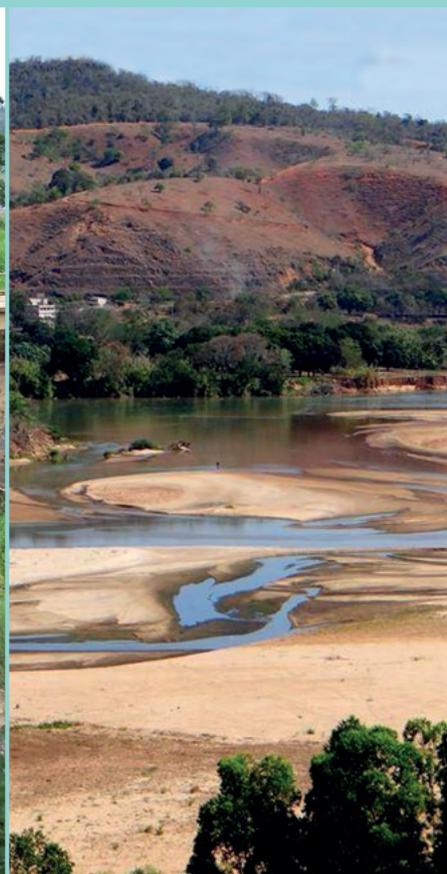


CRISE HÍDRICA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: O CASO DE 2014 A 2017



© 2025 - Incaper

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, Brasil

CEP: 29052-010 - Telefones: (27) 3636-9888/ 3636-9846

<http://incaper.es.gov.br>

<https://editora.incaper.es.gov.br>

coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br

ISBN: 978-85-89274-49-4

DOI: 10.54682/livro.9788589274494

Editor: Incaper

Formato: Impresso e digital

Tiragem: 500

Janeiro 2025

Conselho Editorial

Antonio Elias Souza da Silva - Presidente

José Aires Ventura

Agno Tadeu da Silva

José Altino Machado Filho

Anderson Martins Pilon

José Salazar Zanuncio Junior

André Guarçoni Martins

Marianna Abdalla Prata Guimarães

Fabiana Gomes Ruas

Mauricio Lima Dan

Felipe Lopes Neves

Vanessa Alves Justino Borges

Aparecida L. do Nascimento - Coordenadora Editorial

Marcos Roberto da Costa - Coordenador Editorial Adjunto

Equipe de Produção

Projeto gráfico, capa e diagramação: Laudeci Maria Maia Bravin

Revisão textual: Paula Christina Corrêa de Almeida

Coordenação de Diagramação e Revisão: Laudeci M. M. Bravin e Marcos Roberto da Costa

Ficha catalográfica: Merielem Frasson da Silva

Fotos: Crédito na imagem e acervo do Incaper

Fotos da capa: Ariele Altoé, PEPDEC

Ilustrações: Elaboradas pelo(s) autor(es)

Todos os direitos reservados nos termos da Lei 9.610/1998, que resguarda os direitos autorais. É proibida a reprodução total ou parcial por qualquer meio ou forma, sem a expressa autorização do Incaper e dos autores.

Incaper - Biblioteca Rui Tendinha Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C932 Crise hídrica no Estado do Espírito Santo: o caso de 2014 a 2017 / organizadores, José Geraldo Ferreira da Silva, Pedro Henrique Bonfim Pantoja e Enio Bergoli da Costa – Vitória, ES : Incaper, 2025.
384 p. : il. color. : 21 x 28 cm.

ISBN: 978-85-89274-49-4

DOI: 10.54682/livro.9788589274494

1. Climatologia. 2. Hidrometeorologia. 3. Precipitação Pluvial. 4. Estiagem. 5. Política Governamental. I. Silva, José Geraldo Ferreira da. II. Pantoja, Pedro Henrique Bonfim. III. Costa, Enio Bergoli da. IV. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. V. Título.

CDD: 363.75



Capítulo 3

ANOMALIAS DE TEMPERATURA DURANTE A ESTIAGEM DE 2014 A 2017 NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Bruce Francisco Pontes da Silva¹

Hugo Ely dos Anjos Ramos²

Ivaniél Fôro Maia³

Pedro Henrique Bonfim Pantoja⁴

Thábata Teixeira Brito de Medeiros⁵

Fabiola Angela Ferrari⁶

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola depende diretamente das condições climáticas (BLACK; THOMPSON, 1978; ALEXANDROV; HOOGENBOOM, 2000; CHLOUPEK; HRSTKOVA; SCHWEIGERT, 2004; CONG; BRADY, 2012), cuja variabilidade pode interferir drasticamente no desenvolvimento inicial e na produção dos frutos, afetando de forma direta a produtividade e a produção. A precipitação pluviométrica mais baixa que a normal climatológica e as temperaturas mais altas que o esperado ocasiona uma elevada taxa de evapotranspiração, culminando na deficiência hídrica de diversas fruteiras (GALEANO *et al.*, 2016). De acordo com Galeano *et al.* (2019), a fruticultura no Espírito Santo foi prejudicada pela estiagem sem precedentes, registrada entre 2014 e 2017, a qual culminou numa crise hídrica, gerando uma queda no volume da produção e na produtividade média das

culturas. Ainda segundo os autores, só em 2015 foi apresentada uma perda de 17,3% na produção de frutas no Espírito Santo, correspondendo a um prejuízo de cerca de R\$165,9 mi. Porém, no período compreendido entre 2011 e 2016, ocorreu uma queda de 32,3% na produção e de 31,8% no rendimento médio.

Um pouco mais da metade das culturas de fruta capixaba é irrigado, conforme dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA (IBGE, 2016). A escassez de chuva e as temperaturas elevadas durante o período 2014-2017 comprometeram ainda mais a produção e a produtividade em muitos municípios do Espírito Santo, já que as variações médias da área colhida, produção e produtividade na fruticultura, apresentaram queda, a partir de 2014 (GALEANO *et al.*, 2019). Esse exemplo mostra como a chuva e a temperatura são variáveis de extrema

¹M.Sc. Meteorologista, Pesquisador do Incaper, brucepontes@gmail.com

²Meteorologista, Pesquisador do Incaper

³Meteorologista, Pesquisador do Incaper

⁴M.Sc. Engenharia Ambiental, Pesquisador do Incaper

⁵M.Sc. Engenharia de Biossistemas, Pesquisadora do Incaper

⁶Esp. Ciências Florestais, Pesquisadora do Incaper

importância no rendimento da colheita (RUNGE, 1968; CALDERINI *et al.*, 1999; ABBATE *et al.*, 2004; MEDORI *et al.*, 2012).

Em termos gerais, a temperatura afeta o tempo que a cultura leva para se desenvolver e a chuva tem impacto maior sobre a produção das plantas, que podem apresentar uma área foliar maior/menor e ter maior/menor eficiência fotossintética (OLESEN; BIDIN, 2002; CANTELAUBE; TERRES, 2005).

Como exemplo, acerca da importância da temperatura, pode ser citado a pesquisa de Lobell e Asner (2003), que apresentou uma diminuição relativa de ~17% no rendimento da soja e do milho nos Estados Unidos da América para cada grau de aumento na temperatura, durante o período de crescimento das culturas. Num outro trabalho, Muchow *et al.* (1990) mostraram que a temperatura mais baixa aumentava o tempo levado pela cultura do milho na interceptação de radiação, retardando o crescimento das plantas.

Tendo em vista o impacto da temperatura, e não só da precipitação pluviométrica (chuva) nas culturas agrícolas, foi feito um levantamento básico a respeito do comportamento das temperaturas durante a estiagem 2014-2017 no Espírito Santo, procurando correlacioná-lo com a distribuição das chuvas durante o mesmo período.

2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA

2.1 MÉTODOS

A partir dos dados mensais para o período de janeiro de 1984 a dezembro de 2014, o Instituto de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) elaborou uma normal climatológica de temperatura máxima, mínima e média (°C) para o Estado do Espírito Santo (INCAPER, 2020).

Foram utilizados os registros de 21 estações meteorológicas, distribuídas de forma irregular no Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O Incaper utilizou os dados de sua própria base de informações digitalizadas em planilha eletrônica e formulários manuscritos, além dos dados disponibilizados publicamente pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

Os dados brutos de temperatura das estações meteorológicas foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos a um controle de qualidade a fim de detectar possíveis falhas advindas dos instrumentos/sensores ou de erro humano.

O prognóstico espacial das temperaturas foi realizado através do método de Regressão Linear Múltipla – RLM (DRAPER e SMITH, 1998). Para tal, foram utilizadas quatro covariáveis preditoras: elevação, latitude, longitude e distância da costa, sendo que o método Stepwise foi usado a fim de selecionar as covariáveis dos modelos de RLM.

Para o cálculo das anomalias de temperatura (°C), entre 2013 e 2018, foi feita uma interpolação dos dados de anomalia com os dados sem anomalia, através do software Arcgis 10.6, e analisadas as bases vetoriais dos limites político e municipal do Espírito Santo, cujos dados foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foi escolhido o método Inverso do Quadrado da Distância – IDW (MELLO *et al.*, 2003), optando-se por um mínimo de dois e máximo de quatro pontos vizinhos, de cada ponto escolhido para a interpolação.

Desta forma, foram, então, interpolados os dados de anomalias médios para cada período chuvoso (outubro a março), cada período seco (abril a setembro) e para os anos hidrológicos (outubro a setembro), englobando o período de outubro de 2013 a setembro de 2018.

Como referência para o comparativo com a precipitação, foi utilizada a normal climatológica do Incaper, baseada no período 1984-2014 (INCAPER, 2020).

2.2 CLIMATOLOGIA (1984-2014)

A temperatura média anual fica em torno de 24 °C a 25 °C nas baixadas do Estado e ao redor de 20°C a 21°C na Região Montanhosa (Figura 1c).

A temperatura máxima média é de 29 °C a 31 °C nas áreas menos elevadas do Estado e de 26 °C a 27 °C nas serras capixabas (Figura 1a).

No caso da temperatura mínima média anual, os dados mostraram que a Região Montanhosa apresenta 15 °C a 16 °C, enquanto as demais áreas registram de 19 °C a 21 °C, de modo geral (Figura 1b).

A análise mensal das temperaturas, disponíveis na página de internet da Coordenação de Meteorologia do Incaper (INCAPER, 2020) sugere que o Espírito Santo apresenta suas maiores temperaturas entre janeiro e março, com temperatura máxima média em torno de 32 °C a 35 °C nas baixadas do Estado, em fevereiro, caracterizando o período de verão. O outono é curto, mas com intensa queda da temperatura, englobando os meses de abril e maio, quando as incursões de ar frio se tornam frequentes.

O período de junho a agosto marca a estação do inverno no Espírito Santo, sendo que a temperatura mínima média fica em torno de 9 °C a 12 °C na Região Montanhosa capixaba, no mês de julho. Ao contrário do outono, a primavera pode ser considerada a estação do ano mais longa no Espírito Santo, em termos de temperatura, abrangendo os meses de setembro a dezembro, com temperaturas aumentando bem mais devagar (~1 °C/mês) em relação à sua rápida queda entre abril e maio (~2 °C/mês).

Apesar dessas particularidades no ciclo médio das temperaturas no Espírito Santo, considera-se, oficialmente, verão, o período de dezembro a fevereiro; outono, março a maio; inverno, junho a agosto e primavera, setembro a novembro, por uma questão de convenção meteorológica.

