

# Secas e Seus Impactos no Brasil em 2018



## Sumário Executivo

### Conteúdo

1. Introdução
2. Condições meteorológicas observadas nos últimos 7 anos
3. Índice Integrado de Seca (IIS)
4. Água disponível no solo estimada pelo Índice SMI
5. Impactos das secas na produção da agricultura de sequeiro: safra 2017/2018
6. Impactos das secas nas reservas hídricas do sistema elétrico
7. Impactos da seca nos principais reservatórios de abastecimento e de geração de energia elétrica
8. Considerações finais

### Citar como:

Cunha, AP, Marengo JA, Alvala RC, Deusdara-Leal KR, Cuartas LA, Seluchi M, Zeri M, Ribeiro-Neto G, Brodel E, Cunningham C, Costa L, Moraes, OLL (2019) Secas e seus Impactos no Brasil 2018. Numero 1, Janeiro 2019. CEMADEN, Sao Jose dos Campos, SP. 19p. Disponível em: [http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Boletim\\_Anual\\_SECAS\\_CEMADEN\\_MCTIC.pdf](http://www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Boletim_Anual_SECAS_CEMADEN_MCTIC.pdf)

Em razão da extensão e severidade da seca iniciada em 2012 na região Nordeste do Brasil, o Governo Federal demandou informações técnico-científicas ao Cemaden, em especial apoio para a identificação dos municípios e regiões impactados pela seca, com a finalidade de subsidiar as ações de suporte emergencial. Nesse contexto, desde 2013, o Cemaden tem desenvolvido e aperfeiçoado sistemas para o monitoramento e previsão de secas e seus impactos. De modo geral, a partir de um sistema de monitoramento de secas é possível e identificar áreas e municípios impactados, o que constitui uma importante ferramenta para subsidiar o gerenciamento do risco deste fenômeno. A identificação de áreas e municípios, juntamente com a caracterização do evento de seca (duração, severidade e extensão de área), também são aspectos considerados na avaliação dos impactos. Além disso, devido à continuidade das precipitações abaixo do esperado, diversas bacias hidrográficas foram impactadas com a seca hidrológica (redução do nível dos rios, água subterrânea e em reservatórios) que, somada a problemas de gestão e infraestrutura, resultaram em crises hídricas com impactos em diversas atividades humanas, tais como abastecimento público, irrigação, geração de energia elétrica, entre outros. Neste contexto, em 2014, o Cemaden iniciou o monitoramento, previsões e projeções de vazão e de volume armazenado nos reservatórios do Sistema Cantareira, responsável por abastecer parte do maior aglomerado urbano da América do Sul. Os produtos resultantes vêm sendo publicados em relatórios técnico-científicos na página do Cemaden <<https://www.cemaden.gov.br>> contribuindo com informações técnico-científicas relevantes para uma gestão eficiente do recurso hídrico neste sistema.

Em 2015, o Cemaden passou a contribuir com o monitoramento, previsão e cenários de vazão para a bacia hidrográfica de Três Marias nas reuniões da Sala de Crise do Rio São Francisco, gerenciada pela Agência Nacional de Águas (ANA), as quais contam também com a participação de diversas Instituições, entre elas, o Operador Nacional de Sistema Elétrico (ONS) e a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF). Mais recentemente, em 2017, o Cemaden iniciou suas contribuições para a Sala de Crise do Rio Tocantins que, de forma similar, vem enfrentando baixas pluviométricas históricas com diversos impactos às atividades humanas.

De modo geral, essas ações além de alertarem a real situação vivenciada, subsidiam a tomada de decisões para a mitigação dos impactos da seca. Em especial para a região semiárida, desde 2017 o Cemaden vem contribuindo com o monitoramento e previsão de volume armazenado para importantes reservatórios/açudes da região. Os produtos gerados vêm sendo apresentados nas reuniões de previsão de impacto sazonal, disponibilizados no site do Cemaden no endereço <<http://www.cemaden.gov.br/categoria/monitoramento/boletim-de-impactos/>>.

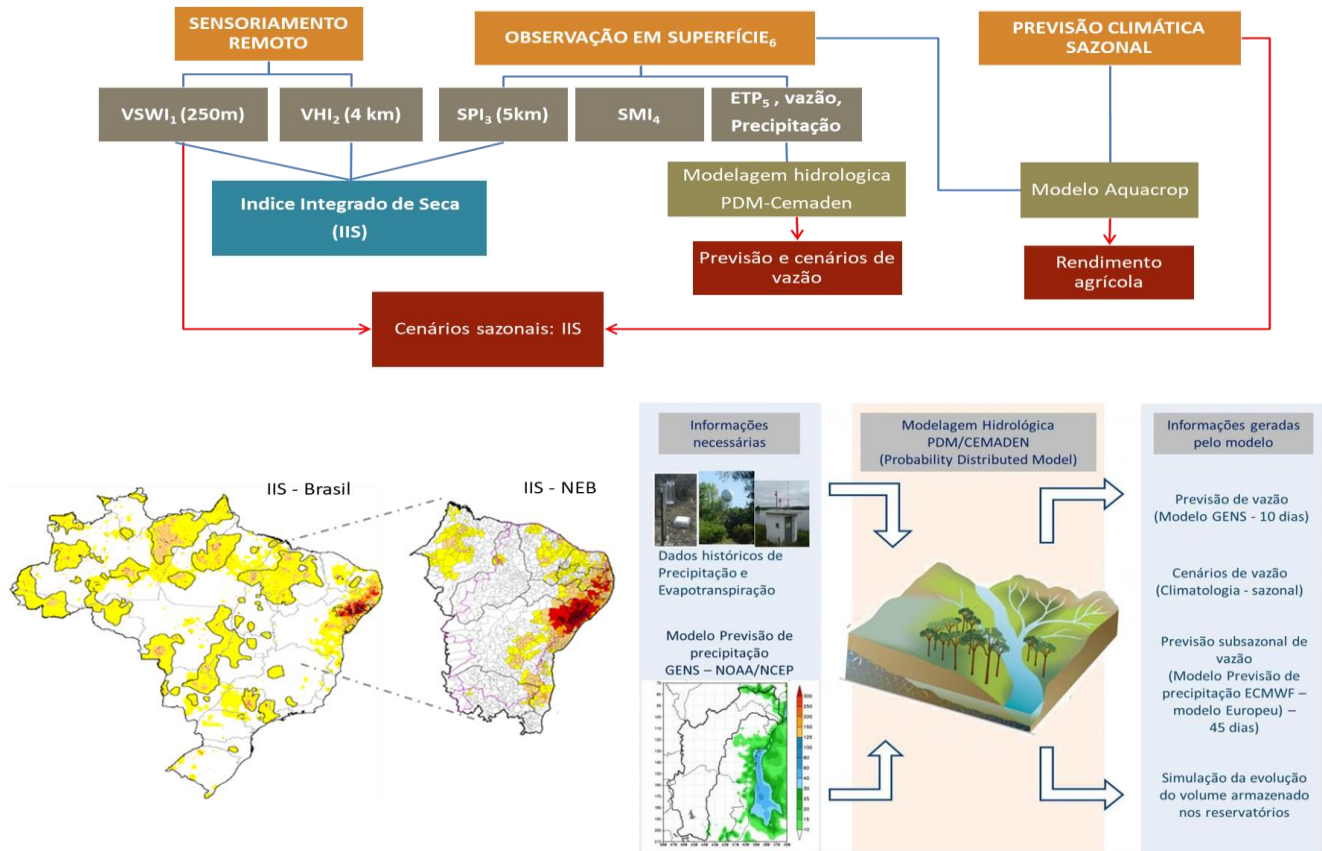
Posto isto, no presente relatório apresentam-se uma avaliação dos eventos de secas ocorridos no ano de 2018, bem como uma comparação das secas registradas nos últimos 7 anos em todo o país. Neste relatório destacam-se os seguintes resultados:

- A partir de dados das anomalias de precipitação (%) por região, verifica-se, na escala anual, que em todas as regiões do Brasil o acumulado de chuvas no ano de 2018 foi entre 14% e 20% inferior ao esperado; no entanto, em termos gerais, as condições de secas em todo o Brasil foram menos intensas do que aquelas observadas nos últimos sete anos, como apontam os mapas do Índice Integrado de Seca.
- No que concerne aos impactos da seca na agricultura familiar do semiárido, de acordo com as análises realizadas pelo Cemaden, 446 municípios apresentaram potencial para queda na produção agrícola na safra 2017/2018. Embora ainda seja um número significativo para a região, dada à vulnerabilidade do sistema de sequeiro e das comunidades envolvidas, este número foi cerca de 40% inferior ao obtido na safra 2016/2017 (757 municípios com potencial de queda na produção).
- Com relação às bacias hidrográficas monitoradas, em 2018 o Sistema Cantareira, na região Sudeste, acumulou mais água do que extraiu, embora a situação de armazenamento ainda seja menor do que quando comparada a 2017. Em Três Marias, na Bacia do Rio São Francisco, acumulou-se mais água do que a quantidade extraída, o que levou o reservatório ao seu maior nível dos últimos anos, atingindo 49,5%. Em Serra da Mesa, na região Centro-Oeste, também se acumulou mais água em 2018 do que o volume extraído, o que levou o reservatório a atingir 13,1%, situação menos desfavorável do que em 2017. Para os reservatórios Castanhão e Boqueirão, localizados na região semiárida dos estados do Ceará e Paraíba, respectivamente, ambos apresentam situação crítica, embora menos desfavorável do que em 2017.

