intensos e/ou freqüentes furações e ciclones tropicais e extratropicais (MARENGO, 2006).

Segundo Sentelhas et all. (2000) p. 106, “*As condições climáticas na Terra sofrem flutuações contínuas. Dependendo da escala de tempo em que se trabalha é possível visualizar essa variabilidade e definir o que são mudanças climáticas*”. Segundo os autores em questão, é difícil a constatação de mudanças climáticas por vários motivos: dificuldade em se ponderar o efeito da variabilidade natural, dificuldades com relação às mudanças nas técnicas de medida da temperatura ao longo do tempo, distribuição inadequada de pontos de medida e dificuldades para se modelar o clima. Entretanto, o aquecimento global é um tema estudado por pelo menos 2500 cientistas representando o Painel Intergovernamental de Mudanças Climático (IPCC) – vinculado a Organização das Nações Unidas (ONU). Tais especialistas vêm apontando o homem como o maior responsável pelo aquecimento do planeta, assim como, pelo possível impacto na biodiversidade (IPCC, 2007).

A mesorreigão do Sudoeste de Minas Gerais tem como uma das principais atividades econômica a agropecuária. Entretanto, a inadequada disponibilidade de água torna-se a principal limitação para o pequeno agricultor, não apenas pelo seu volume total anual, mas principalmente pela distribuição irregular durante o ano. Este fato reforça a necessidade do estabelecimento de um processo de monitoração hidrológico contínuo e abrangente para a mesoregião, o qual poderá fornecer informações importantes para diversos fins além da agricultura, como a prevenção de incêndios florestais e o planejamento de consumo de água nas grandes comunidades, entre outros.

Na área agrícola, apesar da importância sócio-econômica da atividade, a falta de informações seguras sobre o balanço de água do solo, não tem permitido uma orientação técnica adequada aos agricultores, determinando a aptidão climática das culturas às regiões, selecionando assim espécies e variedades a serem cultivadas e as melhores épocas e métodos de plantio.

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica estabelece diretrizes para a implementação de políticas de planejamento e execução para o uso racional deste recurso. Além disso, a crescente demanda de água, a limitação dos recursos hídricos, os conflitos entre alguns usos e os prejuízos causados pelo excesso e pela escassez, exigem que tanto o planejamento como a gestão da sua utilização ocorram em termos racionais e otimizados. Uma maneira prática e acessível de se obter essa informação é a aplicação do princípio físico de conservação de massa, mediante a estimativa do balanço hídrico.

O balanço hídrico climatológico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. A partir do suprimento de água ao solo, via precipitação ou irrigação, da demanda atmosférica e da capacidade de água disponível, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo. O balanço hídrico assim calculado torna-se um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (PEREIRA et al., 1997), o que é fundamental no planejamento das atividades agrícolas.

Para Aguilar et al. (1986) os resultados de um balanço hídrico podem ser úteis no processo de zoneamento agroclimático de uma região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, definição de prioridades no planejamento de pesquisas ou, ainda, no conhecimento do regime hídrico.

Desse modo o objetivo deste trabalho foi comparar e estabelecer o Balanço Hídrico Climatológico Atual e de Projeções Futuras para a Mesoregião do Sudoeste de Minas Gerais (Latitude de 20.91°S e Longitude de 44.86°W e Altitude de 926 metros) fornecidas pelo modelo

avançado ECHAM5-OM, de Circulação Acoplado Oceano-Atmosfera, com resolução 1.875°x1.875°.

METODOLOGIA

A área de Estudo compreende a Mesorregião do Sudoeste de Minas Gerais (Latitude de 20.91°S e Longitude de 44.86W e Altitude de 926 metros). Utilizou-se uma série histórica de 32 anos de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar (1972-2004) para caracterização atual do clima e outra série de 26 anos (2004 - 2020) para projeções futuras do cenário A1B do modelo ECHAM.

