

**INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
Minas Gerais**

**RELATÓRIO CLIMATOLÓGICO:**

**BALANÇO HÍDRICO DO**

**PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE**

**2005 A 2019**

**DSc. Fulvio Cupolillo**

**MSc. Jean Monteiro Lima**

## 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil a Mata Atlântica se estende do estado do Rio Grande do Sul até o Piauí e “é configurada por diferentes formas de relevo, paisagens, características climáticas e pela multiplicidade da população nela residente” (PEIXOTO, 2012, p. 14). Porém este é um dos biomas mais fragmentados e destruídos do planeta.

O bioma Mata Atlântica, se tornou um instrumento e foco de diversas pesquisas nacionais e internacionais devido ao seu perfil de *Hot Spot*. Uma pequena porção desse bioma está inserida no Estado de Minas Gerais, numa unidade de conservação denominada de Parque Estadual do Rio Doce-PERD, situando-se como o maior remanescente contínuo deste bioma no Estado, por abrigar boa parte das espécies de mamíferos, répteis e anfíbios, além de apresentar um sistema lacustre do médio rio Doce, de origem tectônica, composto por 42 lagos.(IEF-MG, 2009).

Para Ayoade (2015), o clima influencia os processos de formação dos solos, o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como os organismos vivos que interagem em um determinado ecossistema.

Deste modo, Tubelis e Nascimento (1986), destacam que dentre os elementos climáticos que interferem no desenvolvimento da vegetação de uma área está: a radiação solar que determina as condições térmicas do ambiente, a temperatura que afeta o crescimento das plantas, e a precipitação de água.

Neste preceito Silva et al. (2006), afirmam que, balanços hídricos Climatológicos são importantes para acompanhar a dinâmica da água em ecossistemas agrícolas e naturais.

Como também Cupolillo (2015), utilizou o Balanço Hídrico Climatológico aplicado às 10 estações climatológicas principais situadas na bacia do Rio Doce, permitindo-o analisar quais os mecanismos atmosféricos que agiram no comportamento hídrico da região. Esses mecanismos podem se transformar em bloqueios atmosféricos causando veranicos climatológicos e intensificando a estação seca, contribuindo desta maneira, para o decrescente nível das águas do sistema lacustre no PERD, por qual vem passando atualmente.

Vianello et al (2008), analisando um estudo de dados observáveis, de tendência climática, elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2007), o qual, subtraiu os campos médios climatológicos de 1961-1990 e 1931-1960, mostrando que para o estado de Minas Gerais, especificamente na Bacia do Rio Doce, as tendências climáticas são de anomalias positiva de temperatura de 2° C e negativa de pluviosidade de – 250 mm, sugerindo

uma brusca mudança do padrão de chuvas do PERD. Tal fato, indica, uma transformação de clima tropical de altitude para semiaridez (Figura 1).