## 1. INTRODUÇÃO

A seca é considerada um fenômeno natural recorrente em algumas regiões do Brasil. Ela afeta, principalmente, a região Nordeste do país, podendo ser caracterizada como “desastre natural” à medida que ocorre de forma intensa e extensa em áreas densamente populadas. Quando ultrapassa as capacidades locais de convivência da população com o clima seco, culmina em danos significativos e perdas socioeconômicas. Nos últimos anos, eventos de secas têm afetado diferentes regiões do Brasil: Região Nordeste, durante os anos de 2012-2017; Região Sudeste, em 2014-2015; Amazônia, em 2005, 2010 e 2016; Região Sul em 2005 e 2012 (Coelho et al., 2016; Marengo et al, 2015, 2016, 2017; Cunningham et al, 2017; Nobre et al, 2016; Cunha et al., 2018; Anderson et al., 2018).

Em razão das secas ocorridas na última década, desde 2013 o Cemaden tem desenvolvido e aperfeiçoado sistemas para o monitoramento e previsão de secas e seus impactos. De modo geral, a partir de um sistema de monitoramento de secas é possível identificar áreas e municípios impactados, o que constitui uma importante ferramenta para subsidiar o gerenciamento do risco deste fenômeno (Figura 1).



<sup>1</sup> VSWI: Vegetation Supply Water Index (Índice de Suprimento de água para Vegetação) – Calculado pelo CEMADEN usando índice de vegetação (NDVI) e temperatura da superfície (LST) do sensor MODIS (Terra/Aqua - NASA).  
<sup>2</sup> VHI: Vegetation Health Index (Índice de Saúde da Vegetação) . Fonte - STAR/NOAA/NESDIS  
<sup>3</sup> SPI: Índice de Precipitação Padronizada - Calculado a partir de dados de precipitação fornecidos pelo CPTEC/INPE  
<sup>4</sup> SMI: Índice de Umidade do solo. Fonte dos dados: Rede observacional do Cemaden (Zeri et al., 2018)  
<sup>5</sup> ETP: Evapotranspiração Potencial. Fonte Proclima/CPTEC.  
<sup>6</sup> Fonte: CEMADEN, CPTEC/INPE, ANA, INMET

**Figura 1 – Fluxograma do Sistema de Monitoramento e Previsão de Secas e Impactos para o Brasil, desenvolvido pelo Cemaden/MCTIC.**

Considerando que a seca é um dos desastres naturais de maior impacto econômico-social no Brasil, apresentam-se, a seguir, os resultados das atividades de monitoramento das condições meteorológicas associadas às secas, bem como os seus impactos em diferentes regiões do Brasil, avaliados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – Cemaden/MCTIC.

## 2. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS OBSERVADAS NOS ÚLTIMOS 7 ANOS

De maneira geral, o Brasil vem sendo afetado por secas meteorológicas recorrentes nos últimos sete anos. Em 2014, a maior seca do século 21 na Região Sudeste culminou em uma crise de abastecimento sem precedentes na Região Metropolitana de São Paulo - a região acumulou um déficit de 1/3 do total esperado para o ano (Figuras 2 e 3).

A Região Nordeste vem sendo caracterizada por ciclos irregulares de chuvas nos últimos anos. Verifica-se que em todos os últimos sete anos os períodos chuvosos apresentaram déficits de chuvas, especialmente os anos de 2012 e 2015 (com déficit de precipitação de aproximadamente 35%) que se refletiram em regiões significativas (acima de 20% do território), com seca moderada a excepcional.

A Amazônia foi impactada por uma seca provocada pelo terceiro El Niño mais intenso da era moderna. O déficit percentual de precipitação durante 2015 e 2016 atingiu mais de 45%, somados os dois anos. Esta seca de proporções históricas levou a grandes impactos: os recordes históricos no número de focos de calor foram batidos durante os meses de janeiro, março e abril de 2016.

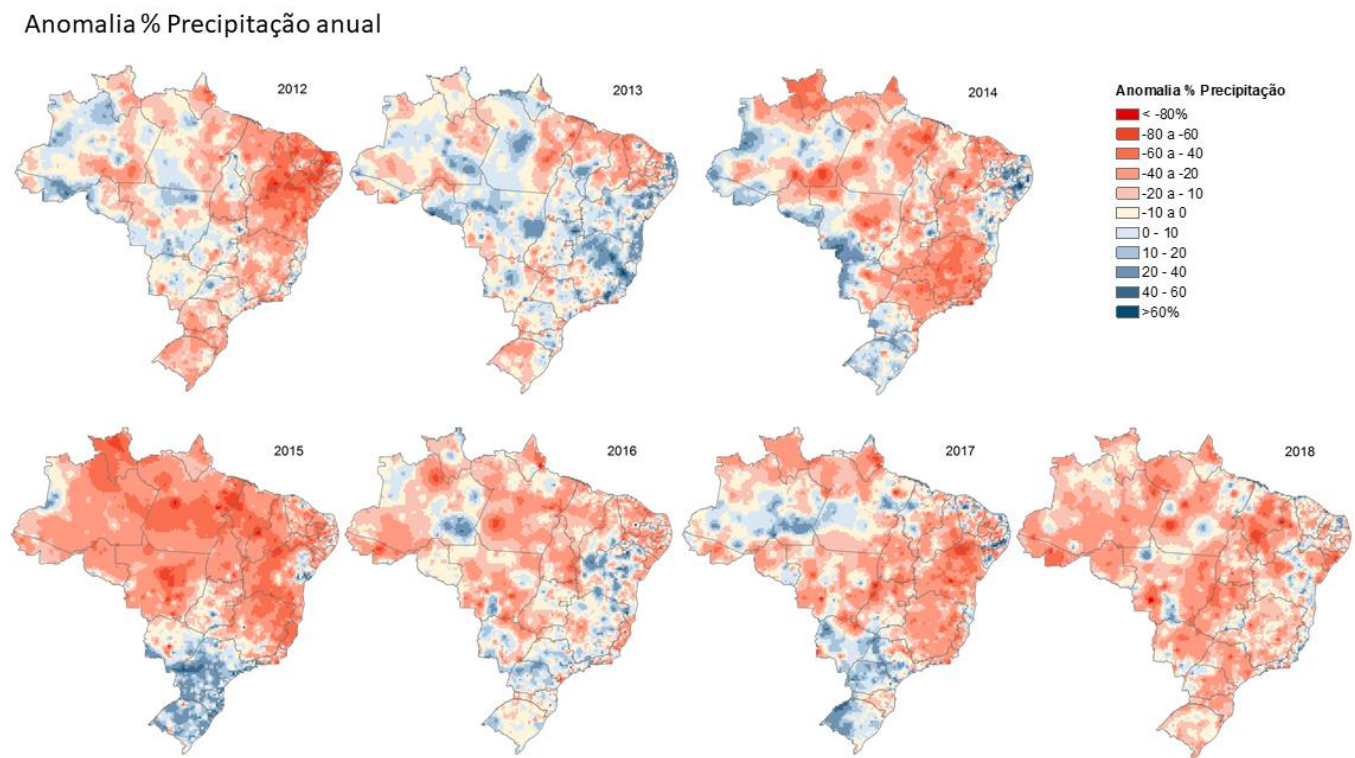


Figura 2 - Anomalia de precipitação anual (%). Fonte dos dados de precipitação: CPTEC/INPE. Elaboração dos mapas: Cemaden/MCTIC.



## Anomalia % Precipitação anual

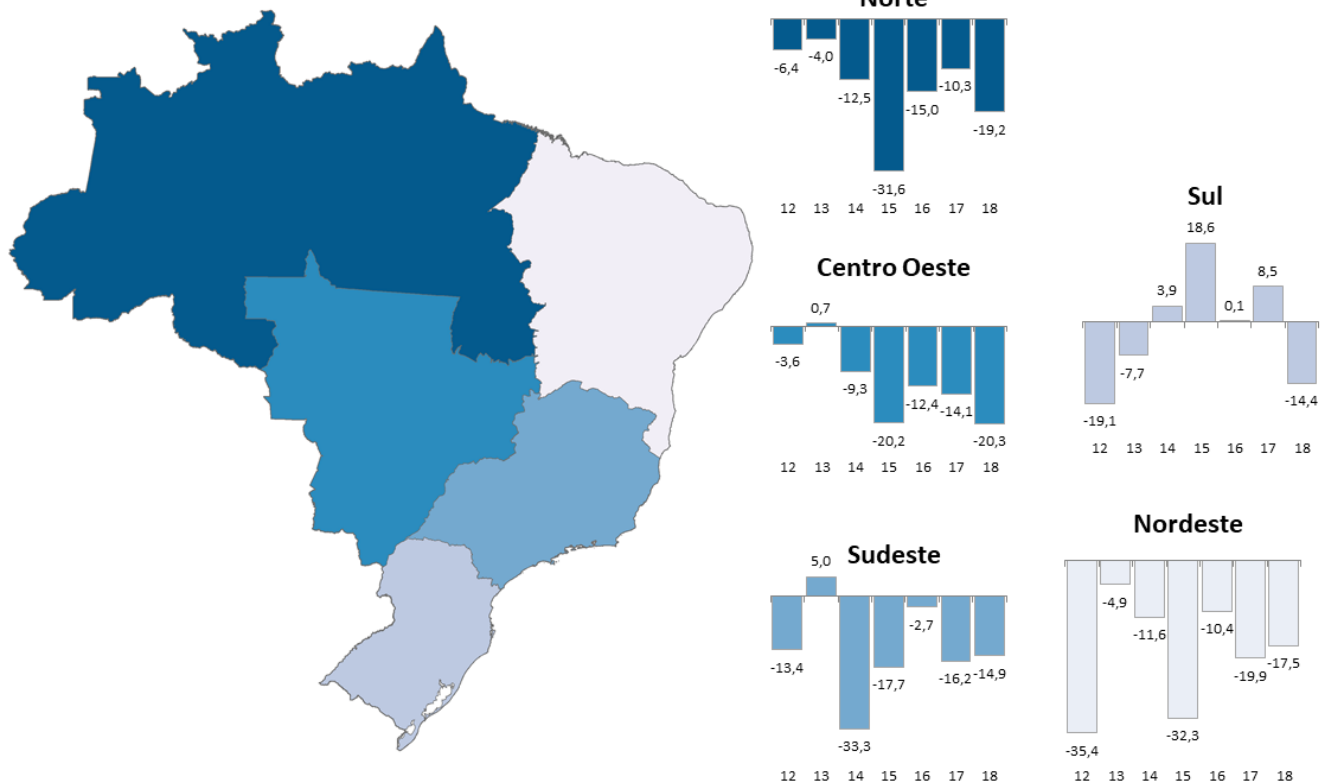


Figura 3 - Anomalia de precipitação anual (%) por região do território brasileiro. Fonte dos dados de precipitação: CPTEC/INPE. Elaboração do mapa: Cemaden/MCTIC