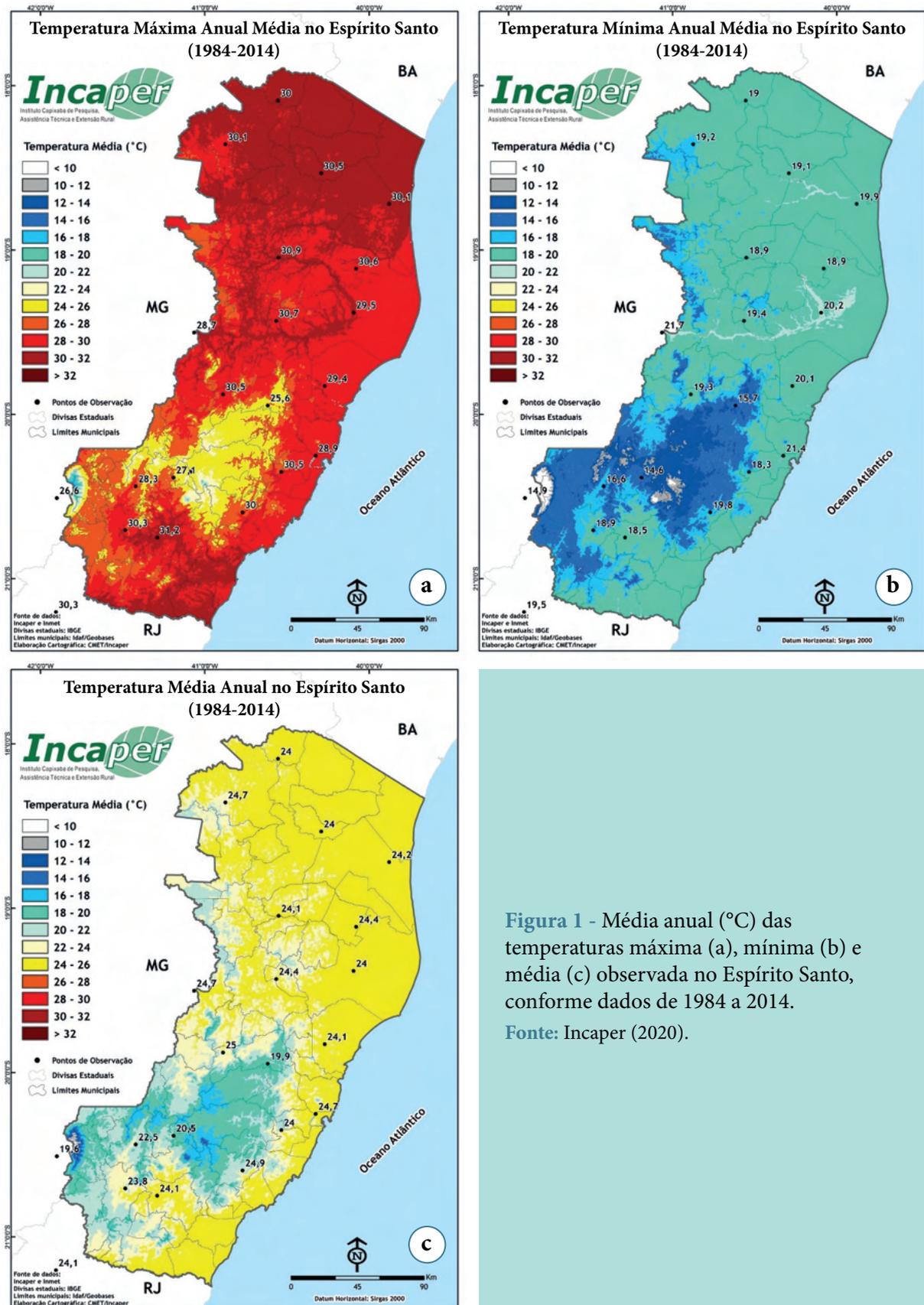


Figura 1 - Média anual (°C) das temperaturas máxima (a), mínima (b) e média (c) observada no Espírito Santo, conforme dados de 1984 a 2014.
 Fonte: Incaper (2020).

No estado capixaba, o período chuvoso e o período seco não estão em fase com as estações do ano convencionadas. O período chuvoso engloba os meses de outubro a março, enquanto o período seco começa em abril e vai até outubro, sendo que estes dois meses marcam, na maioria das vezes, uma transição entre a época de chuvas e o período seco e vice-versa. Um outro detalhe recai sobre o mês de fevereiro, que costuma apresentar chuvas irregulares sobre o Estado, possuindo por causa da chuva mais características de período seco. No entanto, ao contrário dos meses do período seco, as temperaturas observadas em fevereiro costumam ser as mais altas do ano. Os veranicos observados nesse mês podem estar ligados ao deslocamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) para áreas ao sul da Região Sudeste, acompanhando o deslocamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (Asas).

Em suma, a maior parte da primavera e do verão no Espírito Santo ocorre concomitantemente ao período chuvoso capixaba. No entanto, a maioria dos meses de outono e todos os meses de inverno estão em fase com o período seco no Estado. Essas características seguem os padrões típicos da Região Sudeste, de modo geral.

2.3 COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DURANTE OS CICLOS HIDROLÓGICOS DE 2013 A 2018

Assim como no caso da chuva, as temperaturas registradas no Espírito Santo durante a estiagem 2014-2017 apresentaram um padrão atípico (COELHO *et al.*, 2016) em relação à normal climatológica (INCAPER, 2020). As maiores anomalias positivas de temperatura durante a estiagem 2014-2017 ocorreram entre 2015 e 2016, período que corresponde ao biênio mais quente da série histórica analisada nessa pesquisa (1976 a 2019), especialmente devido à primavera de 2015 e o verão de 2015-2016, excepcionalmente quentes, conforme análise espacial sazonal.

Contudo, ressalta-se que, não necessariamente, as anomalias de chuva são inversamente proporcionais às anomalias de temperatura, quando os dados mensais ou sazonais destas variáveis meteorológicas são comparados. Diferentes fatores podem influenciar numa desproporcionalidade aparente:

- Mesclagem de dados referentes a períodos muito longos;
- Concentração da chuva em poucos (muitos) dias do mês, com vários (poucos) dias secos no restante do período;
- Chuva bem distribuída durante o mês, mas com ocorrência média concentrada num determinado período do dia;
- Nebulosidade persistente durante o período analisado, sem/com ocorrência de chuva; entre outros.

2.3.1 Análise das Temperaturas no Período Chuvoso 2013-2014 (out/13-mar/14)

Apesar das temperaturas máximas e mínimas terem apresentado apenas fracas anomalias na maior parte do Espírito Santo (Figura 2a-b), durante o período chuvoso 2013-2014 (outubro de 2013 a março de 2014), a anomalia de temperatura média mostrou que o Estado passou por um ciclo mais frio que a normal climatológica, com temperatura média de 0,5 °C a 1,5 °C mais baixa que a média, especialmente em parte do Extremo Norte capixaba e em trechos da Região Serrana (Figura 2c).

Mesmo com a significativa anomalia negativa de chuva (COELHO *et al.*, 2016), observada durante o primeiro trimestre de 2014, as anomalias de temperatura foram também negativas, influenciando diretamente as anomalias do período chuvoso 2013-2014. Isso mostra que nem sempre a lógica simples, de que tais variáveis tendem a apresentar anomalias inversamente proporcionais, é válida.

2.3.2 Análise das Temperaturas no Período Seco 2013-2014 (abr/14-set/14)

As temperaturas máximas e mínimas quase não apresentaram anomalias minimamente significativas sobre a maior parte do Estado (Figura 3a-b), durante o período seco 2013-2014 (abril a setembro de 2014), mas a temperatura média mostrou que o Espírito Santo passou por um período seco levemente mais frio que a normal climatológica, com temperatura média de 0,5 °C a 1 °C mais baixa que o esperado em trechos do Centro-oeste e Extremo Norte capixaba (Figura 3c).

Durante o período seco 2013-2014, tanto as anomalias de temperatura quanto as de chuva foram pouco significativas, mas apresentaram desvios negativos, sendo, também, diretamente proporcionais, assim como observado no período chuvoso 2013-2014.

No entanto, a tendência para desvios negativos de chuva no período foi, muito provavelmente, resultado da escassa precipitação pluviométrica nos meses de maio e setembro. Já a temperatura um pouco mais baixa que a média foi consequência provável do frio mais intenso que a normal climatológica durante julho e agosto.

2.3.3 Análise das Temperaturas no Ano Hidrológico 2013-2014 (out/13-set/14)

O ano hidrológico 2013-2014 apresentou anomalias de temperatura média ligeiramente negativas (Figura 4c), dado que as temperaturas estiveram um pouco abaixo do normal, tanto durante o período chuvoso (Figura 2), quanto no período seco 2013-2014 (Figura 3). As máximas mais baixas no Extremo Norte capixaba parecem ter refletido as anomalias negativas do período chuvoso (Figura 3a). As mínimas não apresentaram grandes anomalias, quando analisados os seis meses que envolvem cada um dos períodos (seco e chuvoso).

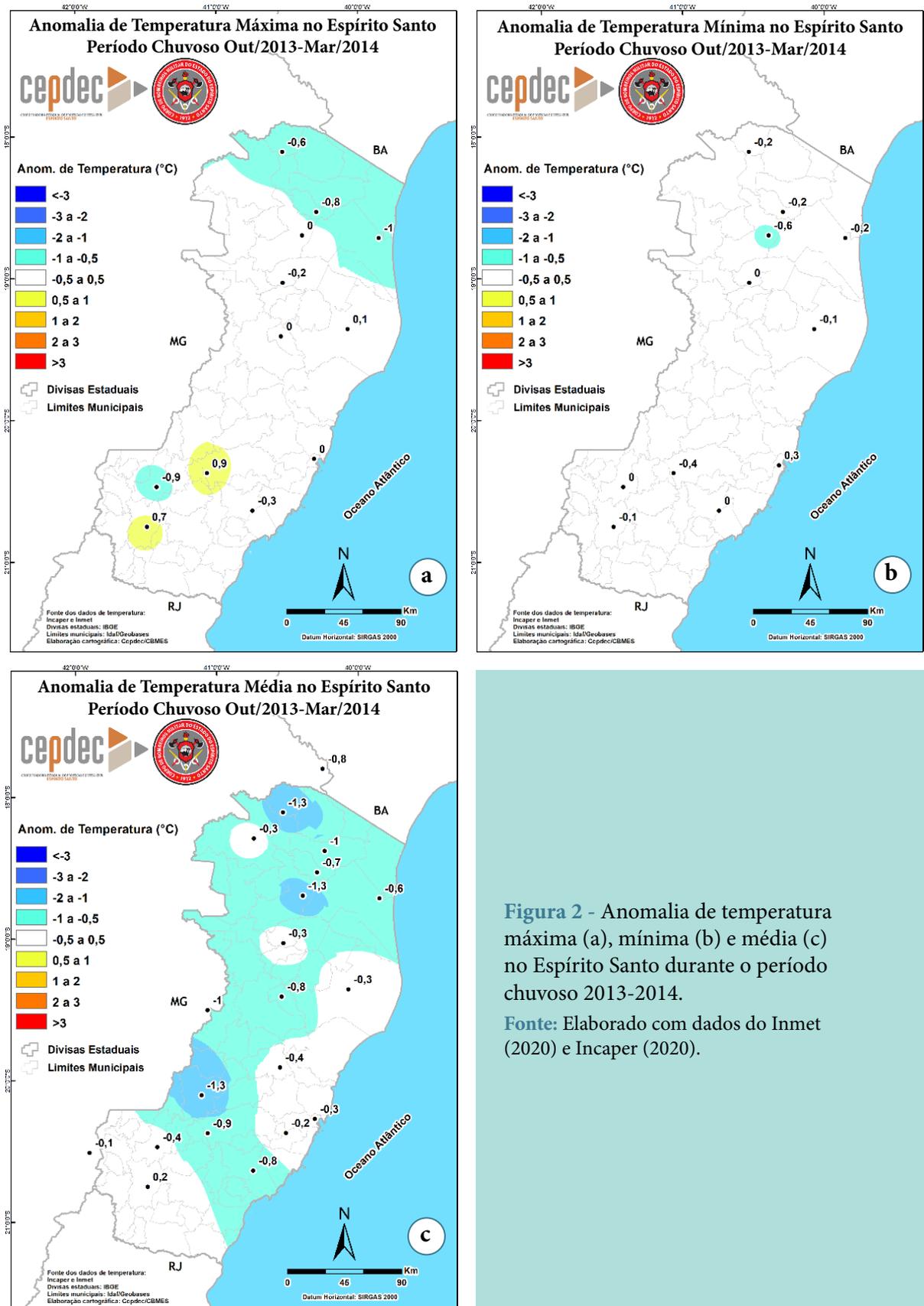


Figura 2 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período chuvoso 2013-2014.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