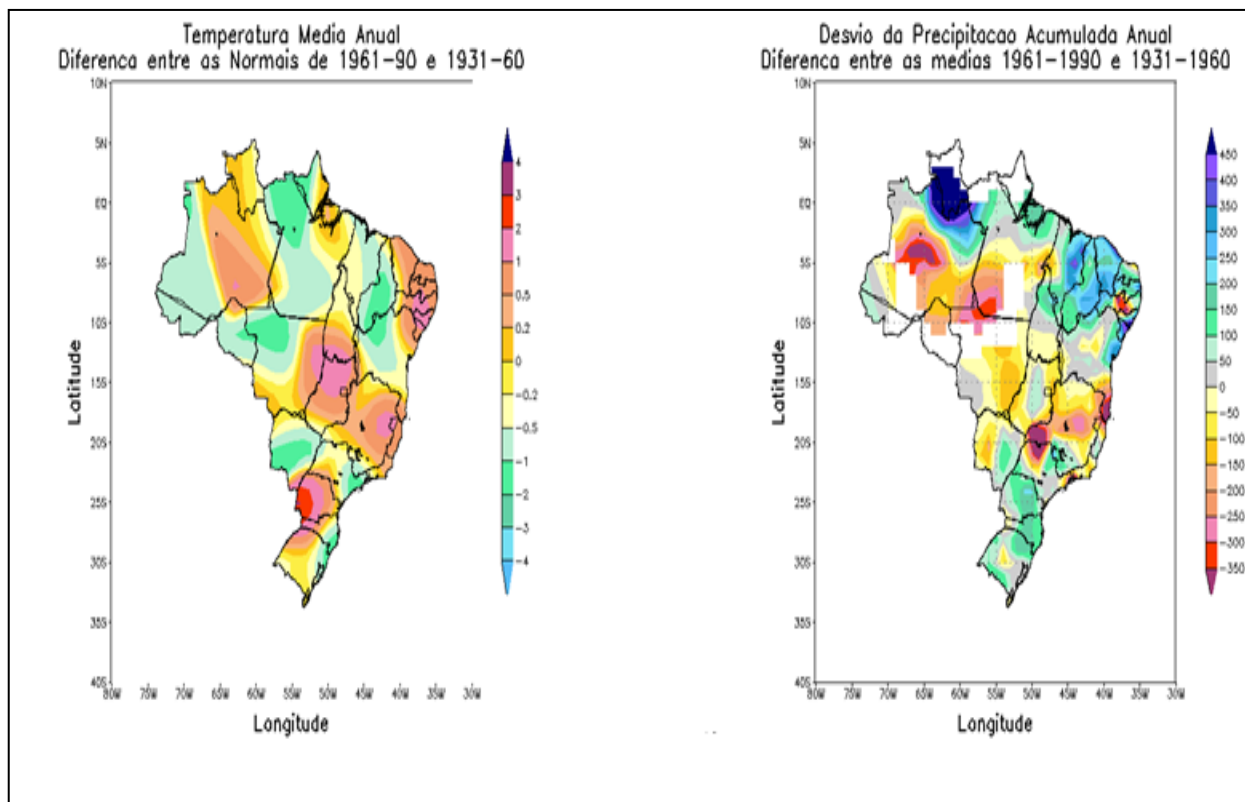


Figura 1: Subtração dos campos climatológicos entre 1960-1990 e 1931- 1960 para a temperatura média anual e a precipitação acumulada.  
FONTE: INMET (2007)

Na perspectiva de contribuir para o conhecimento do clima no Parque Estadual do Rio Doce-PERD, levantou-se questionamentos sobre o comportamento climático do parque em relação a distribuição de chuvas e a disponibilidade de água para os ecossistemas de modo a entender se aspectos climatológicos afetaram as variáveis do balanço hídrico.

### 1.1 – Objetivo Geral:

- Elaborar balanços hídricos decendiais climatológicos para o PERD no período de 2005 a 2019, demonstrando os períodos de deficiência hídrica e as mudanças ocorridas.

### 1.2 - Objetivos específicos:

- demonstrar os períodos de deficiência hídrica e as mudanças ocorridas;
- identificar o período de ocorrência de veranico na região;
- identificar se houve ou não aumento na estação seca no PERD;
- identificar os mecanismos atmosféricos que influenciam o balanço hídrico do PERD.

## 2 – MATERIAIS E METODOS

Para o presente estudo, os dados de temperatura e pluviosidade, foram obtidos das estações climatológicas de Ipatinga e Caratinga para os períodos de 30 anos (1961-1990) e de 23 anos (1980-2002). Também foram utilizados dados, das estações meteorológicas mais próximas possíveis do Parque Estadual do Rio Doce, que estão instaladas em Ipatinga, Timóteo, PERD e Caratinga, referentes a um período de 15 anos (2005-2019), a fim de apurar com precisão os períodos com maior excedente de água, bem como os períodos nos quais a deficiência pode causar prejuízos, tanto para o bioma, quanto para o sistema lacustre no PERD.

Os dados foram agrupados em períodos decendiais (10 dias), sendo nove meses com trinta e um dias, nestes a média do 3º decêndio é elaborada com onze dias; no mês de fevereiro o 3º decêndio é calculado para oito dias e nos anos bissextos a média refere-se a nove dias, de acordo com Cupolillo (2015).

Calculou-se o elemento temperatura através do somatório da frequência de ocorrência da variável e para série de trinta e seis decêndios para as estações chuvosa (DPC) e seca (DPS), dividido pelo período de anos correspondentes a cada uma das quatro estações meteorológicas.

Para o cálculo da temperatura, tem-se a equação:

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N}$$

em que:

$T_m$  = temperatura média sazonal DPC e DPS por ano,

$nd$  = número de decêndios no DPC e no DPS,

$di$  = número de cada elemento climatológico por decêndios no DPC e no DPS

$\sum_{i=1}^{nd} di$  = somatório das temperaturas acumuladas por decêndio, DPC e DPS

$N$  = número de anos para cada local.

A precipitação sazonal da chuva foi calculada através do somatório da frequência de ocorrência da variável pluviosidade para a série dos trinta e seis decêndios para as estações chuvosa e seca, dividido pelo período de anos correspondente a cada uma das quatro estações meteorológicas do INMET e IGAM.

Para o cálculo da precipitação, tem-se a equação:

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N}$$

em que:

Pm = Precipitação média sazonal DPC e DPS por ano

nd= número de decêndios no DPC e no DPS

di= número de cada elemento climatológico por decêndios no DPC e no DPS

$\sum_{i=1}^{nd} di$  = somatório das precipitações acumuladas por decêndio, DPC e DPS

N = número de anos para cada local.

Para SILVA-VAREJÃO (2001), o balanço hídrico consiste em efetuar a contabilidade hídrica do solo, até a profundidade explorada pelas raízes computando-se, sistematicamente, todos os fluxos positivos (entrada) e negativos (saída) de água no solo. Na climatologia ele passa a ser utilizado para mapeamento de áreas climatologicamente homogêneas.