### 3. ÍNDICE INTEGRADO DE SECA (IIS)

#### 3.1 Avaliação para os últimos anos hidrológicos (outubro a setembro)

O IIS consiste na combinação entre o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) e o Índice de Suprimento de Água para a vegetação (VSWI), este último estimado por sensoriamento remoto. O SPI é um índice amplamente utilizado para detectar a seca meteorológica em diversas escalas e pode ser interpretado como o número de desvios padrões nos quais a observação se distancia da média climatológica. Valores negativos do índice representam condições de déficit hídrico, no qual a precipitação é inferior à média climatológica, enquanto valores positivos representam condições de excesso hídrico, que indicam precipitação superior à média histórica. O VSWI é calculado a partir de duas variáveis, isto é, do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI, sigla em inglês) e da temperatura da superfície (LST), ambos obtidos a partir do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua, disponibilizadas pelo Earth Observing System (EOS/NASA). O VSWI indica condição de seca quando o valor do NDVI é baixo (baixa atividade fotossintética) e a temperatura da vegetação é alta (estresse hídrico). Portanto, o índice é inversamente proporcional ao conteúdo de umidade do solo e fornece uma indicação indireta do suprimento de água para a vegetação. Para a compilação do IIS, os dados de SPIs nas escalas 3, 6 e 12 meses e o VSWI são reclassificados e compatibilizados, de forma

que as classes de ambos os índices se traduzam nas mesmas intensidades de seca, as quais variam de fraca à excepcional. Uma vez que o ISS é gerado em base georeferenciada para todo o Brasil, é possível estimar esse índice em nível municipal.

A partir do IIS é possível caracterizar os principais eventos de secas ocorridos em diferentes regiões do Brasil nos últimos 7 anos. No ano de 2012, destacou-se a região semiárida do Brasil, em que a maior parte da região (Figuras 4 e 5) apresentou condição de seca severa a excepcional. Segundo os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), tal condição culminou em cerca de 2500 declarações de estado de emergência de municípios brasileiros, entre as quais 70% foram relacionadas a municípios inseridos na Região Nordeste. Conforme já destacado previamente, a Região Sudeste foi impactada por uma seca intensa entre os anos de 2014 e 2015 em decorrência do déficit de chuvas, culminando em significativos impactos para a população e econômicos, principalmente na região metropolitana de São Paulo, a maior megacidade da América do Sul (Marengo et al., 2015).

A região amazônica também é considerada vulnerável aos efeitos de eventos climáticos extremos, como as frequentes “secas prolongadas” registradas na região. O IIS aponta que, nos anos hidrológicos de 2015 e 2016, grande parte da região (Figuras 4 e 5) apresentou condições de seca entre moderada e severa. Estudo recente liderado por pesquisadores do Cemaden (<http://www.cemaden.gov.br/pesquisadoras-do-cemaden-apontam-que-secas-extremas-e-incendios-na-amazonia-aumentam-a-vulnerabilidade-das-florestas/>) apontou que 46% da floresta foi caracterizada por uma seca severa durante o último El Niño (2015-2016), causando impactos em mais de 400 mil km<sup>2</sup> de florestas, diminuindo sua capacidade fotossintética. Neste estudo ressalta-se, ainda, que as florestas vêm sendo, progressivamente, mais afetadas por secas extremas.

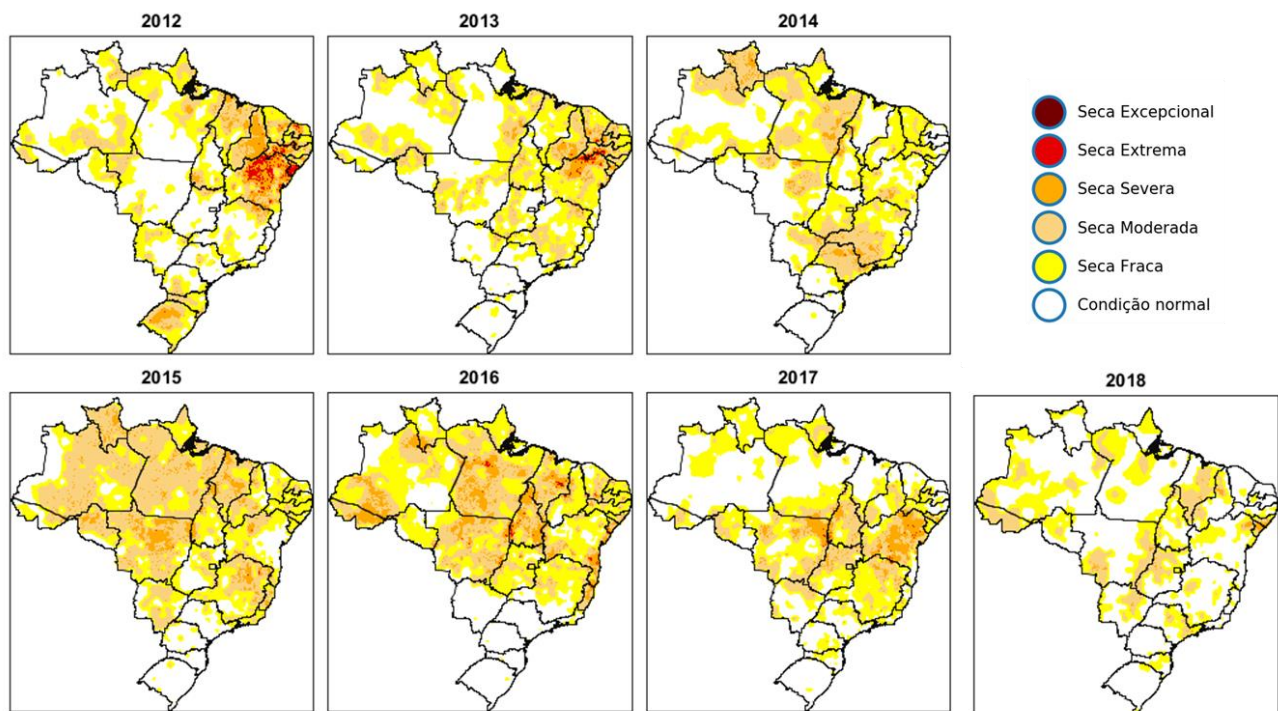


Figura 4 – Índice Integrado de Seca (IIS) – para os últimos 7 anos hidrológicos (outubro a setembro).

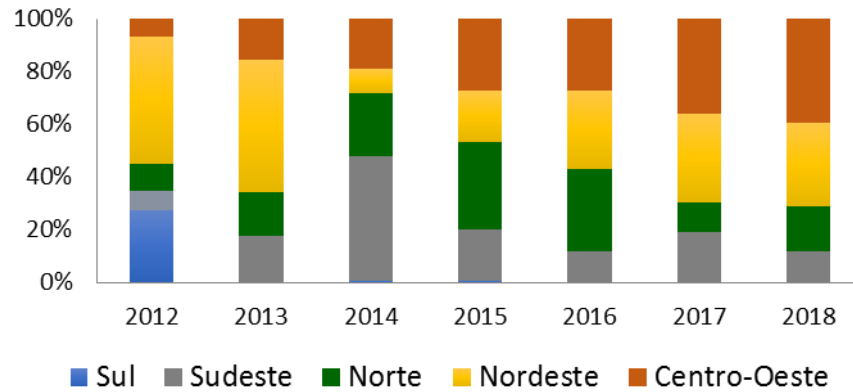


Figura 5 – Percentuais de áreas em condições de secas moderada à excepcional por região do Brasil.

### 3.2 Avaliação Mensal do IIS

Considerando o IIS estimado para o ano de 2018, observa-se que os meses do primeiro semestre foram aqueles que apresentaram maior extensão de áreas com condições de secas (Figuras 6 e 7). A situação foi amenizada a partir do segundo semestre; no entanto, a sub-região que inclui os estados de Sergipe, Alagoas e norte da Bahia, apresentou condições de secas mais intensas. Tal condição resultou do déficit de precipitação ocorrido principalmente entre abril a julho, meses da estação chuvosa da região.