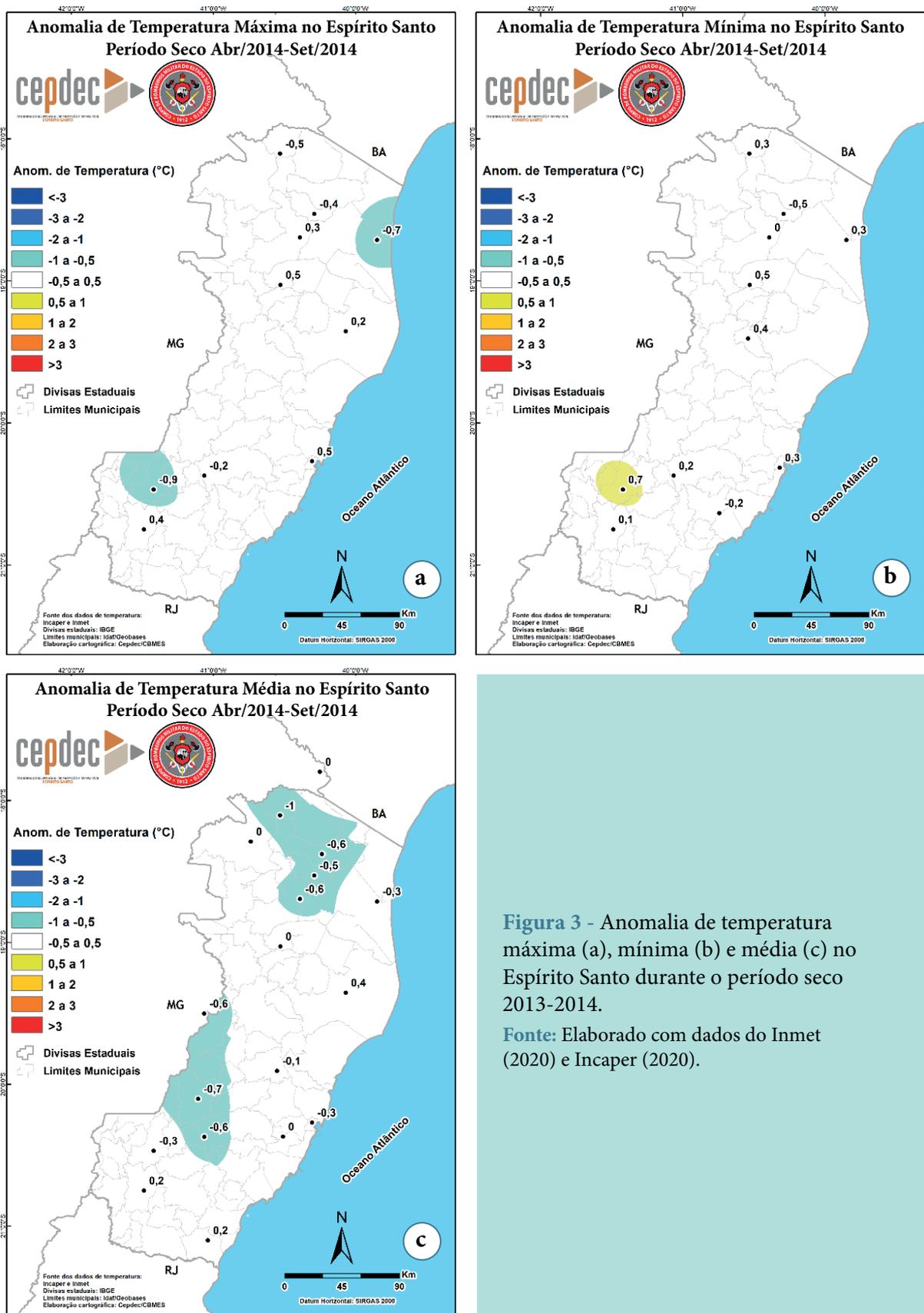


Figura 3 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período seco 2013-2014.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

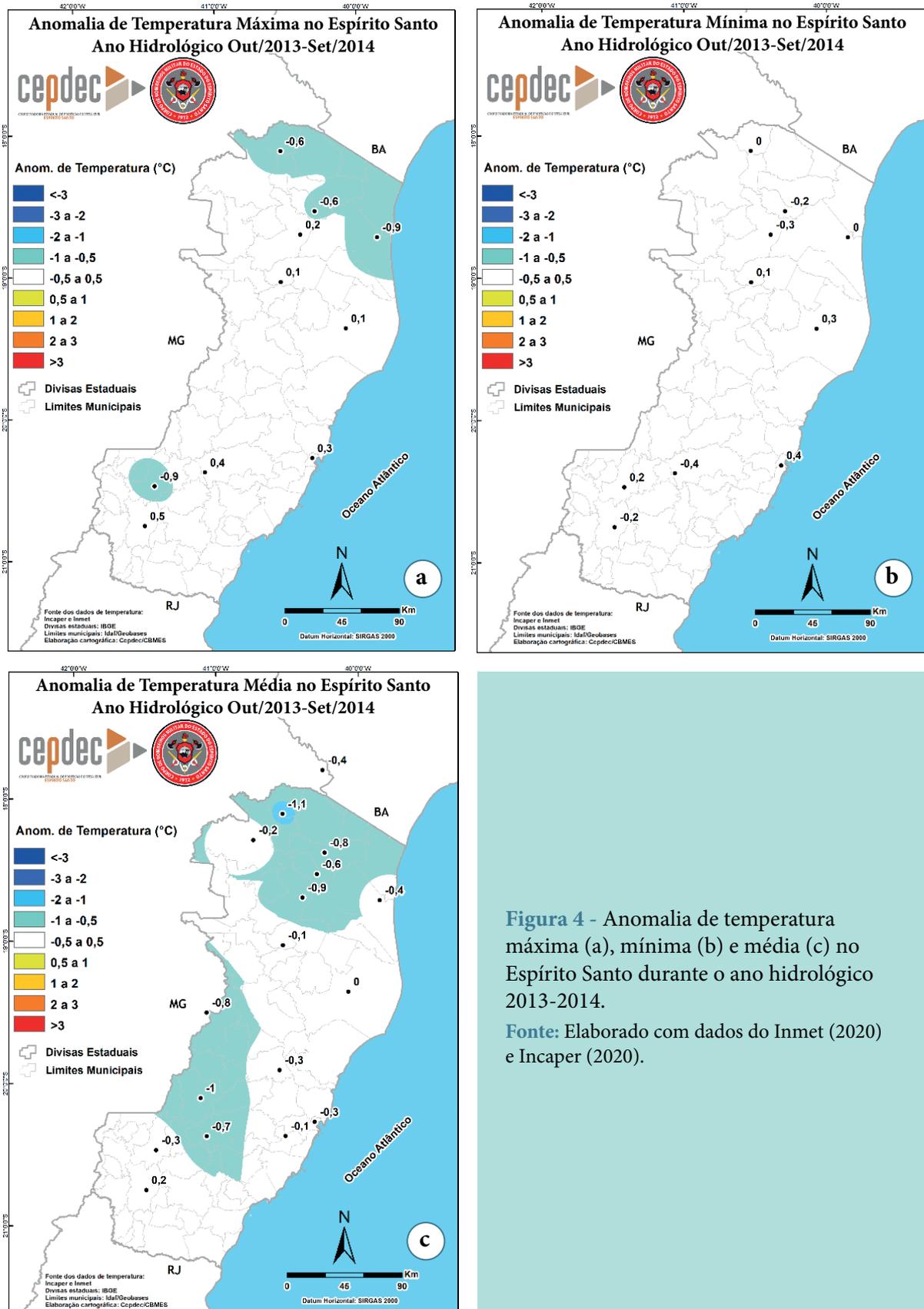


Figura 4 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o ano hidrológico 2013-2014.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

Apesar das chuvas extremas de dezembro de 2013, o primeiro trimestre de 2014 foi muito seco, assim como outubro de 2013 e maio e setembro de 2014. Os demais meses do ano hidrológico 2013-2014 receberam chuvas irregulares. De modo geral, o Espírito Santo terminou 2013-2014 com anomalia positiva de chuva devido às chuvas de dezembro de 2013. Contudo, pelo menos metade deste ano hidrológico, incluindo quatro meses do período chuvoso, observou menos chuva que a normal climatológica (INCAPER, 2020), sugerindo que a qualidade do ano hidrológico 2013-2014 foi baixa, dada a distribuição irregular da chuva, concentrada em dezembro de 2013, quase que por exclusividade.

Ao contrário do que poderia se esperar, as temperaturas médias não estiveram acima do normal, nem mesmo durante o primeiro trimestre de 2014. O fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS) encontrava-se em sua fase neutra, durante o ano hidrológico 2013-2014, apesar do índice *Oceanic Niño Index* (ONI) ter apresentado anomalias de $-0,2$ °C a $-0,5$ °C durante o período chuvoso, que corresponde à época com temperaturas mais elevadas no Espírito Santo. Porém, tais anomalias ainda estão fora dos limiares para definição de uma *La Niña*, que tende a deixar as temperaturas mais baixas que a normal climatológica durante o período chuvoso capixaba, independentemente do comportamento das chuvas.

A fase quente do fenômeno ENOS tem impacto na temperatura da Região Sudeste do Brasil, que fica mais quente que o normal, tanto no inverno quanto no verão (INPE, 2021). A fase fria do fenômeno ENOS produz o efeito oposto no verão da região, deixando as temperaturas mais baixas que o normal (INPE, 2021).

2.3.4 Análise das Temperaturas no Período Chuvoso 2014-2015 (out/14-mar/15)

As temperaturas máximas estiveram acima do normal em praticamente todo o período chuvoso 2014-2015 (Figura 5a), refletindo, em especial, o calor intenso observado durante janeiro de 2015. As mínimas estiveram dentro do esperado sobre a maioria das regiões, exceto no Extremo Norte, que apresentou temperaturas mínimas mais baixas que a média (Figura 5b).

Analisando as anomalias de temperatura média, é possível notar que o Extremo Norte e parte da Região Serrana do Estado apresentou anomalias ligeiramente negativas, apesar da chuva ter ficado abaixo do normal durante o período. É provável que as chuvas mais abundantes, em outubro de 2014 e fevereiro de 2015, exatamente sobre essas áreas do Estado, tenham influenciado as anomalias sazonais. O Sudoeste capixaba, no entanto, registrou temperaturas mais altas que a normal climatológica (Figura 5c), refletindo as máximas anormalmente positivas do período chuvoso 2014-2015, sendo inversamente proporcionais à falta de chuva sobre a região.

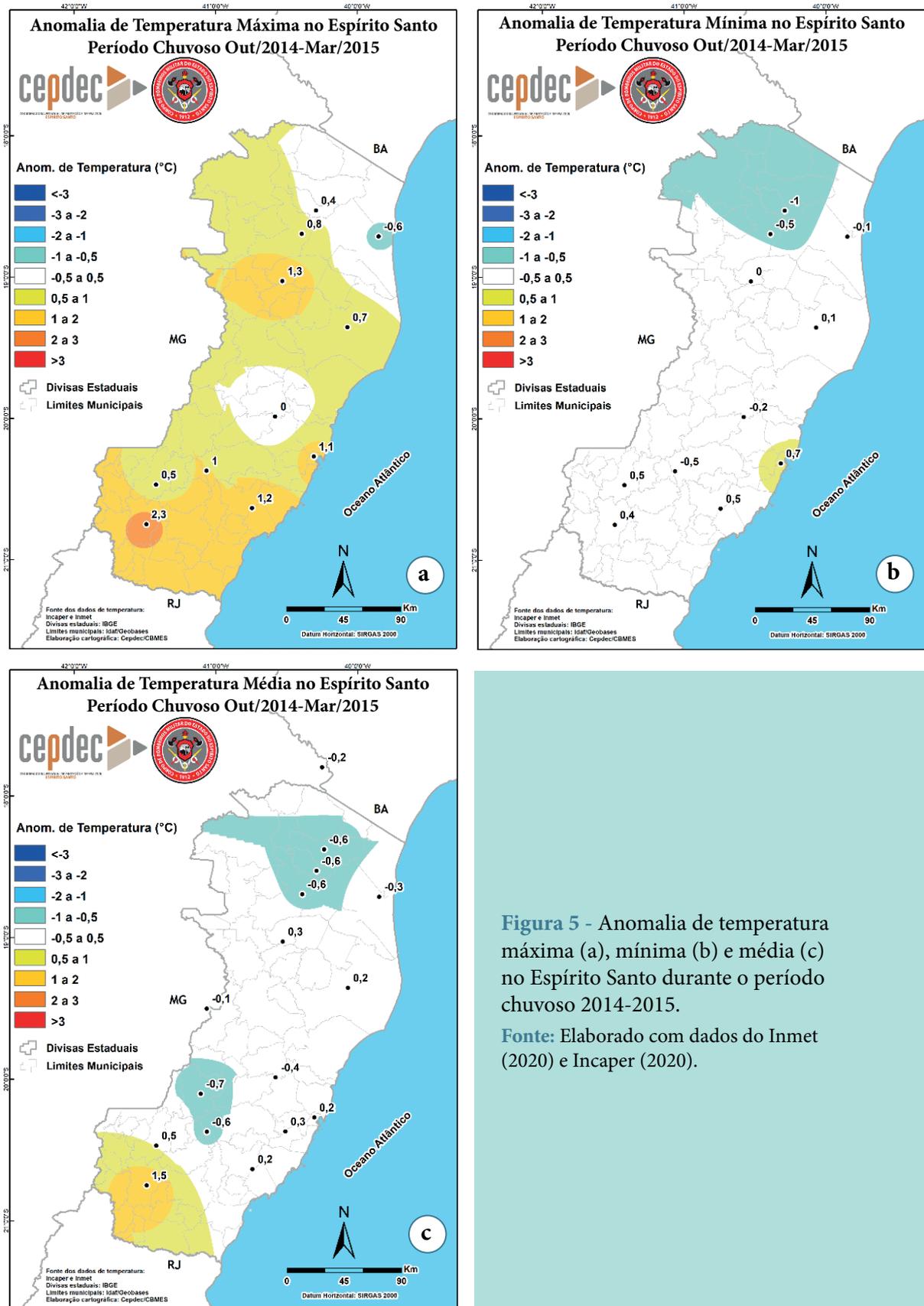


Figura 5 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período chuvoso 2014-2015.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

2.3.5 Análise das Temperaturas no Período Seco 2014-2015 (abr/15-set/15)

As temperaturas máximas estiveram acima do normal em praticamente todo o período seco 2014-2015 do Espírito Santo (Figura 6a), assim como as mínimas (Figura 6b).