Para este trabalho, os balanços hídricos foram calculados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955), conforme Tubelis, Nascimento (1986), e um dos métodos mais utilizados no Brasil e também devido ser de fácil cálculo.

O método “considera que a água do solo é igualmente disponível aos vegetais desde a capacidade de campo até o ponto de murchamento permanente”. (TUBELIS, NASCIMENTO, 1986).

A seguir, os dados de temperatura e precipitação tabulados foram dispostos no programa computacional Excel (planilhas), adaptado por ROLIM (1998), para o cálculo das médias das temperaturas e somatórios de chuvas no período estudado. De modo a elaborar a representação dos balanços hídricos que tem como finalidade permitir a visualização do ritmo anual de elementos básicos e facilitar a identificação das épocas secas e chuvosas, possibilitando atender às necessidades ecológicas e climáticas regionais.

### 3 – RESULTADOS E CONCLUSÕES

#### 3.1 - Distribuição temporal da média das precipitações no PERD (2005-2019)

O início da estação chuvosa ocorre nos decêndios entre outubro e o final nos decêndios de março. Esse comportamento se deve aos sistemas atmosféricos denominados de Alta da Bolívia que traz umidade da Amazônia e frente fria do sul do país. A partir de uma interação entre as duas, forma-se a Zona de Convergência da América Sul-ZCAS, que contribui para o aumento de dias chuvosos no estado e na região PERD. Já a estação seca ocorre nos decêndios de abril e a setembro.

A Figura 2, demonstra a diferença de pluviosidade entre as estações meteorológicas, destacando de um modo geral as estações de Timóteo e Ipatinga com os índices pluviométricos mais elevados se comparados às estações de Caratinga e do PERD.

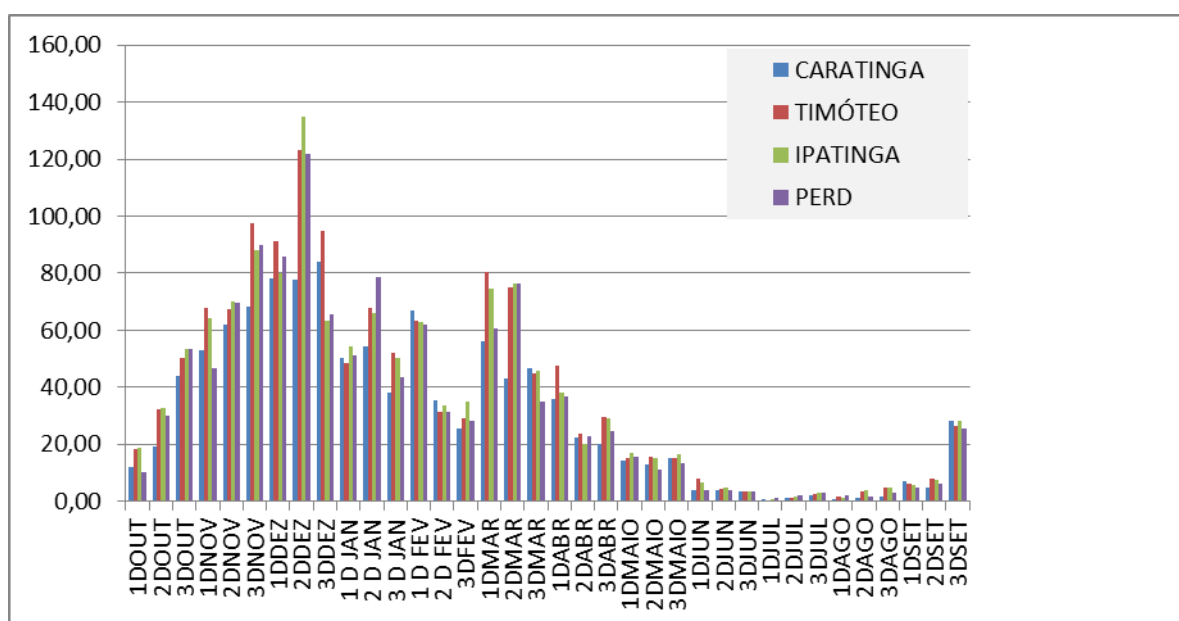


FIGURA 2 - Média decenal das precipitações para o período de 2005-2019 no PERD e entorno. Fonte: Antunes (2018).

Os mecanismos atmosféricos que atuam no estado e agem na distribuição dos padrões de chuvas em Minas Gerais e na região em estudo, são o Anticiclone Subtropical da América do Sul - ASAS e o Cavado do Nordeste - CN, além de serem responsáveis pelas condições de tempo no estado. Através do processo de subsidência do ar, contribuem para a ausência de precipitação, ocasionando períodos longos de estiagem na estação seca e veranicos na estação chuvosa, fazendo com que as lagoas do PERD sofram uma perda hídrica considerável (ANTUNES, 2018). Segundo Lima (2019), além destes mecanismos o comportamento do

Vórtice Ciclônico de Altos Níveis-VCAN, também é responsável pela mesma estiagem e veranicos.