As simulações do clima presente (1991-2001) e as projeções do clima futuro (2002-2020), (2021-2040) e (2041 a 2060), no cenário de emissões SRES A1B (IPCC-SRES 2000) são fornecidas pelo modelo avançado ECHAM5-OM, de circulação acoplada oceano-atmosfera, com resolução de 1,875° × 1,875° (Marsland et al., 2003). Este modelo mostra uma das melhores performances em reproduzir ENOS numa recente avaliação de modelos que contribuem com projeções do clima futuro para o 4º Relatório do IPCC (Oldenborgh et al. 2005). Além disto, apresenta uma comparativamente boa simulação da climatologia atual da precipitação na América do Sul.

Para a determinação das variáveis meteorológicas: evapotranspiração potencial, evapotranspiração real, deficiência e excesso hídrico, a partir do cenário A1B do modelo ECHAM, foi realizado o balanço hídrico, pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) através do programa "BHnorm" elaborado em planilha eletrônica por ROLIM e SENTELHAS (1999), adotando-se uma capacidade de água disponível (CAD) de 100mm para a Mesorregião do Sudoeste de Minas Gerais (Figura1).

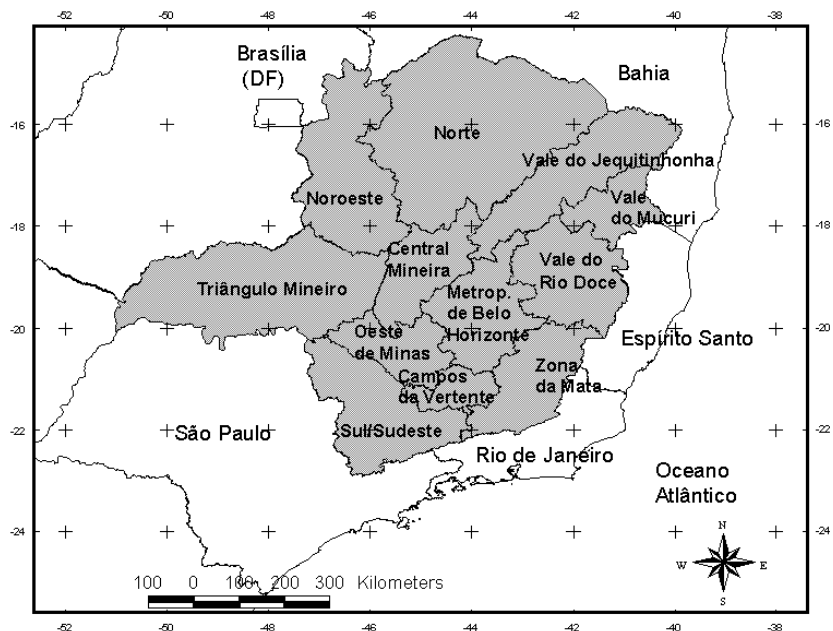


Figura 1. Mesorregiões geográficas do Estado de Minas Gerais.

FONTE: SILVA JÚNIOR, J. L. C; 2007.

RESULTADOS E DISCUSSAO

Na Tabela 1, podem-se visualizar as variáveis utilizadas na determinação do balanço hídrico tais como: precipitação e evapotranspiração da Mesorregião do Sudoeste de Minas Gerais durante o período de 1972 a 2004 (clima atual). A precipitação média anual foi de 1547 mm/ano, sendo os meses de junho, julho e agosto registraram os índices mínimos de chuva no município provocando longos períodos de estiagem na região sendo os índices pluviométricos de 30, 25 e 26 mm respectivamente para o período. A falta de chuva e o clima seco da região neste período proporcionam a redução do nível de água armazenado no solo, provocando deficiência hídrica mais elevada para este período, sendo 1, 4 e 10 mm/mês respectivo aos meses deste período. Essa é uma característica de climas do tipo tropical onde cerca de 70% das precipitações ocorrem entre outubro a março e os demais 30% de abril a setembro.