Analisando-se as anomalias de temperatura média, nota-se que parte do Centro-Norte capixaba apresentou anomalias positivas, enquanto as demais áreas do Estado passaram por um período de temperaturas médias dentro do normal (Figura 6c). O comportamento das temperaturas médias (dentro do normal sobre grande parte do Estado) refletiu o contraste entre as intensas anomalias positivas observadas em setembro de 2015, que foi bastante seco e um abril (2015) também mais seco que o esperado, mas com temperatura média abaixo do normal. Além disso, maio de 2015 recebeu mais chuva que a normal climatológica, também apresentando desvios negativos de temperatura média. Isto, porém, não se repetiu em junho, que também foi chuvoso.

2.3.6 Análise das Temperaturas no Ano Hidrológico 2014-2015 (out/14-set/15)

O ano hidrológico 2014-2015 apresentou anomalias de temperatura média positivas no setor Sudoeste do Estado (Figura 7c), impulsionadas pelas temperaturas mais altas que a normal climatológica durante o período chuvoso 2014-2015 na região (Figura 5c). No entanto, a análise mostrou que as máximas elevadas do período chuvoso e seco sobre a maior parte do Estado não impactaram significativamente as temperaturas médias observadas sobre as demais áreas capixabas.

O *Oceanic Niño Index* – ONI (GLANTZ; RAMIREZ, 2020) esteve positivo (fase quente do ENOS) durante o período, podendo explicar, de certa forma, as anomalias positivas de temperatura máxima (Figura 7a) e leves anomalias positivas de temperatura mínima (Figura 7b) sobre a maioria das regiões do Estado.

Com exceção de outubro de 2014, os demais meses do ano hidrológico 2014-2015 apresentaram anomalias negativas de chuva, estando em fase com as anomalias positivas de temperatura observadas neste ciclo, quando verificadas as máximas e mínimas, especialmente.

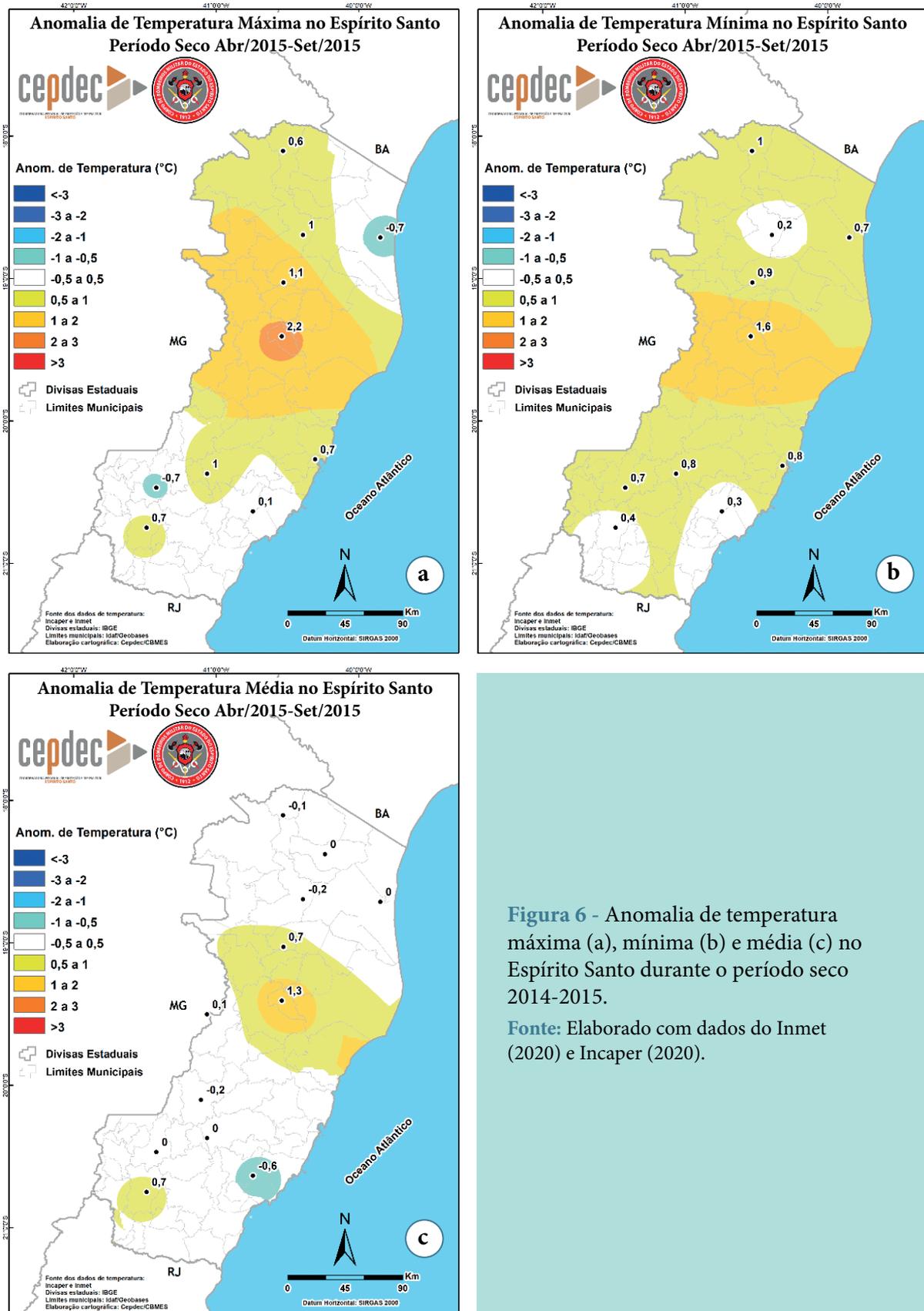


Figura 6 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período seco 2014-2015.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

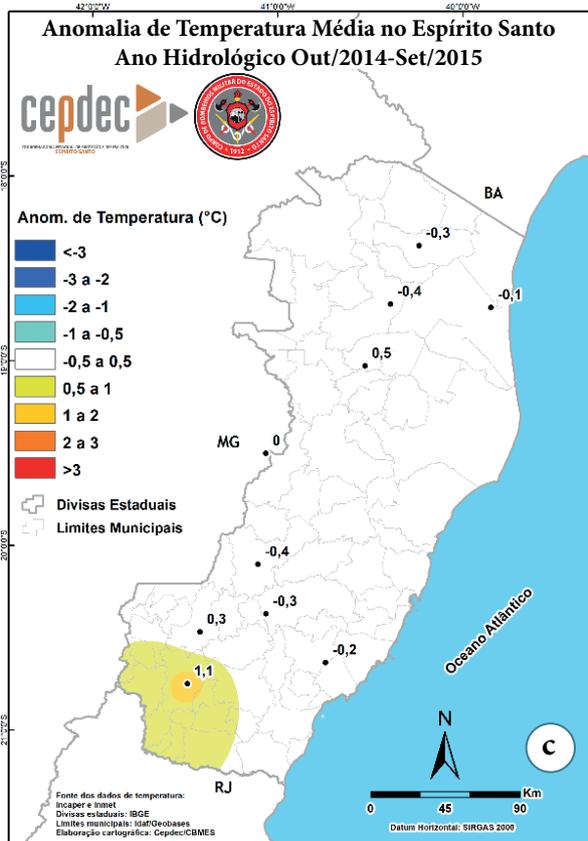
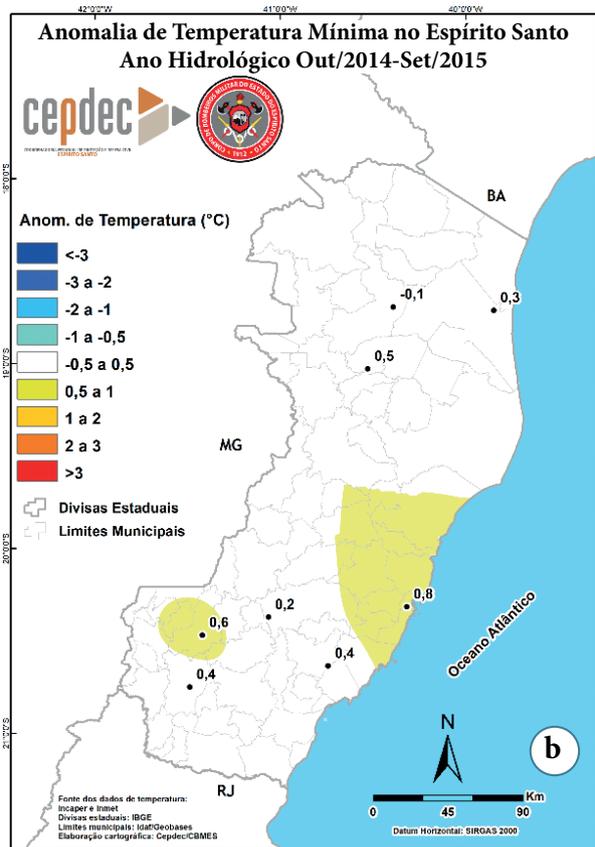
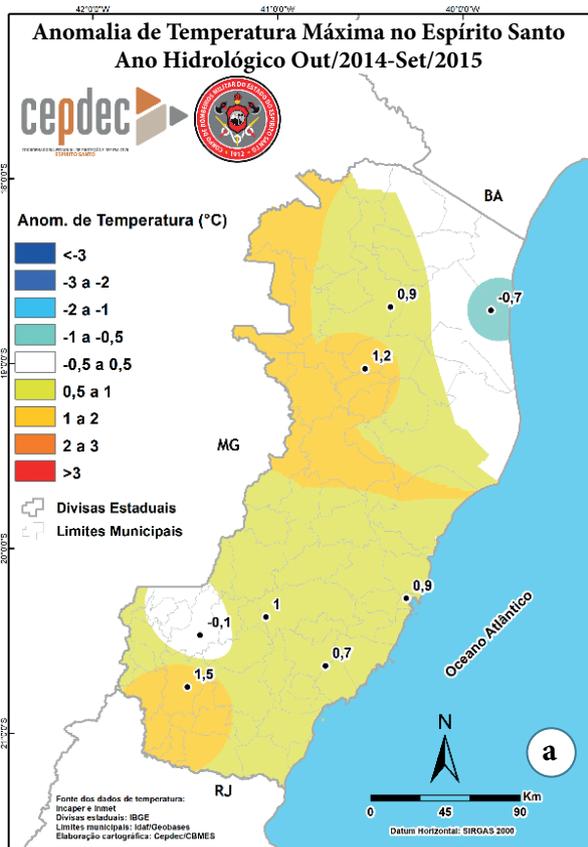


Figura 7 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o ano hidrológico 2014-2015.
Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

2.3.7 Análise das Temperaturas no Período Chuvoso 2015-2016 (out/15-mar/16)

O período chuvoso 2015-2016 (outubro de 2015 a março de 2016) foi extremamente quente e seco. Tanto as temperaturas máximas (Figura 8a), quanto as mínimas (Figura 8b) estiveram bastante acima do normal. No caso das máximas, a anomalia chegou a 3 °C e 4 °C no Noroeste e Sudoeste do Estado. Em relação às mínimas, as anomalias estiveram de 1 °C a 2 °C, mais elevadas que a normal climatológica sobre a maior parte do Estado. Durante esse período, apenas janeiro de 2016 apresentou anomalias positivas de chuva, com exceção do Extremo-Sul capixaba, que continuou com muito menos chuva que a normal climatológica. Novembro e dezembro de 2015 apresentaram a maior falta de chuva.