Antunes (2018) ressalta que, a estação chuvosa no PERD inicia-se, em média, a partir do 2º decêndio de outubro, apresentando o veranico em fevereiro e finalizando em março com a transição para a estação seca. A estação seca, por sua vez, inicia-se em média, a partir dos decêndios de abril e finaliza com a transição para a estação chuvosa no 3º decêndio de setembro. Porém, cada estação meteorológica analisada apresenta índices pluviométricos diferentes no mesmo decêndio.

Os decêndios mais chuvosos concentram-se nos meses de dezembro e janeiro, com as mais altas cotas pluviométricas. Destes destaca-se, o 2º decêndio de dezembro, variando de 134,6 mm em Ipatinga, 123,2 mm em Timóteo e 121,7 mm no PERD. Em seguida, a região sofre uma brusca queda pluviométrica nos decêndios de fevereiro, resultante da formação de um veranico climático, ocasionado pela atuação da subsidência do ar do ASAS e do CN.

Em fevereiro, a maior variabilidade das cotas pluviométricas aparece em Caratinga entre 67,1 e 25,7 mm. A estação chuvosa finaliza-se com os decêndios de março, estendendo-se até o 1º decêndio de abril, que voltam a ter cotas elevadas variando de 80,3 mm em Timóteo a 35,9 mm em Caratinga.

### **3.2- Balanço hídrico climatológico de Ipatinga e Caratinga (1961-1990; 1980-2002)**

Os balanços hídricos climatológicos da figura 3 demonstram como são distribuídos os processos de deficiência, excedente, retirada e recarga de água no solo para as localidades de Caratinga e Ipatinga.

Comparando-se os balanços de Caratinga (Figuras 3a e 3b), observa-se que a estação chuvosa concentra-se entre os decêndios 2º de outubro e 3º de março, apresentando maiores valores pluviométricos nos decêndios: 3º de novembro com 41,6 mm (Figura 3a) e 2º de dezembro com 57,9 mm (Figura 3b). Nestes, situam-se os decêndios de fevereiro que estendem até o 1º de março, apresentando uma queda brusca das cotas pluviométricas, fenômeno conhecido como *veranico climático*.

Quanto a estação seca (Figuras 3a e 3b), concentra-se entre os decêndios 1º de abril a 1º de outubro, apresentando máximas deficiências hídricas no 1º decêndio de setembro com -14,6 mm (Figura 3a) e -15,4 mm (Figura 3b).

Comparando-se os balanços de Ipatinga (Figuras 3c e 3d), observa-se que a estação chuvosa concentra-se entre os decêndios 3º de outubro e 3º de abril (Figura 3c) e 3º de outubro e 3º de março (Figura 3d), apresentando maiores valores pluviométricos no decêndio: 3º de dezembro

com 67,8 mm (Figura 3c) e com 71,2 mm (Figura 3d). Nestes, situam-se os decêndios 2° e 3° de fevereiro, apresentando também uma queda brusca das cotas pluviométricas, fenômeno conhecido como *veranico climático*.

Quanto a estação seca, concentra-se entre os decêndios 1° de abril a 3° de outubro (Figura 3c) e 1° de abril a 2° de outubro (Figura 3d), apresentando máximas deficiências hídricas no 1° decêndio de setembro com -23,4 mm (Figura 3c) e -21,2 mm (Figura 3d).

Conclui-se que em ambas as estações, demonstram um aumento das deficiências hídricas e das cotas pluviométricas, intensificando temporal e quantitativamente as estações seca e chuvosa. Sugere-se com isso, tendência a iniciar um processo de semiaridez, justificando a diminuição anual do nível das águas do rio Doce e do seu sistema lacustre no PERD.