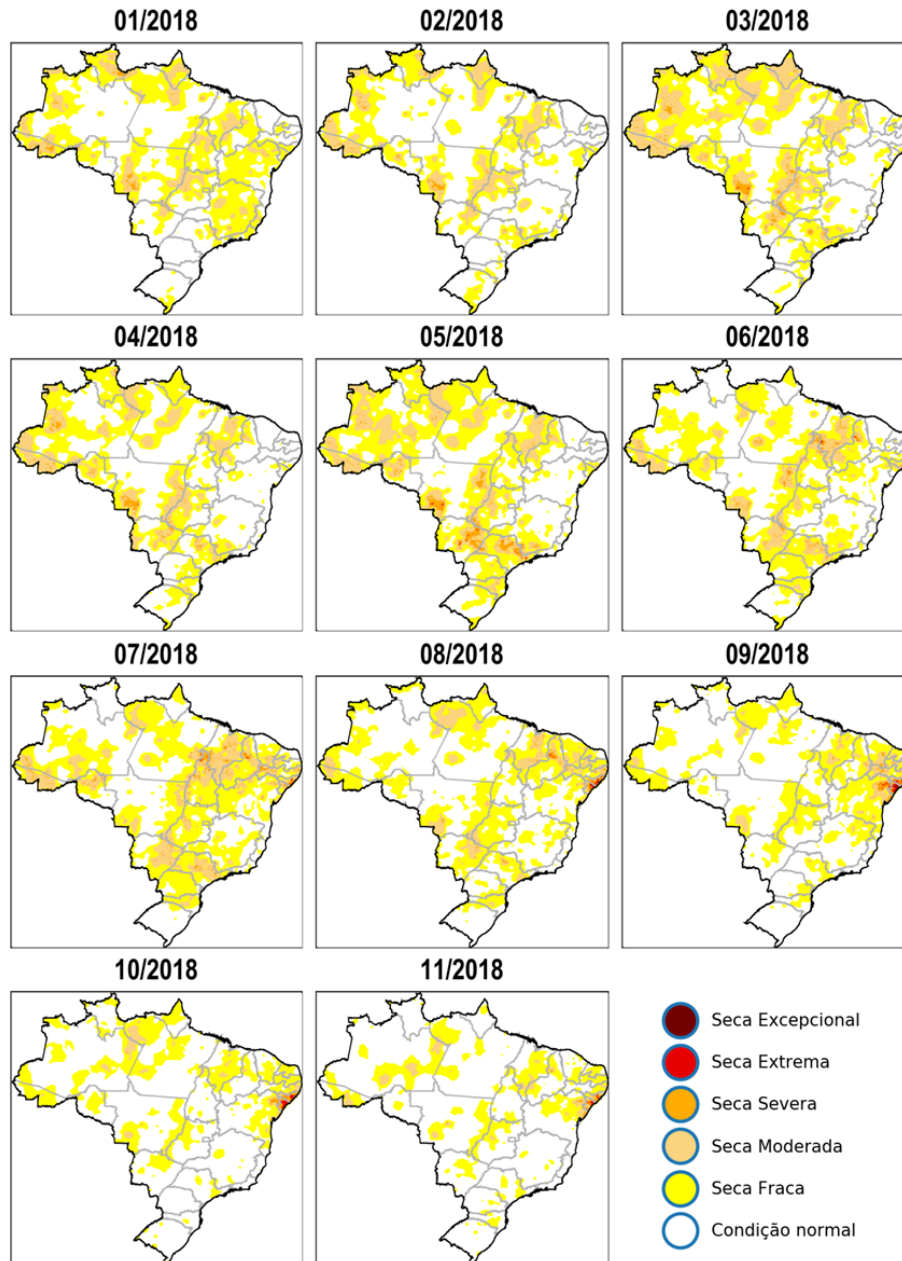
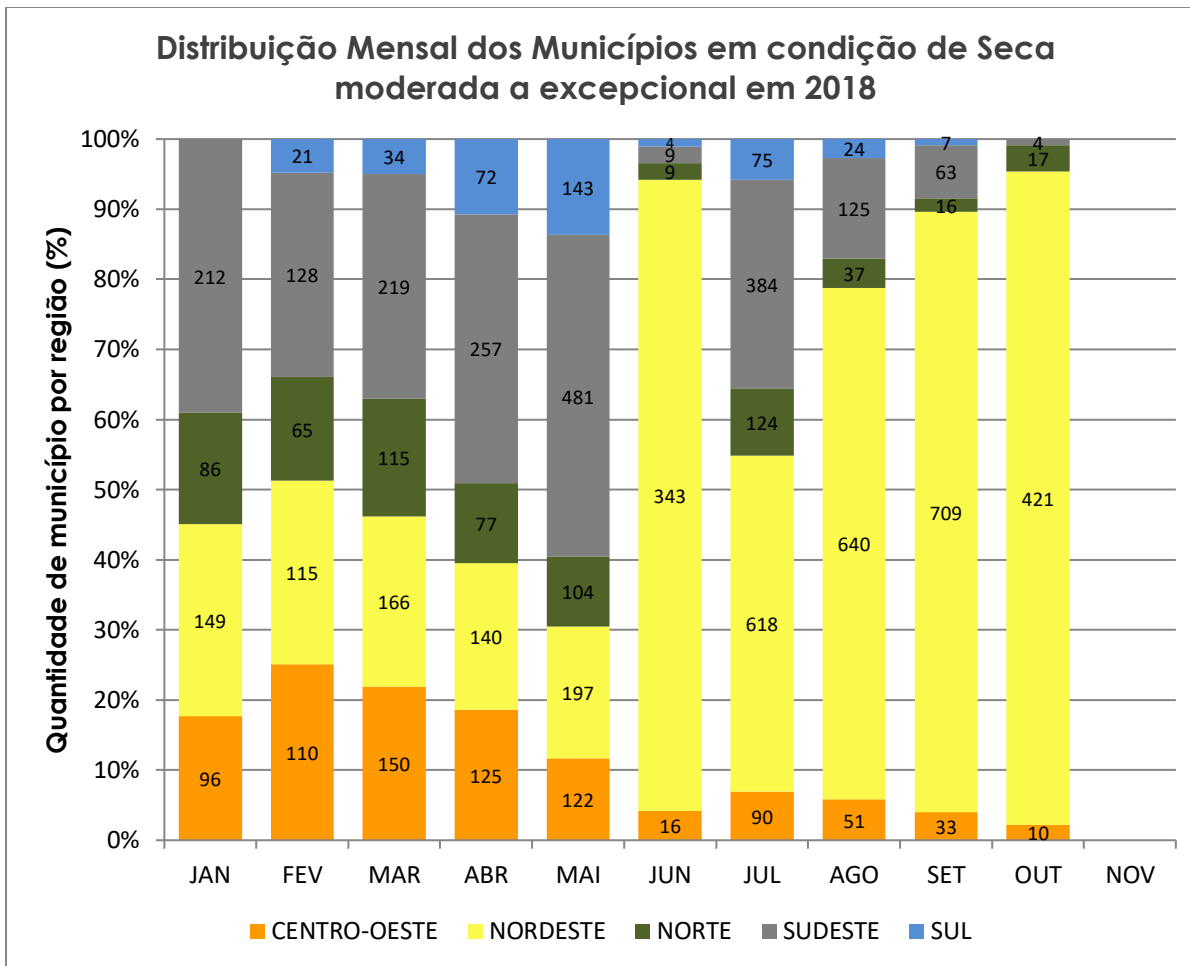


Figura 6 - Índice Integrado de Seca (IIS) mensal para o ano de 2018.





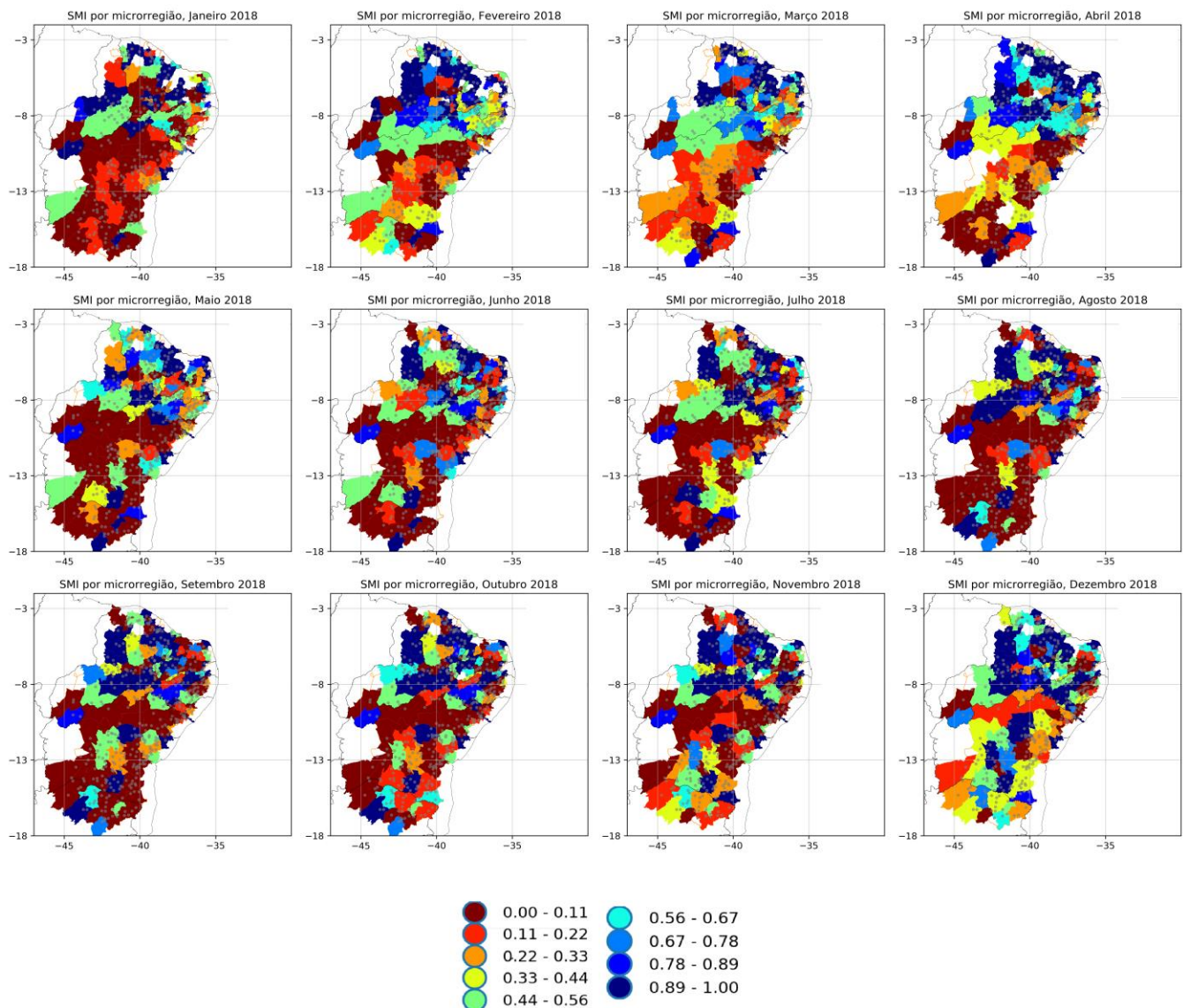
**Figura 7 - Distribuição mensal dos municípios do Brasil, por região, em condição de seca moderada a excepcional.**