As temperaturas médias seguiram o padrão das máximas e mínimas, com anomalias de 1 °C a 2 °C na maior parte do Estado (Figura 8), estando inversamente proporcionais às chuvas, que ficaram muito abaixo do normal. O mês com anomalias positivas de temperatura média mais intensas foi novembro de 2015. Porém, janeiro de 2016 foi o único mês do período sem anomalias positivas. No entanto, esse mês também não apresentou anomalias negativas de temperatura média, apesar de ter sido o único com chuvas acima do normal na maior parte do Estado, durante o período chuvoso 2015-2016.

2.3.8 Análise das Temperaturas no Período Seco 2015-2016 (abr/16-set/16)

Seguindo o comportamento das temperaturas durante o período chuvoso (Figura 8), o período seco 2015-2016 (abril a setembro de 2016) também apresentou anomalias positivas de temperatura na maior parte do Espírito Santo (Figura 9). As máximas estiveram de 2 °C a 3 °C mais altas que a normal climatológica sobre a metade Norte capixaba (Figura 9a). As mínimas ficaram mais altas que a normal climatológica (~1 °C) em praticamente todo o Estado (Figura 9b).

Impulsionada pelas temperaturas médias mais altas que a normal climatológica em abril, maio, agosto e setembro de 2016, a temperatura média do período seco apresentou anomalias positivas de 0,5 °C a 1,5 °C sobre a maior parte do Espírito Santo (Figura 9c).

O período seco 2015-2016 foi mais seco que a normal climatológica, especialmente na faixa Leste capixaba, região do Estado que registrou os maiores acumulados durante um período seco típico. O mês de abril observou as anomalias mais significativas de temperatura (muito mais quente que a normal climatológica) e chuva (abaixo da média), sendo que apenas junho de 2016 registrou alguma chuva acima do normal em trechos da metade Sul do Estado.

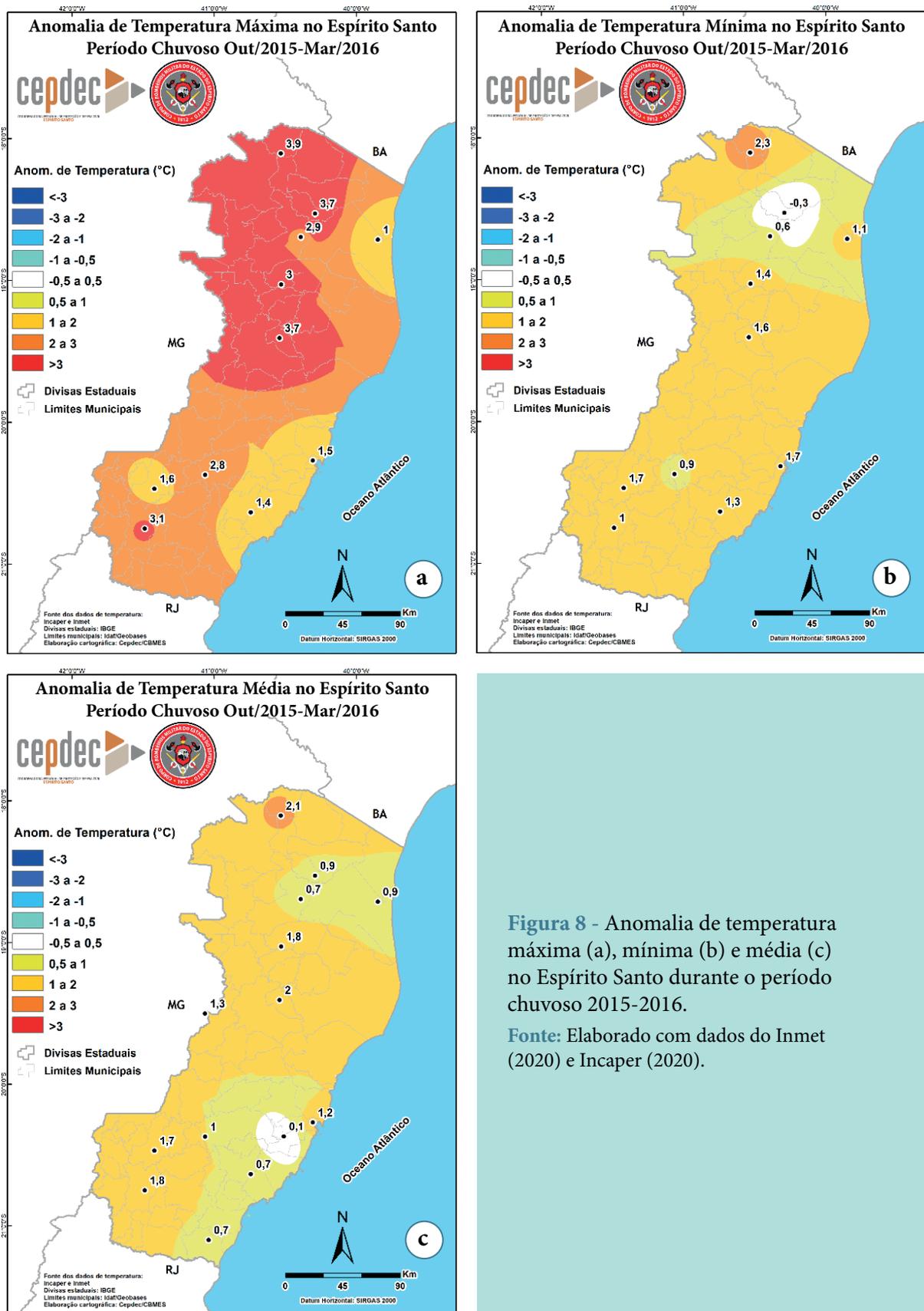


Figura 8 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período chuvoso 2015-2016.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

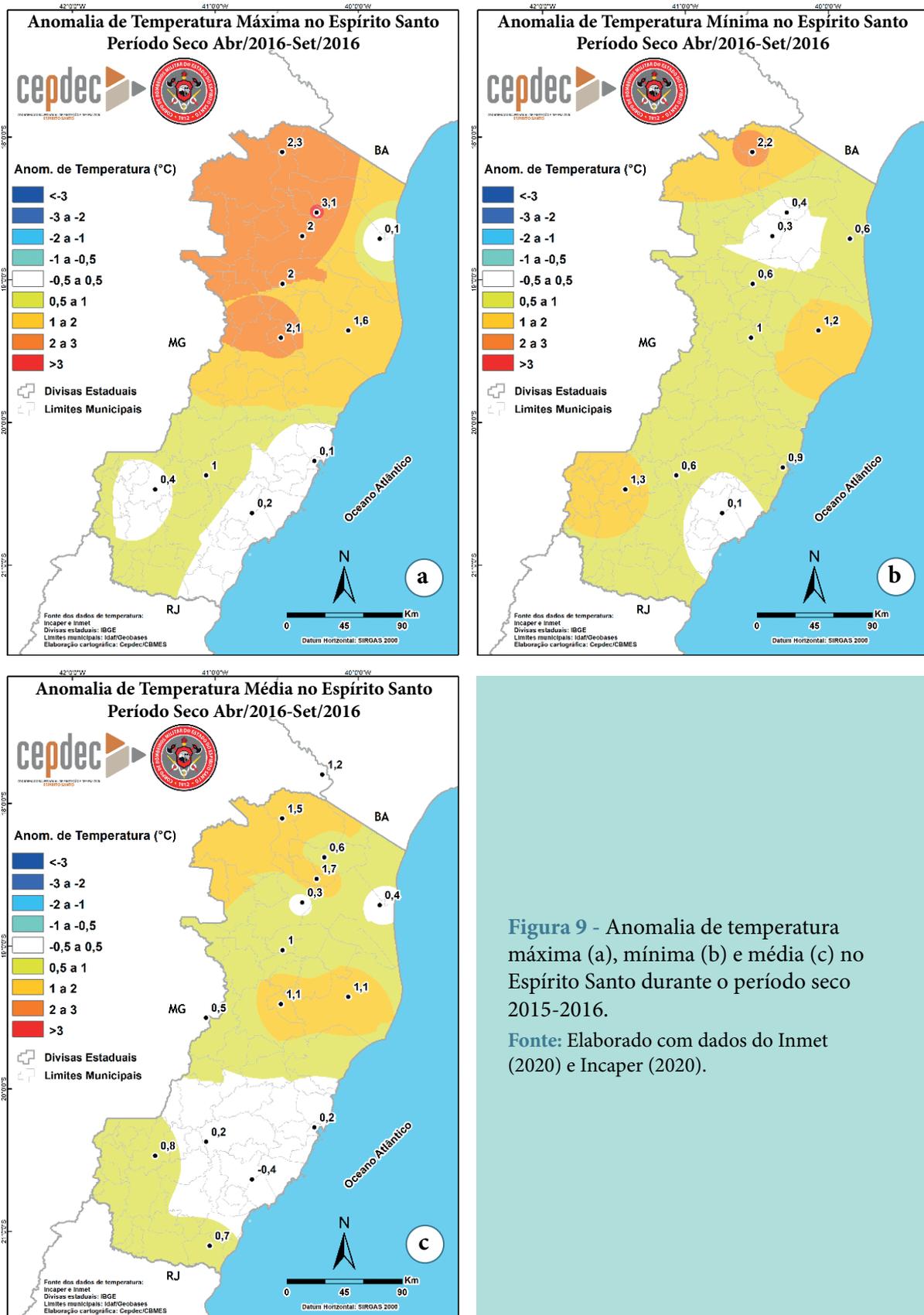


Figura 9 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período seco 2015-2016.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

2.3.9 Análise das Temperaturas no Ano Hidrológico 2015-2016 (out/15-set/16)

As temperaturas máximas estiveram cerca de 3 °C mais altas que a normal climatológica no Extremo-Norte do Estado, cerca de 1 °C no Sudeste e entre 1 °C e 3 °C nas demais áreas do Estado (Figura 10a), no ano hidrológico 2015-2016 (outubro de 2015 a setembro de 2016). A temperatura mínima ficou um pouco acima da média também, com anomalia de ~1 °C na maior parte do Estado (Figura 10b).

A anomalia de temperatura média seguiu o comportamento das máximas e mínimas, também ficando acima do normal: entre 1 °C e 2 °C (Figura 10c). Nesse ano hidrológico 2015-2016, as temperaturas anormalmente positivas estiveram em fase com as anomalias extremamente negativas de chuva no Espírito Santo e totalmente alinhadas com a fase positiva bastante intensa do ENOS (ONI positivo, igual ou maior que 2,5 °C), especialmente durante o período chuvoso.

2.3.10 Análise das Temperaturas no Período Chuvoso 2016-2017 (out/16-mar/17)

Apesar das temperaturas máximas terem ficado um pouco mais altas que a normal climatológica na maior parte do Estado (Figura 11a), no período chuvoso 2016-2017 (outubro de 2016 a março de 2017), as anomalias de temperatura média e mínima mostraram que o Estado passou por um período de temperaturas próximas do normal (Figura 11b-c), ainda que as chuvas tenham ficado abaixo da média em praticamente todas as regiões.

Apenas novembro de 2016 e fevereiro de 2017 não apresentaram anomalias negativas significativas de chuva na maior parte do Espírito Santo. Porém, a temperatura média esteve mais alta do que a normal climatológica em janeiro de 2017 e abaixo do esperado em fevereiro do mesmo ano.

2.3.11 Análise das Temperaturas no Período Seco 2016-2017 (abr/17-set/17)

Diferentemente do período chuvoso (Figura 11), o período seco 2016-2017 (abril a setembro de 2017) apresentou anomalias negativas de temperatura máxima e média na maior parte do Espírito Santo (Figuras 12a e 12c), especialmente na Região Central e Região Norte do Estado, com anomalia de temperatura máxima e média na casa dos 1 °C e 2 °C mais baixas do que a normal climatológica.

De modo geral, a temperatura mínima não apresentou anomalias significativas durante o período, que foi mais seco que a normal climatológica em abril e agosto, só que relativamente chuvoso entre maio e julho. Os meses de julho, agosto e setembro foram particularmente frios, fazendo com que a anomalia de temperatura média do período seco 2016-2017 ficasse negativa.