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, apresentaram-se com uma maior concentração de chuva, sendo registrado um excedente hídrico em ambos os meses, após o processo de recuperação da capacidade de armazenamento do solo. A Mesorregião do Sudoeste de Minas apresenta uma evapotranspiração potencial média anual de 944 mm/ano, sendo o período de dezembro a março apresenta os maiores valores de evapotranspiração com 108, 110, 102 e 103 mm/mês. Os de menores índices de evapotranspiração potencial foram registrados nos meses de junho e julho com 42 mm/mês (Tabela 1).

Tabela 1. Balanço hídrico de 1972-2004.

Meses	T	P	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23	290	110	179	0	100	0	110	0	179
Fev	23	213	102	111	0	100	0	102	0	111
Mar	23	169	103	66	0	100	0	103	0	66
Abr	21	73	78	-5	-5	95	-5	78	0	0
Mai	18	57	55	1	-4	96	1	55	0	0
Jun	16	30	42	-12	-16	85	-11	41	1	0
Jul	16	25	42	-17	-32	72	-13	38	4	0
Ago	18	26	53	-27	-60	55	-17	43	10	0
Set	20	75	68	7	-48	62	7	68	0	0
Out	21	134	88	46	0	100	38	88	0	8
Nov	22	179	95	84	0	100	0	95	0	84
Dez	23	276	108	169	0	100	0	108	0	169
Totais		1547	944				0	929	15	617
Média	20	129	79					77		

Sendo: T é a temperatura média do mês; P é a precipitação média do mês, ETP é a evapotranspiração potencial, P-ETP é a diferença entre a coluna precipitação e a evapotranspiração, NEG.AC é o negativo acumulado de água no solo, ARM é o armazenamento de água no solo, ALT é a alteração entre o ARM do mês atual e o ARM do mês anterior, ETR é a evapotranspiração real, DEF é a deficiência e EXC é o excedente hídrico.

Observa-se na tabela 2 que o total de precipitação foi da ordem de 61% inferior a total médio anual precipitado no período de 1972 a 2004. Enquanto no clima atual o total precipitado é de 1.547 mm anual, no clima futuro esse total é de 941 mm/ano. O total acumulado da deficiência hídrica no período de 2004 a 2020 foi 206 mm, sendo os meses de abril a setembro considerados meses com deficiência hídrica. O excedente hídrico anual totaliza 93 mm compreendendo os meses de dezembro e janeiro. O acréscimo de 2 °C na temperatura do ar resultou em uma evapotranspiração Potencial (saída de água do sistema) da ordem de 1054 mm/ano enquanto no período de 1972 a 2004 apresenta uma ETP anual de 944, mm.

Tabela 2. Projeções de 2004-2020 através do ECHAM-OM.

Meses	T	P	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24	179	114	65	0	100	0	114	0	65
Fev	24	104	104	0	0	100	0	104	0	0
Mar	23	74	105	-31	-31	73	-27	100	4	0
Abr	22	28	86	-58	-89	41	-32	60	26	0
Mai	20	15	68	-54	-143	24	-17	32	37	0
Jun	19	6	53	-47	-190	15	-9	15	38	0
Jul	18	12	51	-39	-229	10	-5	17	34	0
Ago	20	24	64	-40	-269	7	-3	27	36	0
Set	23	57	88	-31	-300	5	-2	59	29	0
Out	23	100	101	-1	-301	5	0	100	1	0
Nov	23	141	107	35	-92	40	35	107	0	0
Dez	23	202	113	89	0	100	60	113	0	28
Totais		941	1054				0	848	206	93
Média	22	78	88					71		

Sendo: T é a temperatura média do mês; P é a precipitação média do mês, ETP é a evapotranspiração potencial, P-ETP é a diferença entre a coluna precipitação e a evapotranspiração, NEG.AC é o negativo acumulado de água no solo, ARM é o armazenamento de água no solo, ALT é a alteração entre o ARM do mês atual e o ARM do mês anterior, ETR é a evapotranspiração real, DEF é a deficiência e EXC é o excedente hídrico.