#### 4. ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO ESTIMADA PELO ÍNDICE SMI

A umidade do solo pode ser medida em unidade volumétrica ( $m^3/m^3$ , por exemplo), ou seja, representa a razão entre o volume de água sobre um volume de solo. Essa fração pode ser transformada na água disponível para as plantas, normalizando-a por limites físicos do solo, como o ponto de murcha permanente - limite mínimo de extração de água pelas raízes, e a capacidade de campo - valor próximo da saturação (Zeri et al., 2018). A água disponível no solo é também conhecida como *soil moisture index* (SMI), em inglês.

O SMI médio mensal para cada microrregião dos estados do Semiárido é apresentado na Figura 8. Tons de amarelo, laranja ou vermelho representam valores de SMI abaixo de 0,4, característico de condições de déficit hídrico. Essa condição é crítica durante a estação chuvosa, por culminar em impactos no desenvolvimento dos cultivos, mas normal nos meses restantes, justamente quando não se recomenda o plantio. Na Figura 8 destacam-se valores inferiores a 0,4 na região semiárida de Alagoas, Sergipe e norte da Bahia entre abril e julho, durante a estação chuvosa na região. Adicionalmente,

destaca-se que o norte de Minas Gerais apresentou valores de SMI abaixo de 0,2 no mês de janeiro de 2018, na segunda metade da estação chuvosa nessa região, tipicamente de novembro a fevereiro.

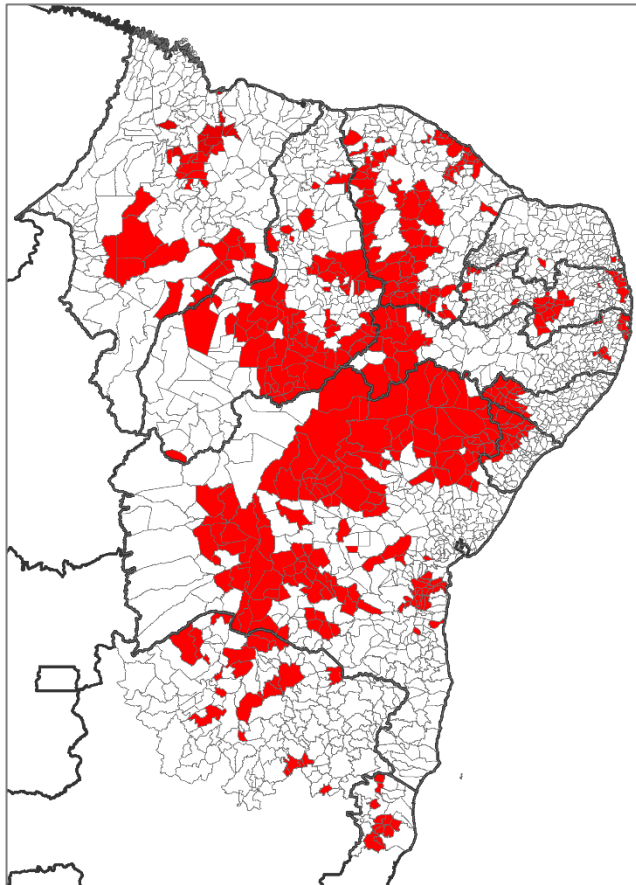


**Figura 8 - Valores médios de SMI (água disponível no solo) para as microrregiões dos estados do semiárido. Estação de medidas de umidade do solo marcadas com os símbolos cinza.**

## 5. IMPACTOS DAS SECAS NA PRODUÇÃO DA AGRICULTURA DE SEQUEIRO: SAFRA 2017/2018

A estimativa do número de municípios com potencial para queda na produção agrícola de sequeiro, na safra 2017/2018, foi feita por meio da avaliação do Índice de Suprimento de Água para Vegetação (VSWI), considerando os diferentes calendários agrícolas de todos os municípios inseridos na região Nordeste e norte dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Figura 9). Os estados da Bahia

e Ceará foram aqueles com o maior número, somando 142 e 79 municípios, respectivamente. O número estimado para o estado da Bahia é reflexo do déficit de precipitação observado entre os meses de novembro a janeiro na região, o qual ocorreu durante o período crítico para o desenvolvimento das culturas, considerando o plantio realizado entre os meses de novembro e dezembro. O mesmo foi verificado no estado do Ceará, com relação ao déficit de precipitação ocorrido principalmente entre os meses de março a maio na região.



UF	Nº de Municípios
BA	142
CE	79
PI	65
MA	34
PE	28
PB	23
MG	23
SE	20
AL	18
ES	11
RN	3

Figura 9 - Estimativa de municípios com potencial de queda na produção agrícola de sequeiro na safra 2017/2018.

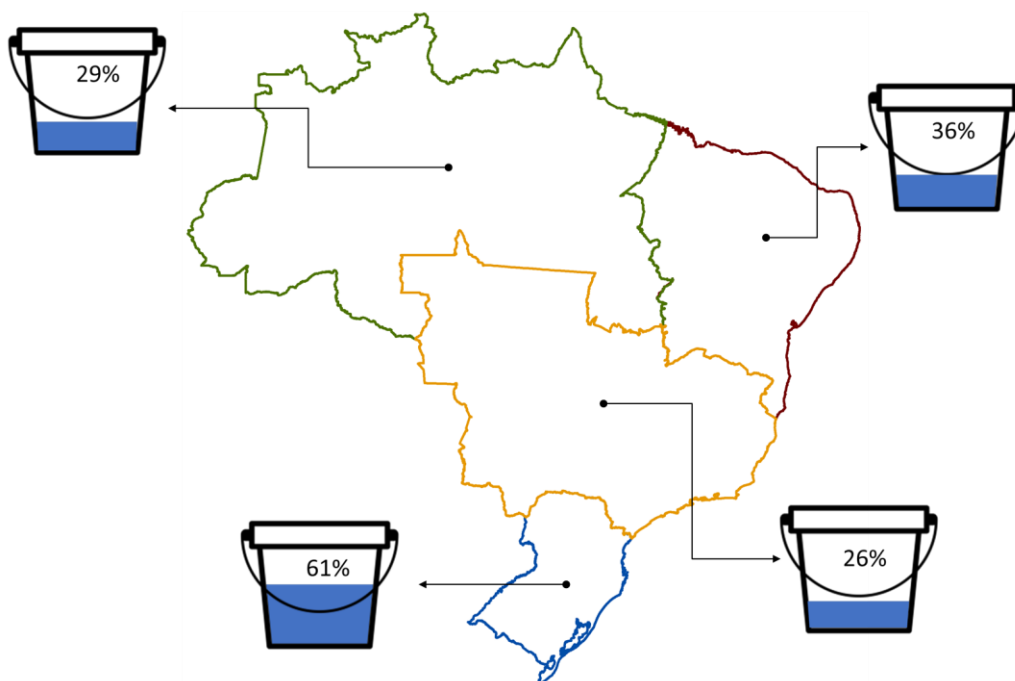
## 6. IMPACTOS DAS SECAS NAS RESERVAS HÍDRICAS DO SISTEMA ELÉTRICO

Devido à continuidade das precipitações abaixo do esperado nas bacias hidrográficas, estas podem ser impactadas por seca hidrológica, i.e., redução do nível dos rios, da água subterrânea e, por fim, do nível de armazenamento dos reservatórios. A seca hidrológica, somada a problemas de gestão e infraestrutura, podem ocasionar crises hídricas com impactos em diversas atividades humanas, tais como abastecimento público, irrigação, geração de energia elétrica, entre outros, como está sendo vivenciado na região Sudeste do Brasil desde 2014, na região Nordeste entre 2012-2017 e na região Centro-Oeste desde 2016.