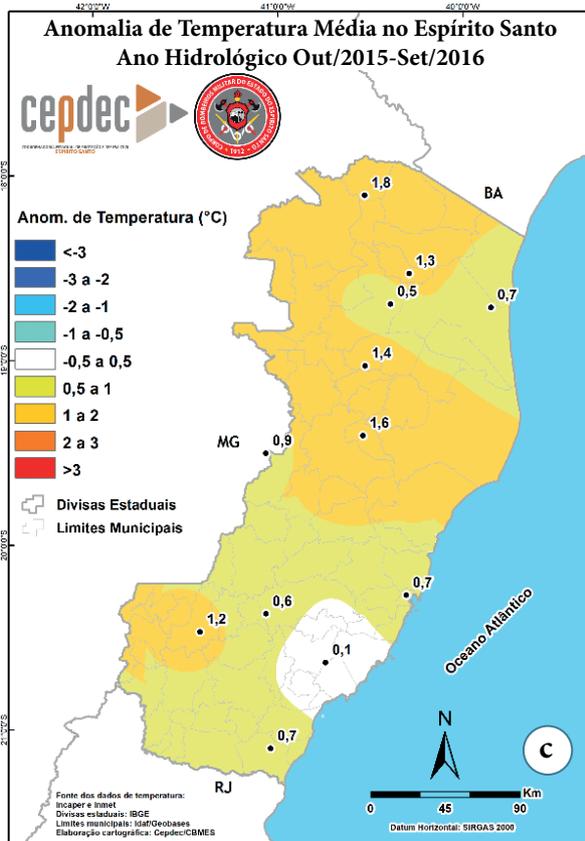
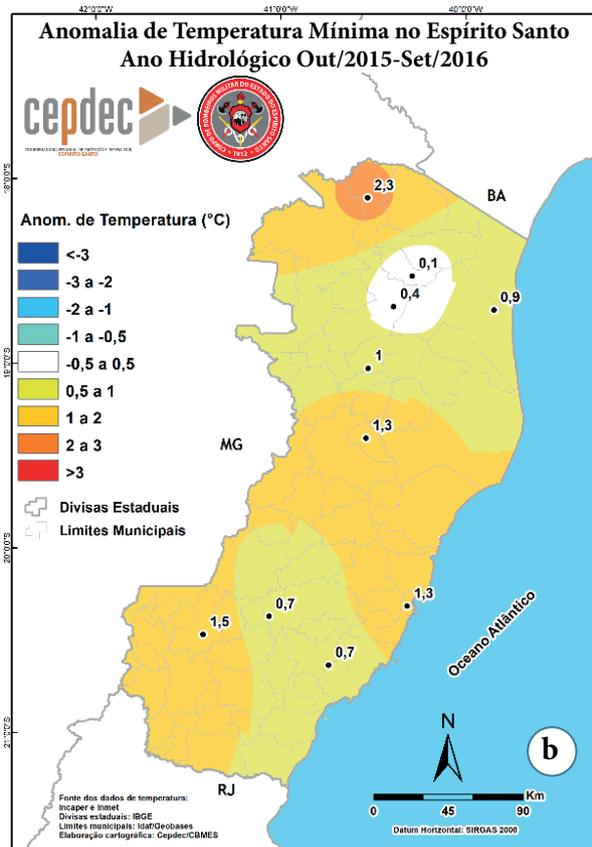
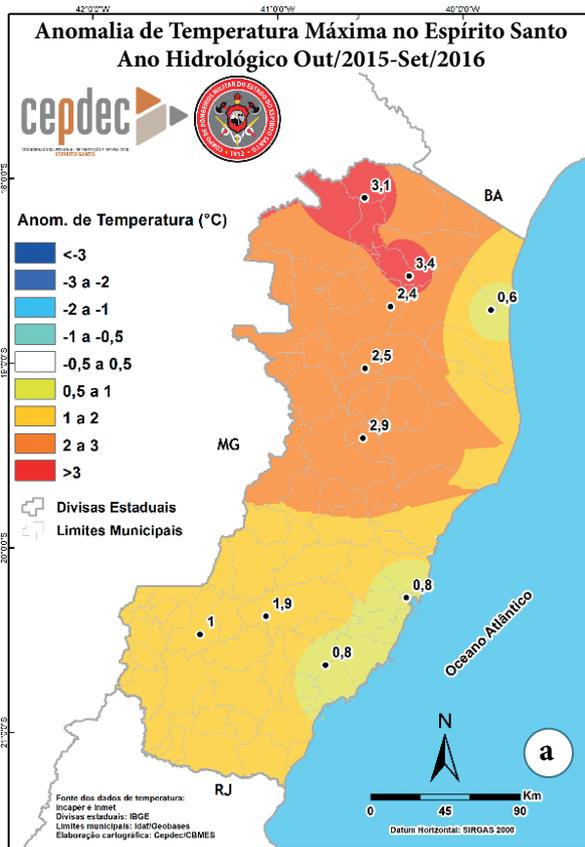


Figura 10 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o ano hidrológico 2015-2016).

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

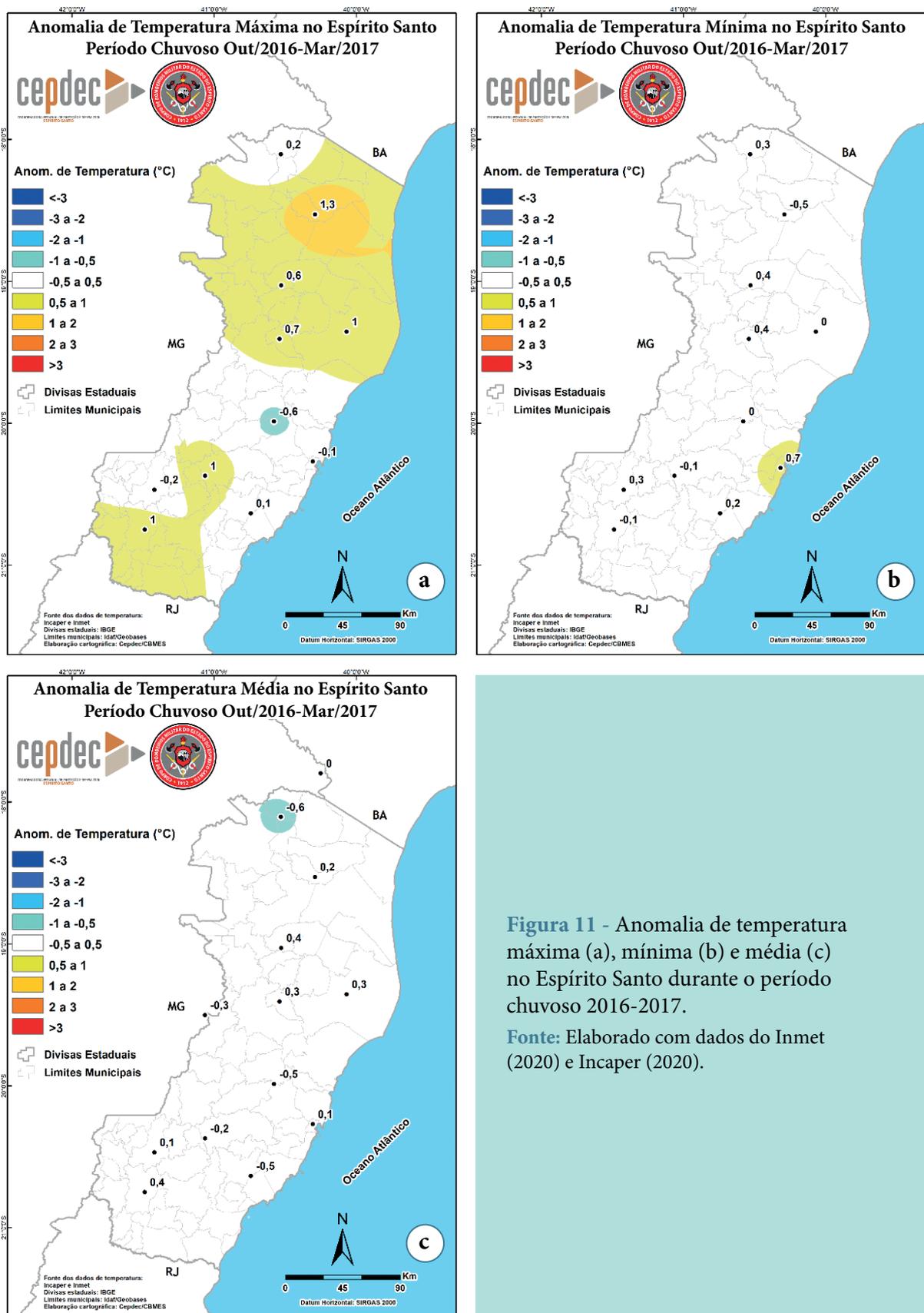


Figura 11 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período chuvoso 2016-2017.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

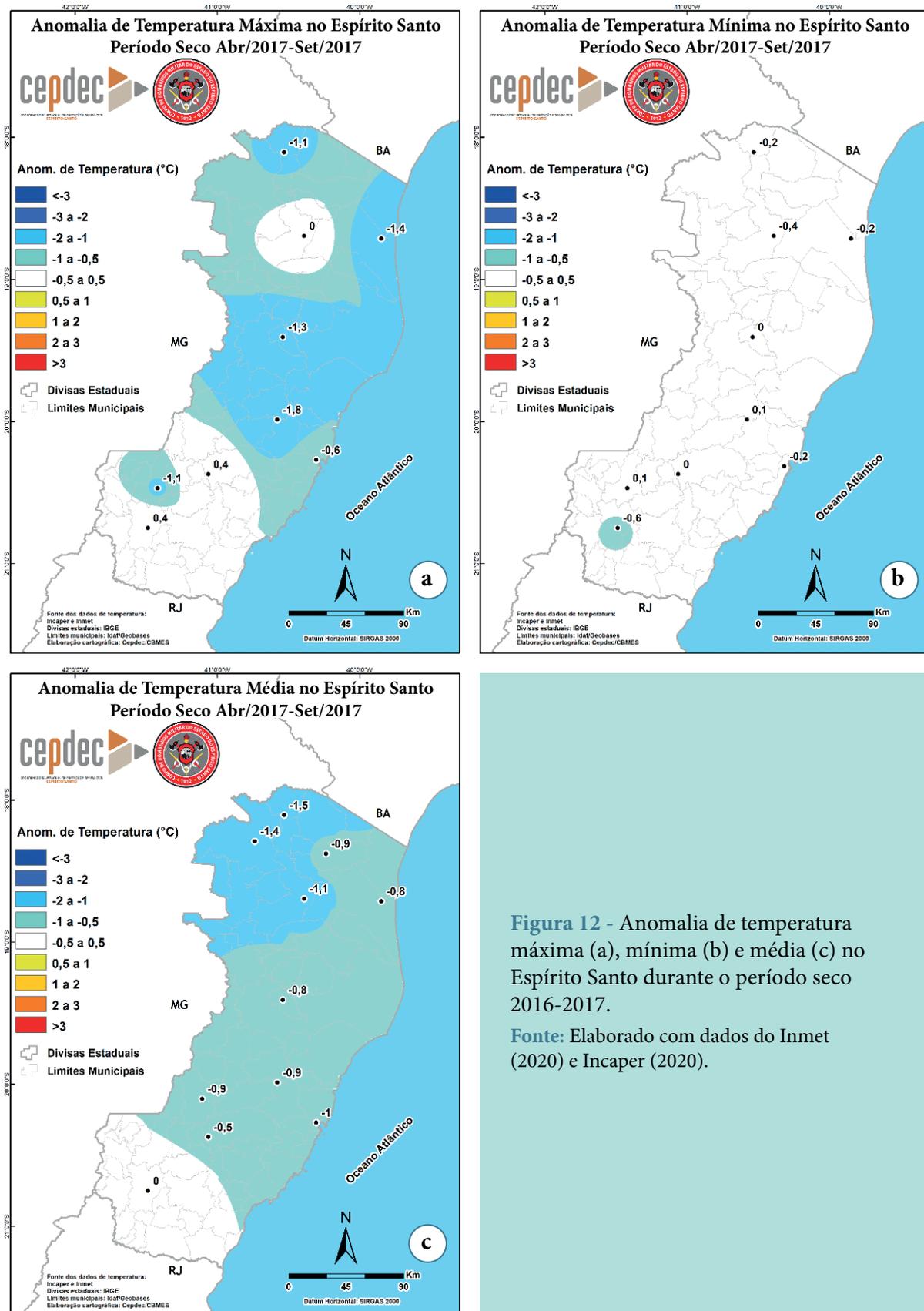


Figura 12 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período seco 2016-2017.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

2.3.12 Análise das Temperaturas no Ano Hidrológico 2016-2017 (out/16-set/17)

Com temperaturas mínimas dentro do normal, em basicamente todas as regiões, e máximas um pouco mais baixas que o esperado no Centro-Norte do Estado (Figura 13), o ano hidrológico 2016-2017 (outubro de 2016 a setembro de 2017) terminou com temperatura média mais baixa que a normal climatológica sobre a maioria das regiões capixabas, com destaque para a Região Norte capixaba.