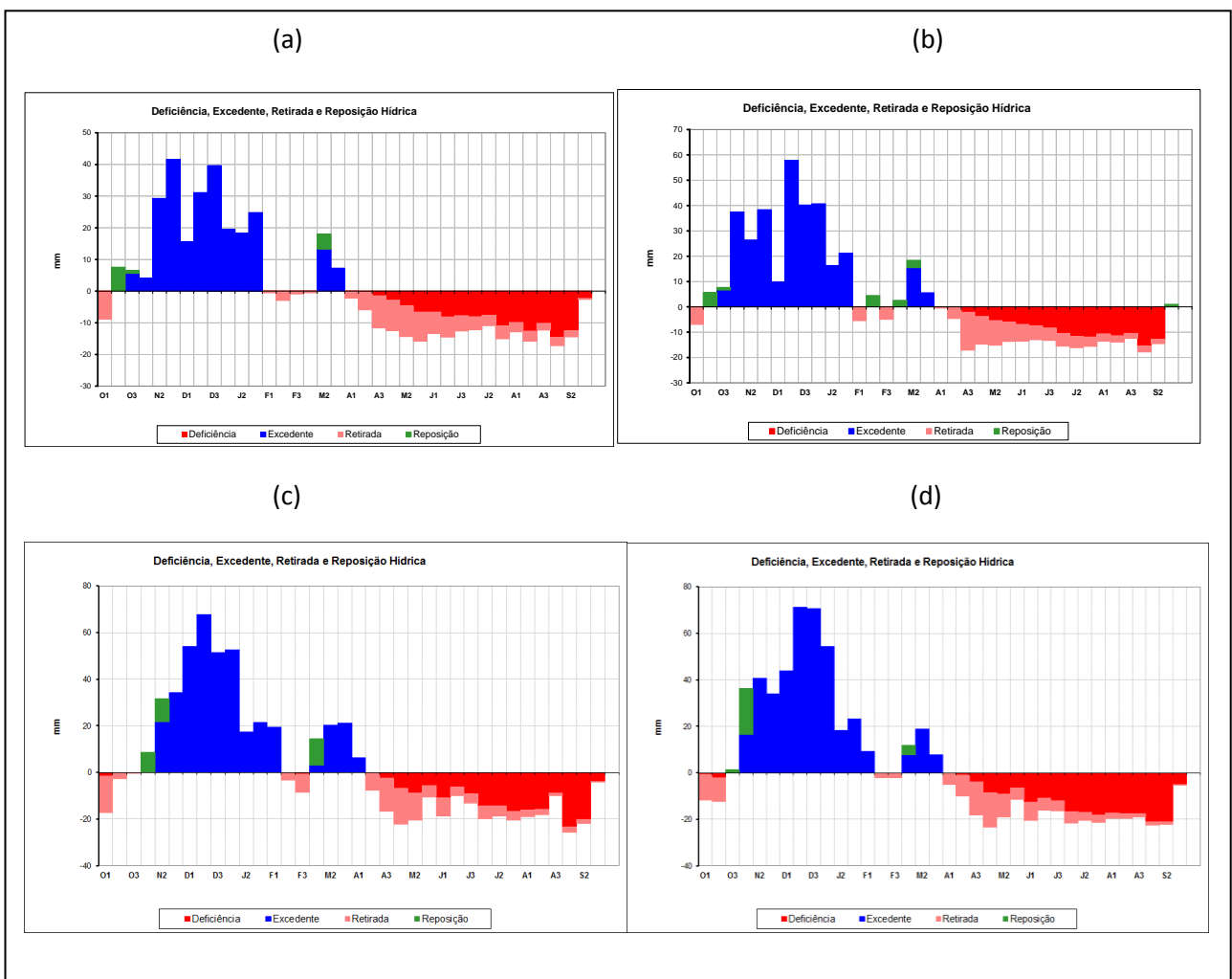


Figura 3: Balanços Hídricos de Caratinga- (a) 1961-1990 (b) 1980-2002; Ipatinga (c) 1961-1990 (d) 1980-2002.

FONTE dos Dados: INMET



### 3.3 - Resultados dos Balanços Hídricos Climatológicos da Região do PERD (2005-2019)

A princípio foram elaborados os balanços hídricos climatológicos das quatro estações meteorológicas das quais foram extraídos os dados da pesquisa.

Os resultados obtidos nas análises dos dados das estações meteorológicas estão dispostos em forma de gráficos nas Figuras 4, 5, 6 e 7. Estes trazem a representação da reposição, excedente, retirada e deficiência hídrica de cada estação.

As quatro estações estudadas (Caratinga, Ipatinga, PERD e Timóteo) apresentaram totais pluviométricos relativamente semelhantes. Com isso, as características de cada estação mostraram regimes pluviométricos parecidos, sendo o 2º decêndio do mês de dezembro o decêndio de maior excedente hídrico em todas as quatro estações, enquanto o 2º decêndio de setembro em Caratinga e o 3º decêndio de agosto em Timóteo, Ipatinga e PERD registraram as maiores deficiências hídricas..

Na estação de Caratinga (Figura 4), o excedente foi de 39,7 mm e a deficiência -26,1 mm. Em Ipatinga (Figura 5), o excedente obteve totais de 95,0 mm e a deficiência foi de -26,5 mm. Já o PERD (Figura 6), apresentou excedente de 83,7 mm, deficiência -24,0 mm. Em Timóteo (Figura 7), os valores foram de 85,7 mm excedente e -25,0 mm de deficiência.

Nos balanços hídricos climatológicos decendiais de todas estações, percebe-se a existência de um veranico climático no mês de fevereiro, já observado por Cupolillo (2015), Pujoni *et al.* (2012) em estudos anteriores de áreas próximas. Salienta-se a existência do mesmo fenômeno no 3º decêndio de janeiro.

O veranico causa uma interrupção de chuvas dentro do período chuvoso, fazendo com que o excedente hídrico seja interrompido por vários dias, acarretando problemas de abastecimento e consumo de água para a população, prejudicando a sobrevivência da fauna e flora e do metabolismo complexo do sistema lacustre, de origem tectônica, no PERD. Esse fenômeno é causado pelo posicionamento anômalo da Alta da Bolívia, que permite o avanço de um cavado que penetra no continente, ocasionando um bloqueio atmosférico e forte subsidência. Esse bloqueio, denominado Cavado do Nordeste, fica semiestacionado sobre Minas Gerais favorecendo a ocorrência dos veranicos.