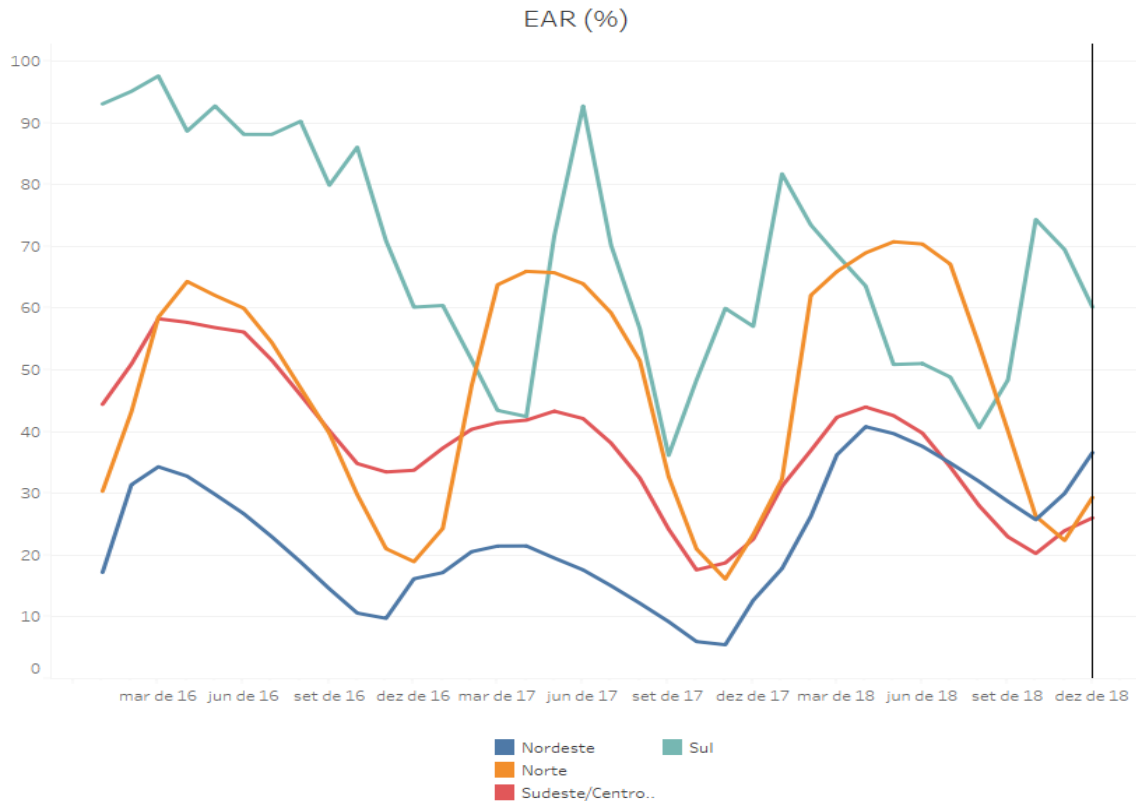
Um indicador de impacto da seca e crise hídrica na geração de energia hidrelétrica é o baixo volume de energia armazenada (EAR), calculado a partir dos volumes armazenados nos reservatórios e

das produtibilidades dos aproveitamentos hidroelétricos. Para a estimativa da EAR, todos os reservatórios dentro de cada subsistema são agregados em um único reservatório equivalente. O volume armazenado varia mês a mês em função das vazões afluentes e da operação dos reservatórios no sistema (Zambon, 2015). Em dezembro de 2018, a situação dos sistemas com relação à EAR foi crítica para as regiões Sudeste/Centro-Oeste e Amazônica, com percentuais abaixo de 30%, conforme apresentado na Figura 10. A região Nordeste esteve com 36% de sua capacidade de geração de energia hidrelétrica, enquanto a região Sul, em melhor situação, esteve com 61%.

De acordo com os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, para o mês de dezembro de 2018 os reservatórios do subsistema Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO) estiveram com níveis próximos daqueles observados para o mês de dezembro de 2017 (23,32%); porém, com níveis inferiores aos observados em dezembro de 2016 (33,74%), como apresentado na Figura 11. Para o subsistema Norte, o volume armazenado no mês de dezembro de 2018 é superior ao registrado nos dois anos anteriores. O mesmo ocorre com relação ao subsistema do Nordeste, cujo volume armazenado em dezembro de 2018 é superior àqueles registrados em dezembro de 2016 e 2017 (16,18% e 12,68%, respectivamente).



**Figura 10 - Volume de energia armazenada (EAR) nos principais reservatórios por subsistema. Fonte dos dados: ONS – Elaboração da Figura: Cemaden.**



**Figura 11 - Volume de energia armazenada (EAR) no período de março de 2016 a dezembro de 2018, nos principais reservatórios brasileiros, por subsistema. Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).**

## 7. IMPACTOS DA SECA NOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### 7.1 Sistema Cantareira

Em 2018, a situação de armazenamento do Sistema Cantareira mostrou-se melhor do que nos anos anteriores, exceto com relação ao ano de 2017 (Figura 12). A situação do armazenamento em um reservatório é resultante, de uma forma simplificada, do aporte natural de água, dado pela vazão afluente, menos a extração e a defluência. No caso do Sistema Cantareira, estas duas últimas vazões são para o abastecimento público de parte da região metropolitana de São Paulo (vazão para o elevatório Santa Inês) e vazão para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (bacia do PCJ), respectivamente.

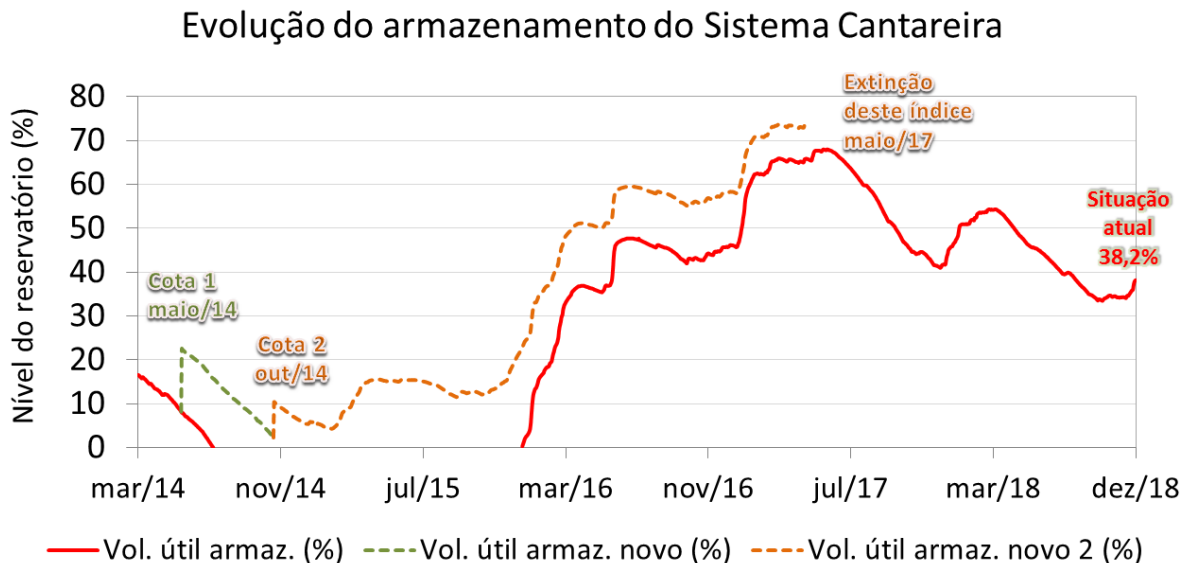
Com relação ao aporte de entrada no reservatório, ou seja, a vazão afluente, os valores mostraram-se, de janeiro a setembro de 2018, menores do que no período anterior (2017); entretanto, melhores do que no ano da crise hídrica (2014), como pode ser observado na Figura 13. Com relação aos valores médios anuais, a vazão em 2018 foi 26,5 m<sup>3</sup>/s, o que representa 65% da média anual histórica. Ainda com relação ao aporte ao Sistema Cantareira, em maio de 2018 iniciou-se a interligação com a bacia do rio Paraíba do Sul (PS), entre os reservatórios de Jaguari (PS) e Atibainha. Em 2018 (até 05 de



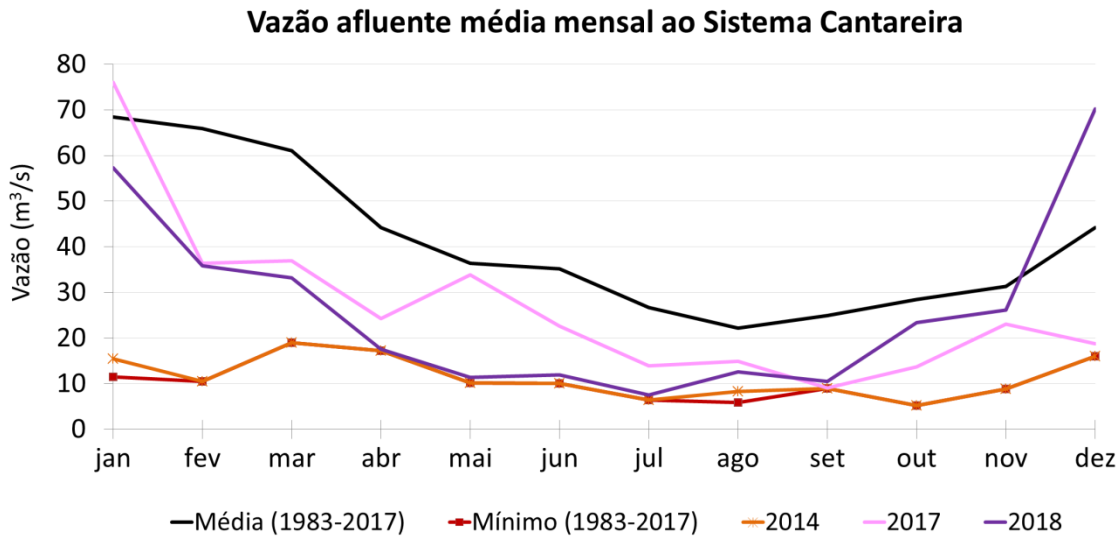
dezembro), o aporte médio anual foi 6,8 m<sup>3</sup>/s, o que constitui 128,7 hm<sup>3</sup>, um montante que representa 13,0% da capacidade de armazenamento do Sistema Cantareira (volume útil).