Nas Figuras 2 e 3 estão representados os balanços hídricos para a Mesorregião do Sudoeste de Minas Gerais, em que “deficiência” é a diferença entre a Evapotranspiração de Referência (ETP) e a Evapotranspiração Real (ETR), “excedente” representa a água que sofre percolação profunda ou escoamento superficial, “retirada” ocorre quando a precipitação for menor do que a evapotranspiração de referência e quando for maior há a “reposição”.

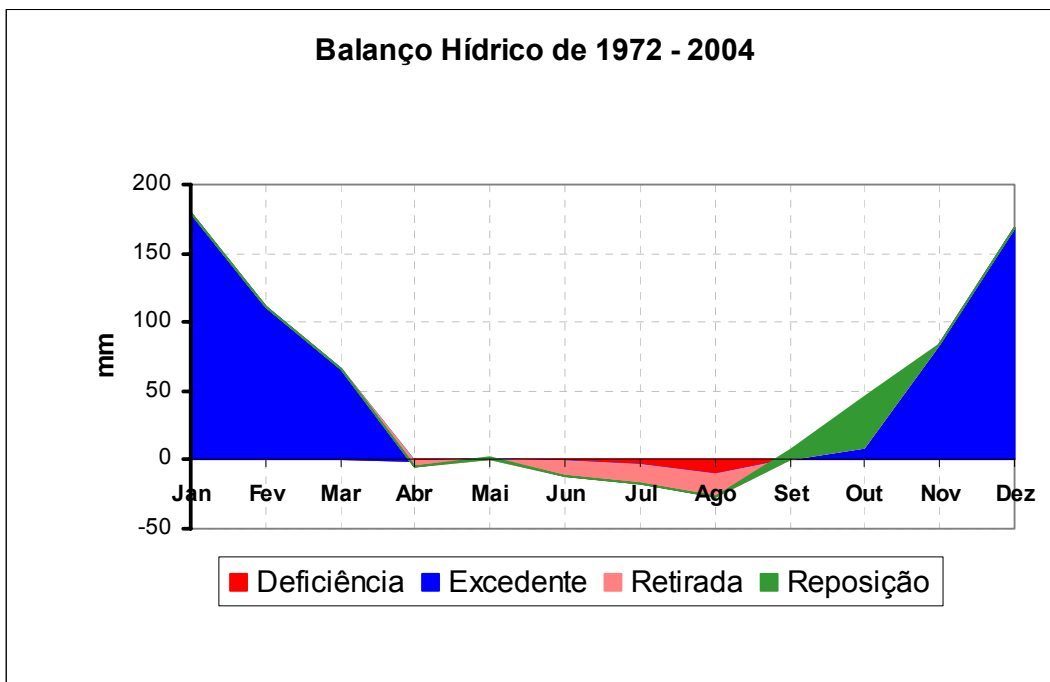


Figura 2. Balanço Hídrico na Mesorregião Sudoeste de Minas Gerais no período de 1972 a 2004.