Na estação meteorológica do município de Caratinga (Figura 4), os 1º e 2º decêndios de outubro, em que ocorre o final início da estação secaa, estão apresentando retirada e deficiência de água no solo. A partir do 3º decêndio de outubro, inicia-se a estação chuvosa com reposição hídrica que aumenta no 1º decêndio de novembro e aponta uma reposição, seguida de um excedente hídrico no 2º decêndio, estendendo-se até o 3º decêndio. Os decêndios de dezembro são os mais importantes por apresentarem cotas pluviométricas mais altas, destacando-se o 2º

decêndio de dezembro como o maior excedente hídrico, chegando ao valor de 30,7 mm. A partir do 3º decêndio de dezembro, há queda dessas cotas, estendendo-se até o 2º decêndio de janeiro, variando entre 39,4 a 9,5mm. Porém, no 3º decêndio de janeiro forma-se um veranico com retirada e deficiência hídrica, para em seguida, no 1º decêndio de fevereiro, as cotas pluviométricas se elevarem.

Durante os dois últimos decêndios do mês de fevereiro, o excedente hídrico desaparece dando lugar à retirada e deficiência hídrica, em função da presença de um fenômeno que se instala sobre o PERD, denominado veranico climático.

No primeiro decêndio do mês de março a reposição hídrica retorna com as últimas chuvas da estação chuvosa, estendendo-se até o 3º decêndio. A partir do 1º decêndio de abril, inicia-se a estação seca que se estende até o 2º decêndio de outubro. Destacam-se os decêndios 3º de agosto e 2º de setembro com valores negativos variando, respectivamente, de -25,4 a -26,1mm.

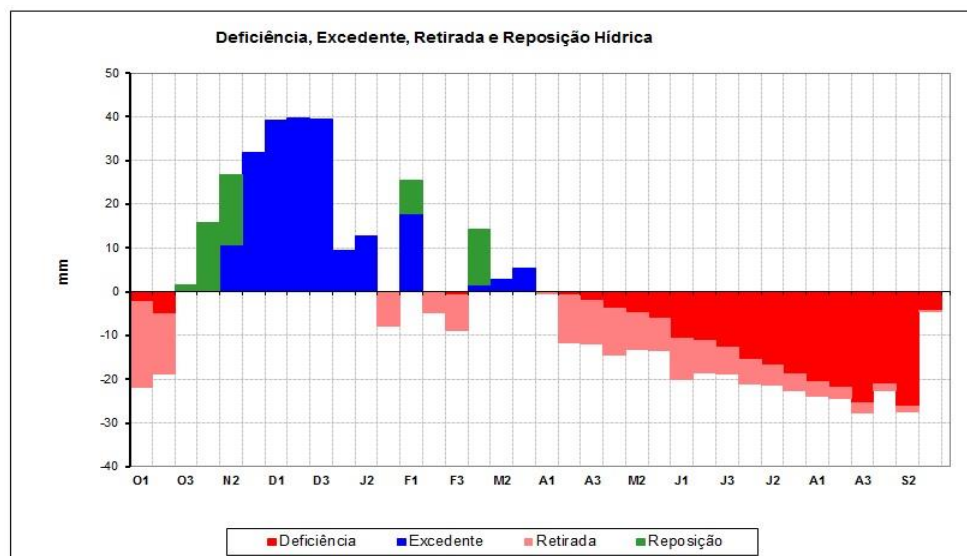


FIGURA 4 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, Caratinga, 2005-2019. Fonte: IGAM, INMET, 2020.

No município de Ipatinga (Figura 5), a climatologia entre 2005 a 2019 exhibe, nos dois primeiros decêndios de outubro, retiradas hídricas que variam de -16,5 mm a - 5,3 mm. e deficiências hídricas de -1,5 a -1,3 mm.

A reposição de água no solo aparece no 3º decêndio de outubro estendendo-se até o 1º decêndio de fevereiro. Destaca-se o 2º decêndio de dezembro com a maior cota pluviométrica com 134,6 mm. A partir dos decêndios 2º e 3º de fevereiro, o processo é substituído pela retirada e deficiência hídrica, caracterizando um veranico climático.

As chuvas retomam iniciando-se a reposição/excedente hídricos no 1º decêndio de março, perdurando até o 3º decêndio. Em seguida, a partir do 1º decêndio de abril reinicia-se a

retirada e deficiência, dando início à estação seca que perdura até o 2º decêndio de outubro, configurando a estação seca. Destaca-se que a maior deficiência hídrica é observada no 3º decêndio de agosto, com -26,5 mm.