Em 2017, as regras de extração de água para abastecimento público de São Paulo foram condicionadas à situação de armazenamento do reservatório, de forma que uma situação com menor volume armazenado permite uma menor extração de água, de acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE N° 925. A vazão de extração de água média anual para o abastecimento da região metropolitana de São Paulo foi 24 m<sup>3</sup>/s em 2018, similar ao valor do ano de 2017, igual a 24,8 m<sup>3</sup>/s. Para a defluência, as regras de operação também foram condicionadas, entretanto, para este caso, à situação do nível dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, de acordo com a Resolução conjunta ANA/DAEE N° 925 e Resolução ANA N° 1.931. Em 2018, a vazão de defluência média anual foi 4,3 m<sup>3</sup>/s, valor este superior ao do ano 2017, que foi de 3,6 m<sup>3</sup>/s.

Em termos gerais, em 2018 a entrada de água total no Sistema Cantareira foi 31 m<sup>3</sup>/s, enquanto que a retirada total de água foi 28,3 m<sup>3</sup>/s, ou seja, acumulou-se mais água do que se extraiu.



**Figura 12 - Evolução do armazenamento do Sistema Cantareira (em %) considerando o volume útil (linha vermelha, de março de 2014 a 05 de dezembro de 2018), o volume útil armazenado novo, representando a soma do volume útil e a primeira cota do volume morto (linha verde – adicionada no dia 16/05/2014) e o volume útil armazenado novo 2, representando a soma do volume útil, a primeira e a segunda cota do volume morto (linha laranja – adicionada no dia 24/10/2014 e utilizada até o dia 15/05/2017). (Fonte dos dados: SABESP. Gráfico: Cemaden/MCTIC).**



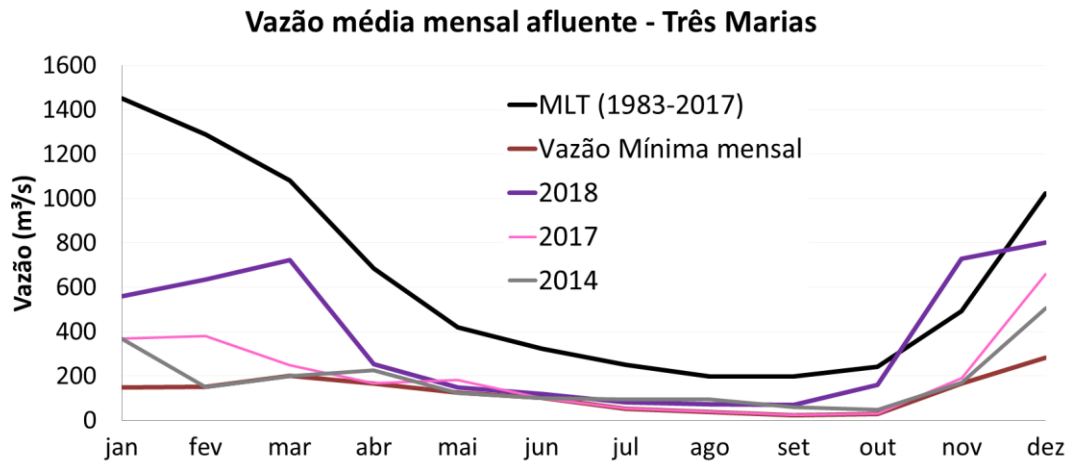
**Figura 13 - Vazão afluyente (em m<sup>3</sup>/s) do Sistema Cantareira (Sistema Equivalente + Paiva Castro). As linhas preta e vermelha correspondem, respectivamente, às vazões médias e mínimas mensais para o período 1983 – 2017. As linhas laranja e magenta correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de 2014 e 2017. A linha roxa corresponde à vazão média mensal de janeiro a 05 de dezembro de 2018). (Fonte dos dados: SABESP. Gráfico: Cemaden/MCTIC).**

## 6.2 Três Marias – Bacia do rio São Francisco

O reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias está localizado na porção alta da bacia do Rio São Francisco, na região Sudeste. Atua como importante fonte de produção energética para o país, bem como é estratégico devido a sua contribuição para a manutenção das vazões e das reservas hídricas nos trechos a jusante, cujos benefícios vão repercutir até os reservatórios de Sobradinho/Paulo Afonso/Xingó, maior complexo hidrelétrico do Nordeste, este responsável por 95% da energia gerada na região. No entanto, essa bacia enfrenta sua pior crise, em função das chuvas inferiores à média histórica nos últimos 6 anos somadas a problemas de conservação ambiental. O ano de 2018 iniciou-se com vazões muito inferiores à média climatológica; em janeiro, a vazão observada foi 61% abaixo da média (Figura 14). Esse mesmo comportamento foi observado nos meses seguintes, até atingir seu nível mais crítico no ano, no mês de agosto, com apenas 72 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente 68% abaixo da média esperada para este mês. No mês de outubro, quando se iniciou a estação chuvosa a partir da segunda quinzena do mês, é possível observar uma elevação da média na bacia, que se prolongou nos meses seguintes, chegando a valores 48% superiores à média climatológica em novembro. As chuvas no mês de dezembro reduziram-se consideravelmente na bacia, e, conseqüentemente, a vazão voltou a apresentar uma redução, com vazões de aproximadamente 22% abaixo da média.

Em 2018, com relação ao aporte de água, a situação manteve-se melhor do que em 2017 e do que em 2014, considerada a pior série do histórico. A vazão média anual (até dia 19 de dezembro de 2018) foi 362 m<sup>3</sup>/s, o que representa 57% da média anual histórica, enquanto em 2017 esta média foi de 203 m<sup>3</sup>/s, representando 32% da média histórica, como pode ser observado na Figura 14. Com relação à defluência, em 2018 a média anual foi de 165 m<sup>3</sup>/s, em contrapartida, em 2017 esta média foi de

220 m<sup>3</sup>/s. Assim, acumulou-se mais água em Três Marias em 2018 do que se extraiu, o que levou o reservatório ao seu maior nível dos últimos anos, atingindo 49,5%.

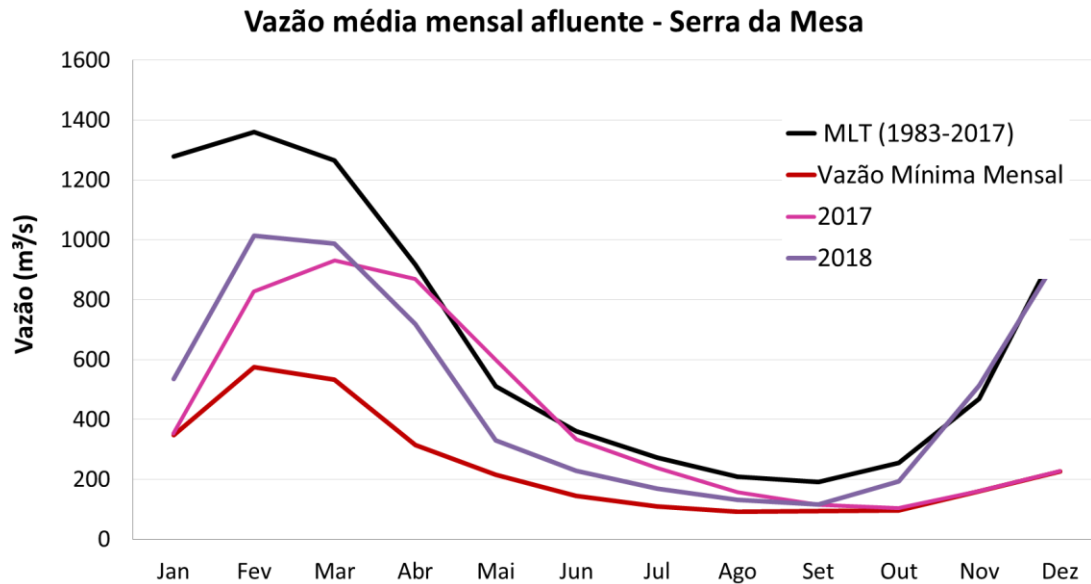


**Figura 14 - Vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s) afluentes em Três Marias, localizado na porção alta do Rio São Francisco. As linhas sólidas em preto e marrom correspondem, respectivamente, às vazões médias e mínimas mensais (absolutas) para o período 1983 – 2017 (MLT). As linhas roxa, magenta e cinza correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de 2018, 2017 e 2014 (ano crítico). (Fonte dos dados: ONS. Gráfico: Cemaden/MCTIC).**

### 6.3 Serra da Mesa – Bacia do rio Tocantins

O reservatório da usina hidrelétrica de Serra da Mesa está localizado na porção alta da bacia do Rio Tocantins, na região Centro-Oeste do país. Com capacidade de 43.250 hm<sup>3</sup>, atua como importante fonte de produção energética e apresenta importância estratégica, uma vez que contribui para a manutenção das vazões e das reservas hídricas nos trechos a jusante, inclusive a observância às restrições de defluências mínimas estabelecidas para a temporada de praias na bacia do rio Tocantins. Esta bacia, assim como Três Marias, enfrenta uma crise hídrica em função das chuvas inferiores à média histórica nos últimos 6 anos, somadas a problemas de conservação ambiental.