A anomalia negativa de temperatura média foi resultado das anomalias negativas intensas do período seco, que caracterizou pelo menos três meses com chuvas mais frequentes e intensas que o esperado, sendo determinantes nas anomalias negativas de temperatura máxima, durante o inverno de 2017.

Uma *La Niña* fraca foi observada durante os primeiros quatro meses do período chuvoso 2016-2017, provavelmente, influenciando o comportamento das temperaturas durante o período. De modo geral, a chuva ficou abaixo do normal no Estado, mesmo com as anomalias positivas observadas em novembro (exceto Sudeste, que teve anomalias negativas), fevereiro (distribuição irregular) e entre maio e julho.

2.3.13 Análise das Temperaturas no Período Chuvoso 2017-2018 (out/17-mar/18)

As temperaturas máximas estiveram um pouco acima do normal apenas nos extremos Norte e Sul do Estado, durante o período chuvoso 2017-2018 (Figura 14a). As mínimas estiveram dentro do esperado sobre a maioria das regiões (Figura 14b).

Analisando-se as anomalias de temperatura média, é possível notar que o Extremo-Noroeste apresentou anomalias ligeiramente negativas, uma vez que quase todos os meses do período registraram anomalias negativas naquela área específica do Estado (Figura 14c). Contudo, a maior parte do Espírito Santo observou temperaturas médias próximas do normal, mas com uma ligeira tendência para anomalias negativas fracas.

O período foi marcado por chuvas mal distribuídas em dezembro (temperaturas abaixo do normal no Estado, com pouca chuva no Extremo-Sul e chuva excessiva no Norte capixaba) e março (temperatura média dentro do esperado) e chuva abaixo do normal em outubro (temperatura média um pouco acima do normal), novembro (mais frio que o esperado) e janeiro (mais quente que a normal climatológica na Região Sul capixaba). Fevereiro de 2018 foi excepcionalmente chuvoso, apresentando anomalias negativas intensas de temperatura média.

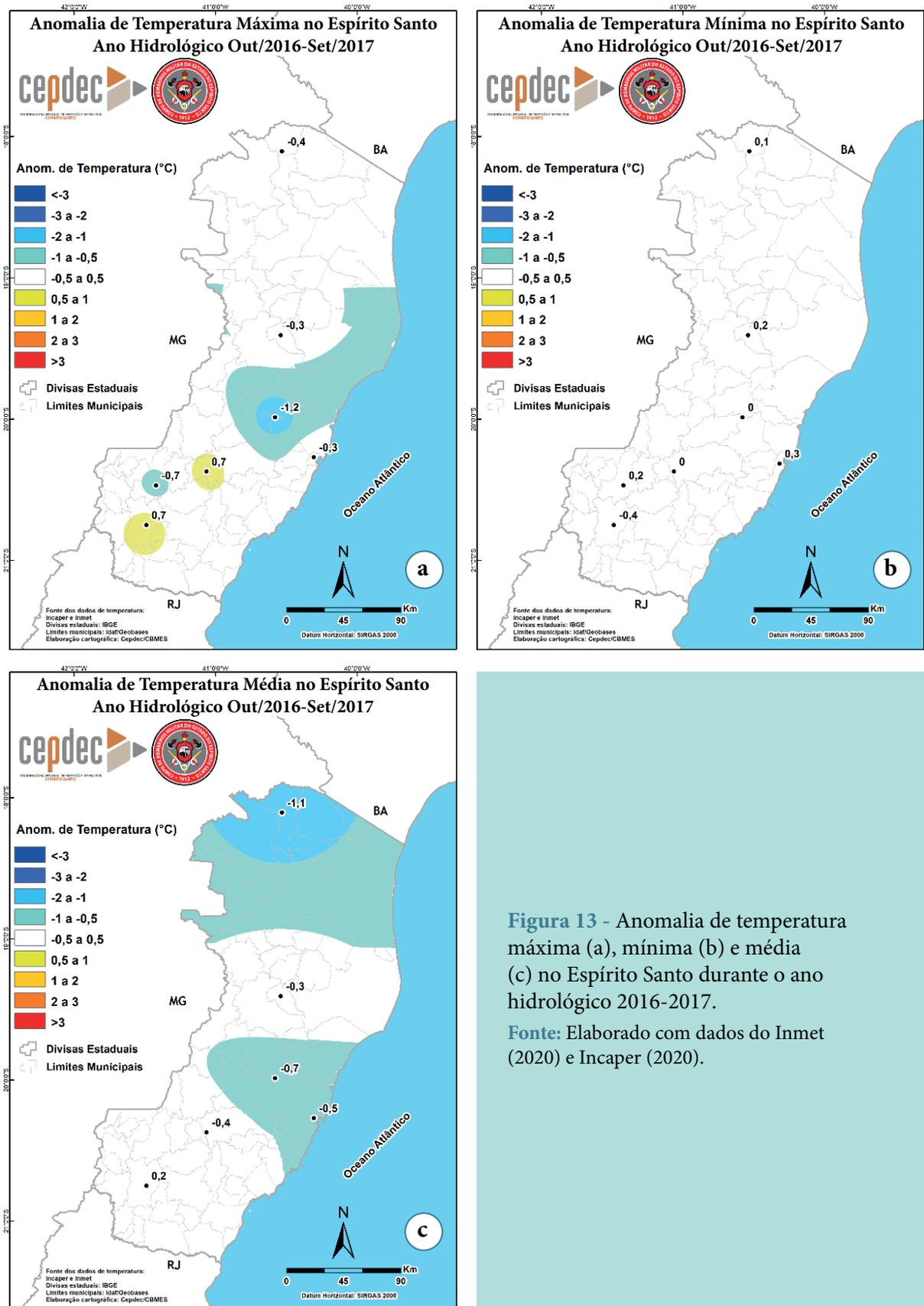


Figura 13 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o ano hidrológico 2016-2017.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

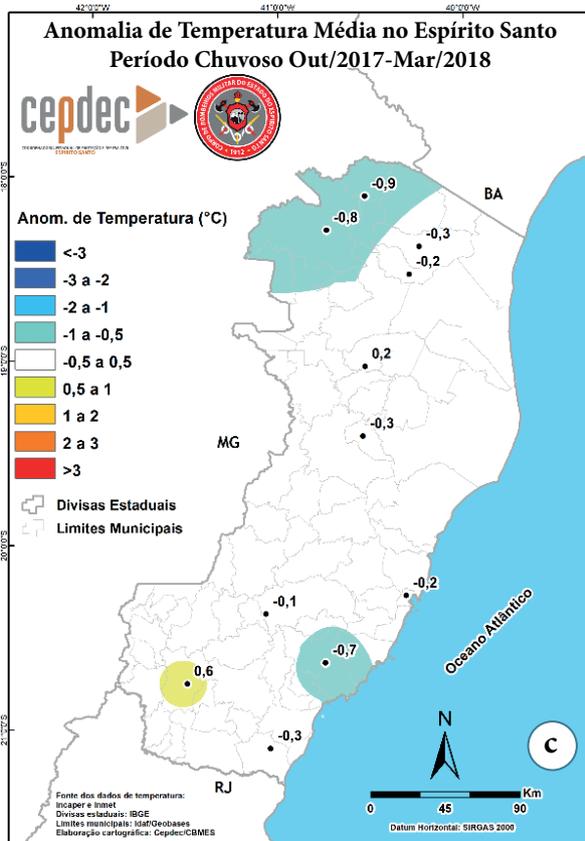
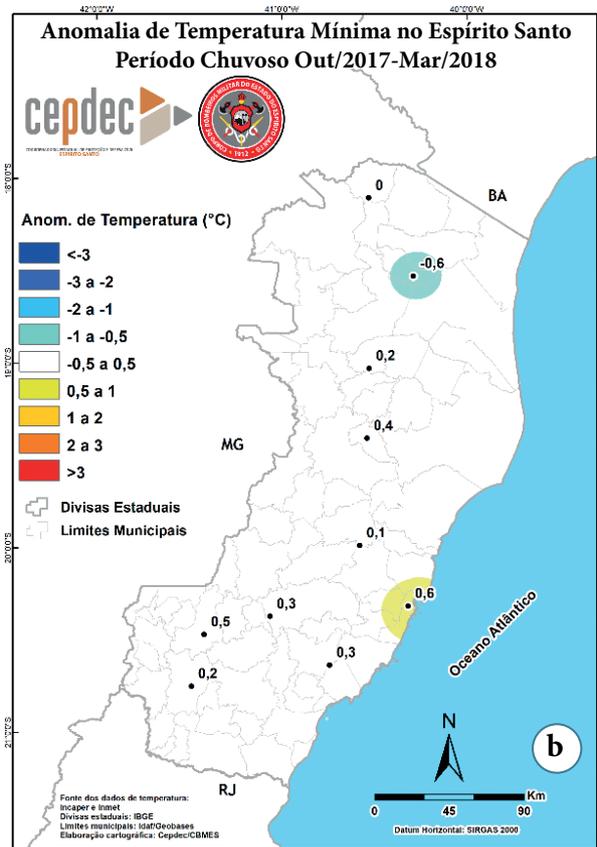
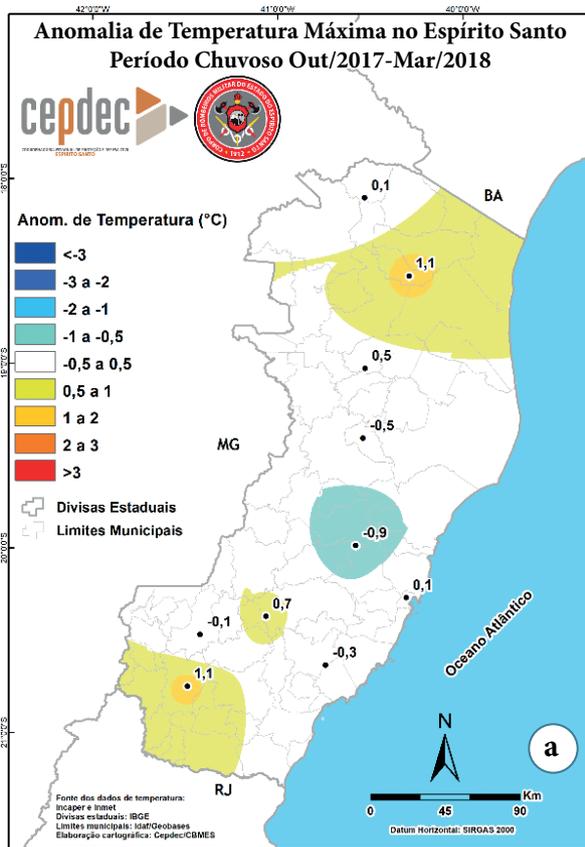


Figura 14 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período chuvoso 2017-2018.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

2.3.14 Análise das Temperaturas no Período Seco 2017-2018 (abr/18-set/18)

O período seco 2017-2018 (abril a setembro de 2018) apresentou anomalias ligeiramente negativas de temperatura máxima (Figura 15a), mínimas mais altas que a normal climatológica (Figura 15b) e médias dentro do normal, mas tendendo para anomalias ligeiramente negativas (Figura 15c).

O padrão médio observado era esperado, já que o período de junho a setembro de 2018 apresentou anomalias levemente positivas, compensando as anomalias negativas intensas observadas nos meses de abril e maio, que foram mais chuvosos que a normal climatológica. Julho e setembro foram mais secos que o esperado.

2.3.15 Análise das Temperaturas no Ano Hidrológico 2017-2018 (out/17-set/18)

Apesar do balanço de chuvas no ano hidrológico 2017-2018 (outubro de 2017 a setembro de 2018) ter indicado excedente de chuva, especialmente devido às chuvas expressivas de fevereiro, abril, maio e agosto, as temperaturas se comportaram basicamente dentro do normal (Figura 16), talvez pela compensação imposta pelos meses de outubro, novembro, janeiro, julho e setembro, que apresentaram anomalias negativas de chuva.

Quase todo o ano hidrológico 2017-2018 foi marcado pela influência da fase fria do fenômeno ENOS (*La Niña*), que pode ter contribuído com as temperaturas mais amenas que a normal climatológica, especialmente durante o período chuvoso (Figura 14) e início do período seco (Figura 15), apesar de sua influência ser estatisticamente mais provável durante o verão, apenas.