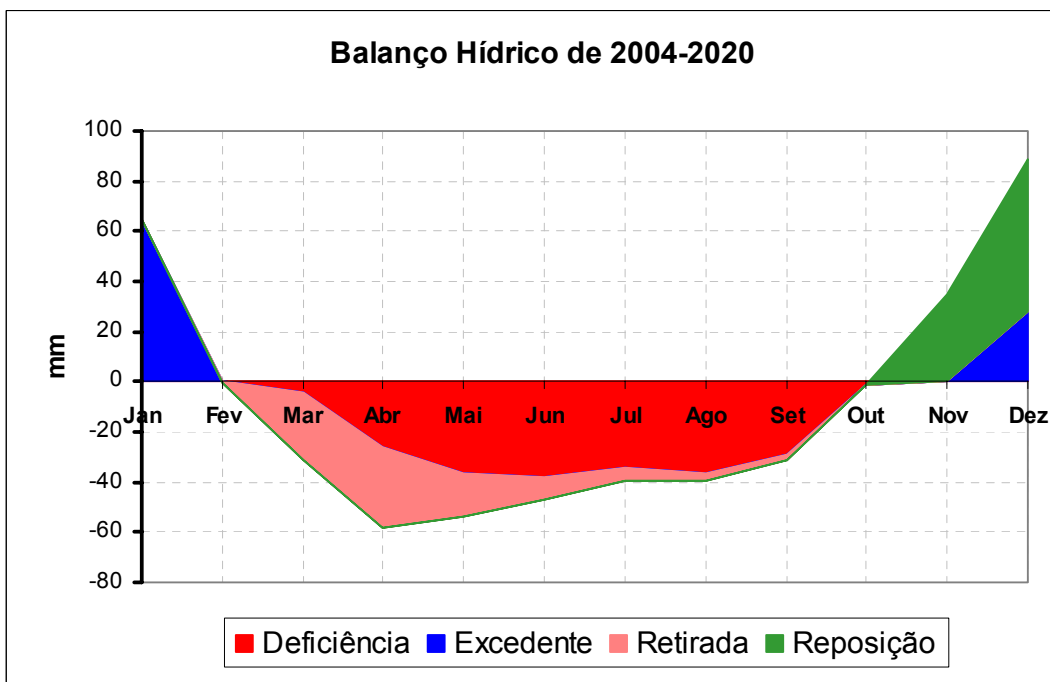


Figura 3. Balanço Hídrico na Mesorregião Sudoeste de Minas Gerais no período de 2004 a 2020 através do ECHAM-OM.

Nota-se uma diminuição no excedente hídrico, bem como, aumento na deficiência com a projeção climática do modelo ECHAM-OM, atingindo um valor máximo no mês de junho. Essa redução na disponibilidade de recursos hídricos poderá ter conseqüências negativas para a produção agrícola e para a vazão dos rios, afetando os biomas naturais do estado. Nessa mesorregião, um aumento de 2,0 °C na temperatura e redução na precipitação, sobre a média de 1972-2004, poderia reduzir em até 524 mm/ano o excedente dos recursos hídricos, ou seja, a água que escorre pelos rios ou sofre percolação profunda no solo.

Sendo assim, os resultados do balanço hídrico climático mostraram que o déficit hídrico passará de 3 meses na condição atual para 7 meses pelas projeções do modelo ECHAM-OM, sendo que os meses de abril a setembro apresentaram maiores deficiência hídrica acima de 25.0 mm por mês. Neste período devido a longa estiagem e clima seco preditos para a mesorregião será necessário uma suplementação hídrica através da irrigação, para garantir uma maior qualidade e produtividade de produção no campo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da presente pesquisa devemos ressaltar que as projeções realizadas pelo ECHAM5-OM contribuem no intuito de proporcionar um melhor entendimento e medidas mitigadoras a serem tomadas visto que os resultados do balanço hídrico podem ser úteis no processo de zoneamento agroclimático da região, cálculo da demanda potencial de água das culturas irrigadas, definição de prioridades no planejamento de pesquisas ou, ainda, no conhecimento do regime hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, D.J., KRUKER, R.J.M., CALHEIROS, R. de O, et al. **Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico de região da Grande Dourados**. Dourados: EMBRAPA – UEPAE, 1986. 150 p.

IPCC-SRES, 2000: **Special Report on Emission Scenarios**. Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 20pp. Available at http://www.ipcc.ch/pub/SPM_SRES.pdf

IPCC. International Panel on Climate Change. Climate Change 2007: **The Physical Science Basis**. This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA:2006.

MARSLAND, S.; HAAK, H.; JUNGELAUS, J.; LATIF, M.; RÖSKE, F. The Max-Planck-Institute global ocean/sea ice model with orthogonal curvilinear coordinates, **Ocean Modeling**, 5, 91-127, 2003.

Oldenborgh, G. J., S. Philip, and M. Collins, 2005: El Niño in a changing climate: a multi-model study, *Ocean Science Discussion*, 2, 267-298.

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

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p. 133 – 137,1998.

SENTELHAS, P. C., PEREIRA, A. L. Meteorologia Agrícola. Piracicaba ESALQ, 2000. 172p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).