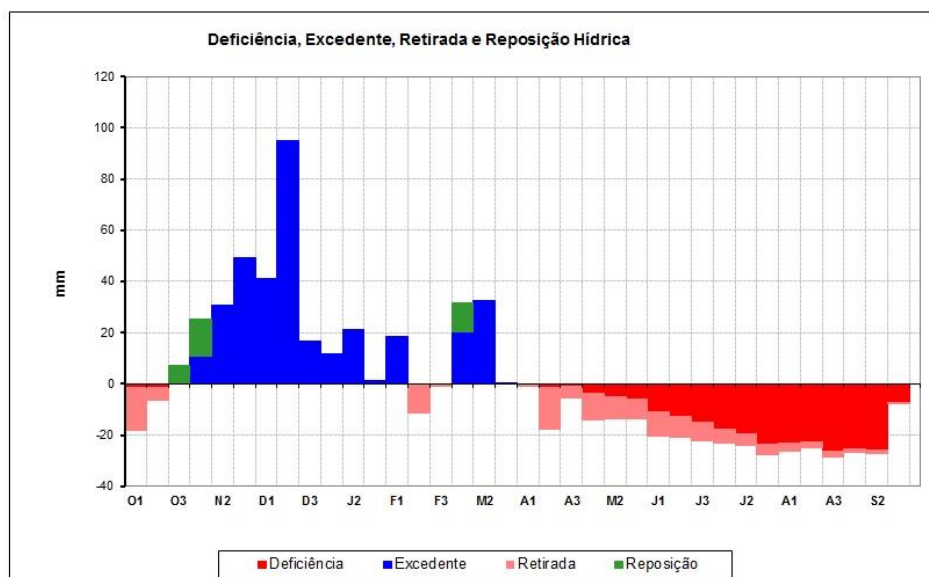


FIGURA 5 - Balanço Hídrico Climatológico decenal, Ipatinga, 2005-2019. Fonte: IGAM, INMET, 2020.

O PERD (Figura 6), apresenta nos estudos climatológicos de quinze anos, uma retirada e deficiência hídrica nos 1º e 2º decênios de outubro, iniciando a estação chuvosa no 3º decêndio de outubro com reposição hídrica, estendendo-se até o 2º decêndio de janeiro. Em seguida, configura-se o veranico com retirada hídrica no 3º decêndio de janeiro, retomando reposição e excedente no 1º decêndio de fevereiro. A partir do 2º decêndio de fevereiro estendendo-se até o 3º decêndio, configura-se pela segunda vez o veranico climático, apresentando-se com retirada hídrica. Nos decênios 1º e 2º do mês de março, retornam as últimas chuvas, com reposição e excedente hídricos

No 3º decêndio de março inicia-se o processo da estação seca estendendo-se até o 2º decêndio de outubro. Destaca-se que a maior deficiência hídrica é observada no 3º decêndio de agosto, com -24,0 mm.

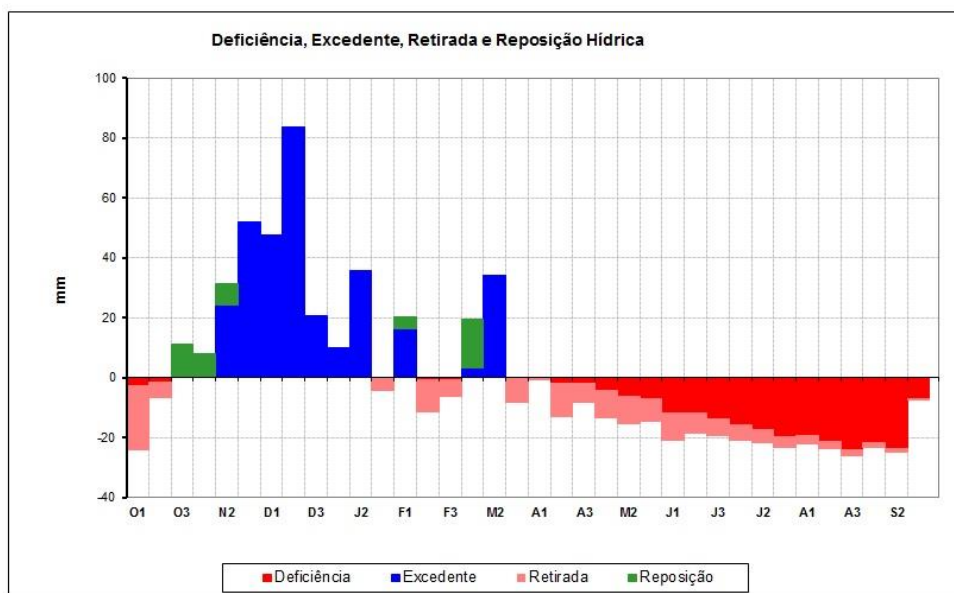


FIGURA 6 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, PERD, 2005-2019.  
Fonte: IGAM, INMET, 2020.