Com relação ao aporte de água, a situação manteve-se melhor em 2018 do que em 2017, considerado o pior ano da série histórica. A vazão média anual (até dia 19 de dezembro de 2018) foi 491 m<sup>3</sup>/s, o que representa 73% da média anual histórica. Em 2017 esta média foi 334 m<sup>3</sup>/s, representando 50% da média histórica, como pode ser observado na Figura 15. Com relação à defluência, em 2018 a média anual foi 380 m<sup>3</sup>/s; em contrapartida, em 2017 esta média foi 318 m<sup>3</sup>/s. Assim, acumulou-se mais água em Serra da Mesa em 2018 do que se extraiu, o que levou o reservatório a atingir 13,1%.



**Figura 15 - Vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s) afluentes em Serra da Mesa, localizado na porção alta do Rio Tocantins. As linhas sólidas em preto e marrom correspondem, respectivamente, às vazões médias e mínimas mensais (absolutas) para o período 1983 – 2017 (MLT). As linhas roxa e magenta correspondem, respectivamente, às vazões médias mensais de 2018 e 2017 (ano crítico). (Fonte dos dados: ONS. Gráfico: Cemaden/MCTIC).**

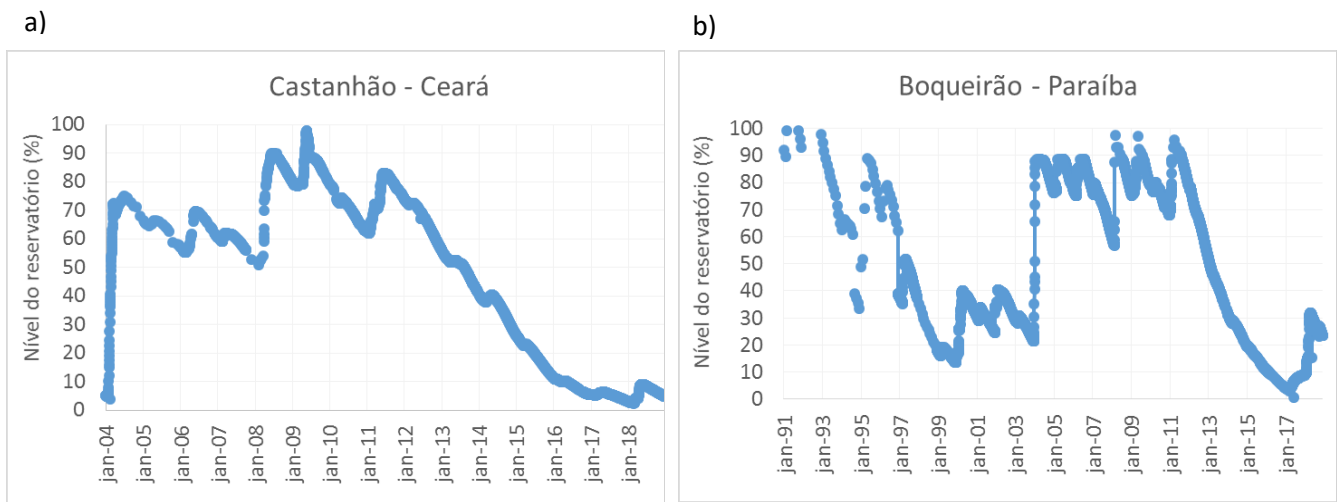
#### 6.4 Reservatórios do Nordeste

Em função das chuvas inferiores à média histórica nos últimos seis anos, as reservas hídricas dos açudes para abastecimento público e dessedentação animal entraram em colapso, registrando os menores valores de suas séries históricas, principalmente para os estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (ANA, 2018).

Dentre os principais açudes da região, dois se destacam devido as suas importâncias para o abastecimento público, sendo eles o Castanhão e o Boqueirão. O açude Castanhão, localizado no estado do Ceará, representa o maior reservatório para abastecimento público do Nordeste, com capacidade de armazenamento de 6.700 hm<sup>3</sup>. Ele abastece 8 cidades no Vale do Jaguaribe, a região metropolitana da Grande Fortaleza, além de regiões vizinhas. O açude Epitácio Pessoa, também conhecido como Boqueirão, localiza-se no Agreste Paraibano, cuja capacidade de armazenamento é de 436 hm<sup>3</sup>, e é responsável por abastecer a região metropolitana de Campina Grande e mais outros 18 municípios. Desde 2012 estes açudes vêm enfrentando uma severa crise hídrica, como é possível observar na Figura 16. Contudo, em 2018 a situação de armazenamento em ambos os reservatórios foi um pouco melhor em relação ao ano de 2017.

O açude Castanhão, em janeiro de 2018, apresentou um volume armazenado de 2,64% de sua capacidade total, e, no final da estação chuvosa (maio de 2018) atingiu seu maior nível, chegando a 8,7%. Porém, a partir do mês de maio, o volume armazenado no Castanhão foi diminuindo, chegando a 4,5% do seu volume total no final de dezembro de 2018 (Figura 16a). O açude Epitácio Pessoa/Boqueirão, a partir de abril de 2017, teve um aumento progressivo do seu volume (Figura 16b),

em decorrência do sistema de bombeamento do eixo leste do projeto de transposição das águas do Rio São Francisco. No entanto, começou de forma gradativa, em abril de 2018, o desligamento da transposição, em atendimento à recomendação do Ministério Público Federal (MPF), a qual determinou que a operação ficasse suspensa pelo período necessário para realização de intervenções nos açudes de Poções e Camalaú, na região do Cariri paraibano. Devido ao desligamento, o volume armazenado neste reservatório, que apresentava em maio seu máximo volume (31,5%), voltou a reduzir. Atualmente esse reservatório está com 23,1% de sua capacidade total. De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), o religamento da transposição já foi executado; porém, a liberação ocorre com vazão em quantidade inferior ao normal.



**Figura 16 - Histórico do volume armazenado nos reservatórios a) Castanhão (2002-2018) e b) Epitácio Pessoa/Boqueirão (1991-2018). . (Fonte dos dados: ANA/SAR. Gráfico: Cemaden/MCTIC).**

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seca é um fenômeno ambiental com consequências negativas não somente sobre populações vulneráveis, mas que também impacta setores estratégicos do Brasil. Secularmente têm sido vivenciada pela população da região semiárida do Nordeste do país, cujos impactos extrapolam a capacidade adaptativa da região. Logo, as secas afetam mais pessoas do que qualquer outra tipologia de desastre, por ser um fenômeno que impacta grandes áreas e pode perdurar por tempo prolongado. Por se tratar de uma tipologia de desastre, esforços foram envidados no CEMADEN para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e de avaliação de impactos de secas, em apoio para a identificação dos municípios e regiões impactados, com a finalidade de subsidiar tomadas de decisão e ações de suporte emergencial. Neste contexto, o Cemaden busca avançar e aprimorar o Sistema desenvolvido, inclusive com vistas a prever as secas e seus possíveis impactos em diversos setores.



## 9. Referências

- Anderson, L. O.; Ribeiro neto, G. ; Cunha, A. P.M.A. ; Fonseca, M.G. ; Mendes de Moura, Y. ; Dalagnol, R.; Wagner, F.H.; de Aragão, L.E.O. Vulnerability of Amazonian forests to repeated droughts. *Philosophical Transactions of the Royal Society b-Biological Sciences*, v. 373, p. 20170411, 2018.
- Coelho CAS, de Oliveira CP, Ambrizzi T, Reboita MS, Carpenedo CB, Campos JLPS, Tomaziello ACN, Pampuch LA, Custódio MdS, Dutra LMM, Da Rocha RP, Rehbein A (2016) The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dyn* 46(11):3737–3752.
- Cunha, A. P. M. A.; Tomasella, J.; Ribeiro-Neto, G. ; Brown, M. ; Garcia, S. R.; Brito, S.B.; Carvalho, M. A. Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. *Atmospheric Science Letters*, v. 19, p. e855, 2018.
- Cunningham, C. A. C.; Cunha, A. P. M. A. ; Brito,S. Climate change and drought. In: Ben Wisner, Victor Marchezini, Silvia Saito, Luciana Londe. (Org.). *Climate change and drought*. xxed.: , 2017.
- Marengo J. A.; Nobre, C. ; M, Seluchi ; Cuartas, A. ; Alves, LM ; EM Mendiõdo ; Obregon, GO ; Sampaio, G. . A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, v. 106, p. 31, 2015.
- Marengo, J. A. and Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*. 36, 1033–1050.
- Marengo JA, et al. (2017) Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid.
- Nobre, C. A., Marengo, J. A., Seluchi, M. E., Cuartas, L. A., & Alves, L. M. (2016). Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, 8(02), 252.
- Zambon, Renato Carlos. A operação dos reservatórios e o planejamento da operação hidrotérmica do Sistema Interligado Nacional. *REVISTA USP*, p. 133-144, 2015.
- Zeri, M., S. Alvalá, R., Carneiro, R., Cunha-Zeri, G., Costa, J., Rossato Spatafora, L., Urbano, D., Vall-Llossera, M., Marengo, J., 2018. Tools for Communicating Agricultural Drought over the Brazilian Semiarid Using the Soil Moisture Index. *Water* 10. <https://doi.org/10.3390/w10101421>