No município de Timóteo (Figura 7), encontram-se nos 1° e 2° decêndios de outubro processos de retirada de água. A partir do 3° decêndio de outubro inicia-se a reposição hídrica estendendo-se com excedente hídrico até o 1° decêndio de fevereiro. Em seguida, o excedente desaparece dando lugar à retirada hídrica nos 2° e 3° decêndios de fevereiro, configurando-se um veranico climático. Em março, retornam as últimas chuvas estendendo-se até o 1° decêndio de abril, finalizando a estação chuvosa.

No 2° decêndio de abril inicia-se o processo da estação seca estendendo-se até o 2° decêndio de outubro. Destaca-se, mais uma vez, que a maior deficiência hídrica é observada no 3° decêndio de agosto, com -25,0 mm.

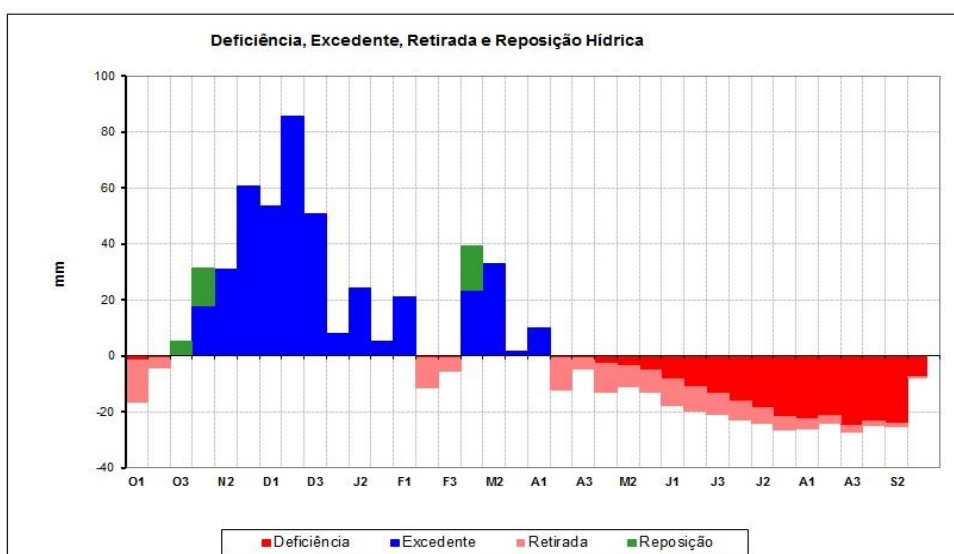


FIGURA 7 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, Timóteo, 2005-2019.  
Fonte: IGAM, INMET, 2020.

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os resultados das estações de Caratinga, Ipatinga, Timóteo e PERD, corroboram com os resultados anteriores, demonstrando que as deficiências hídricas e das cotas pluviométricas, tornaram-se mais intensas, agravando com isso, possíveis cenários futuros de semiaridez que começam a se configurar em toda região, tornando-se justificável a diminuição dos níveis das águas do rio Doce e do sistema lacustre no PERD.

## 6 - REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANTUNES, D. A. Diagnóstico Climatológico do Parque Estadual do Rio Doce – PERD. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, Bambuí - MG, 2018.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia dos trópicos**. 16<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 332 p.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1<sup>a</sup>. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS- IEF-MG. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce**. 2009. Disponível em: <http://www.ief.gov.br/component/content/360?task=view>. Acesso em: 30 mar. 2017.

LIMA, J.M. Análise espaço-temporal das chuvas persistentes na região do Parque Estadual do Rio Doce-PERD (2005 a 2015). Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, Bambuí - MG, 2019.

PEIXOTO, E. L. **Caracterização e Perspectivas do Parque Estadual do Rio Doce-MG: Uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias hemisféricas de Dossel**. Dissertação (mestrado em análise e modelagem de sistemas ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. 105f.

PUJONI, D.; CUPOLILLO, F.; BARBOSA, F. A. R.; BARBOSA, P. M. M.; ABREU, M. L. de.; ASSIS, W. L. Parte 2: Estudo de caso do Balanço Hídrico Decendial do Parque Estadual do Rio Doce-PERD e de Timotéo 2009-2010. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Gramado, 2012.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente EXCEL<sup>TM</sup> para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial**. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria - RS, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

SILVA, A. L.; ROVERATTI, R.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; TIMM, L. C.; BRUNO, I. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; NETO, D. D. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. *Scientia Agricola*, v.63 n.2, 2006.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance. **Publications In Climatology.** Drexel Institute of technology. New Jersey. v.8, n 1.1955.p. 104. Disponível em: [oregondigital.org/catalog/oregondigital:df70pr001#page/13/mode/1up](http://oregondigital.org/catalog/oregondigital:df70pr001#page/13/mode/1up). Acesso em: 28 jun.2017.*

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras.** São Paulo; Nobel. 1 ed.4reimp.1986. p.374.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Brasília: PAX ed., 2001. p.532 .

VIANELO, Rubens Leite. **Efeitos das mudanças climáticas na Agricultura.** Belo Horizonte, set/out de 2008 (p.19-36).