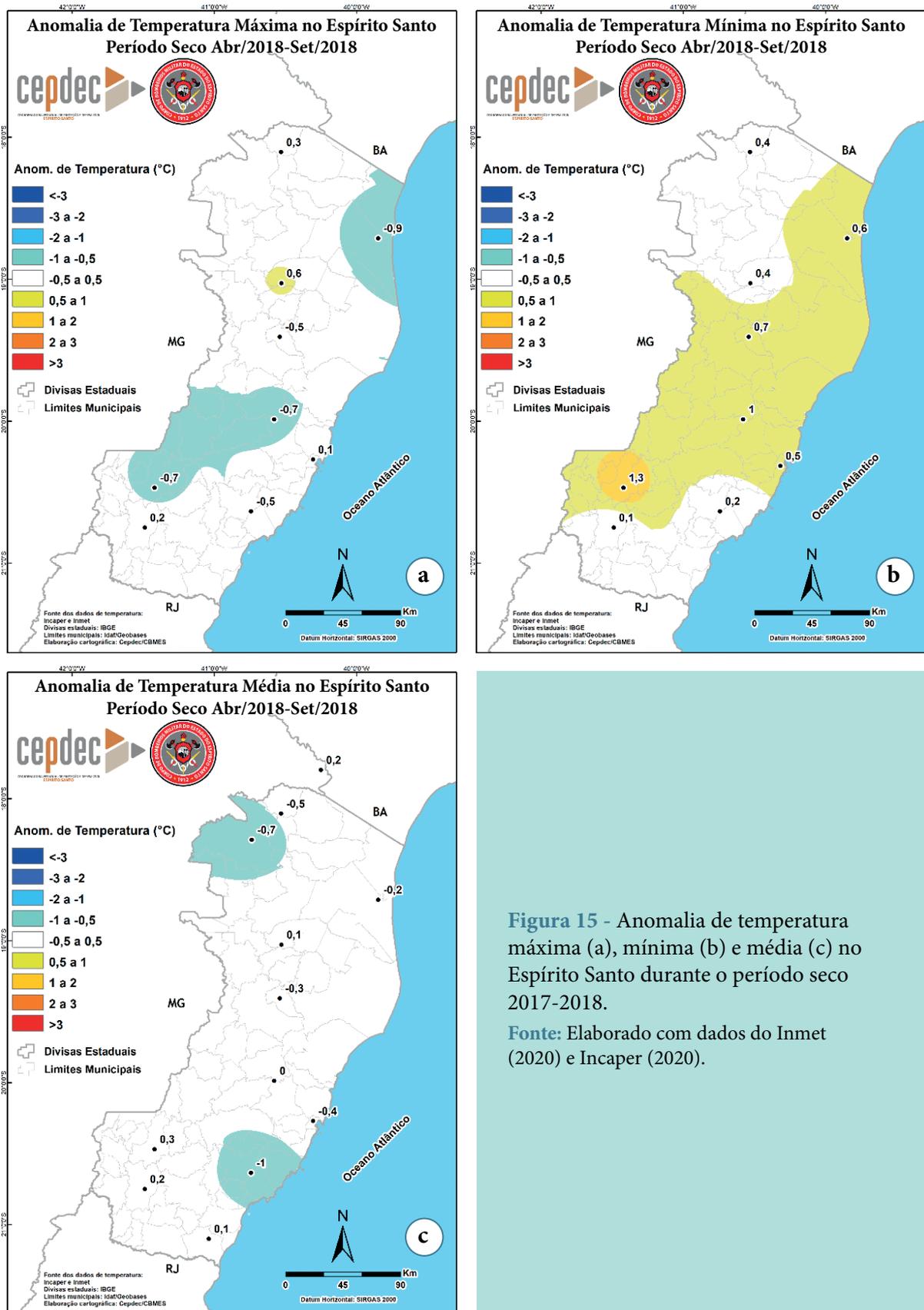


Figura 15 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o período seco 2017-2018.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

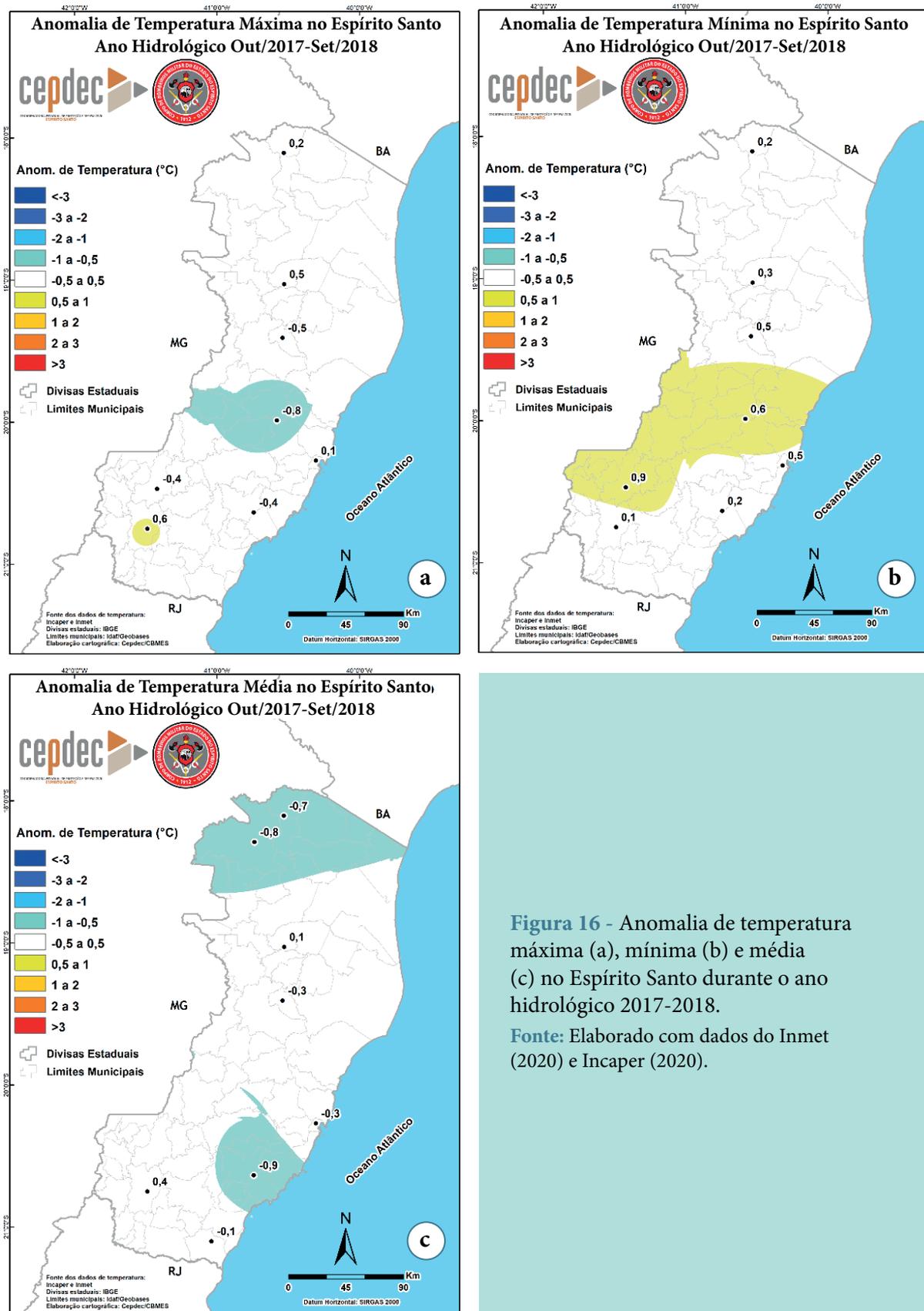


Figura 16 - Anomalia de temperatura máxima (a), mínima (b) e média (c) no Espírito Santo durante o ano hidrológico 2017-2018.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

3 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TEMPERATURAS

3.1 MÉTODOS

Foram utilizados os mesmos dados de temperatura máxima, mínima e média de 21 estações meteorológicas, assim como tabulação e controle de dados, conforme descrição no item 2.1. No entanto, foi usada apenas a base de dados referente às estações distribuídas de forma irregular sobre o Espírito Santo. A seguir, foram calculadas as médias aritméticas e anomalias mensais, sazonais e anuais de temperatura máxima, mínima e média, a partir das médias de cada ponto de observação.

3.2 COMPORTAMENTO MÉDIO TEMPORAL DAS TEMPERATURAS ANUAIS

Entre 2014 e 2017, a chuva apresentou anomalias negativas em todo o Espírito Santo, de modo geral, com desvios absolutos médios de -329 mm, em 2014 e -524,3 mm, em 2015. As anomalias continuaram negativas, mas perdendo intensidade, entre 2016 (-257,7 mm) e 2017 (-153,7 mm), conforme mostram as colunas da Figura 17. Tanto o ano anterior (2013) a este período como o ano posterior (2018) apresentaram chuva acima da média.

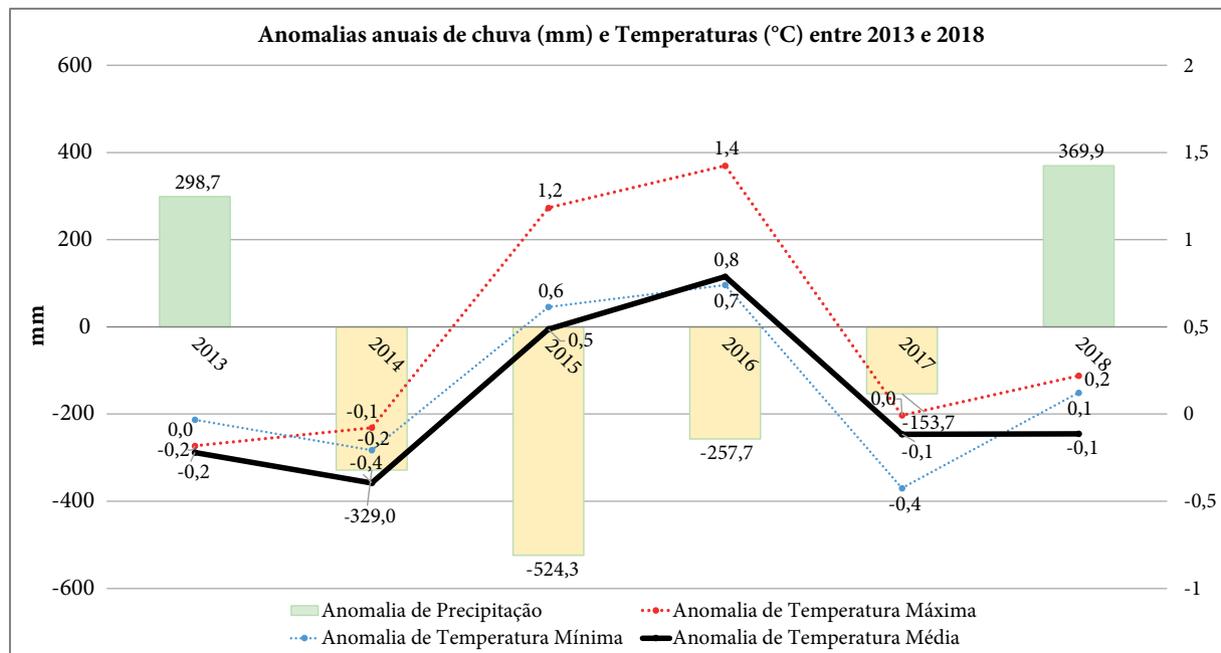


Figura 17 - Série temporal das anomalias anuais de precipitação pluviométrica (PP) em mm (colunas), temperatura máxima média (Tx) em °C (linha vermelha), temperatura mínima (Tn) em °C (linha azul) e temperatura média (Tm) em °C (linha preta) para os anos de 2013 a 2018 no Espírito Santo.

Fonte: Elaborado com os dados do Inmet e Incaper (2020).

Contudo, entre 2013 e 2018, as temperaturas anuais médias apresentaram anomalias positivas apenas nos anos de 2015 e 2016. Nos demais anos, os valores de anomalia foram inferiores ou ficaram próximos à normal climatológica (linhas da Figura 17).

Os máximos e mínimos históricos (1976-2019) das anomalias de temperatura média (°C) estão destacados na Figura 18 para o Estado do Espírito Santo.

É possível observar que o período de dois anos consecutivos com temperatura média mais alta na série ocorreu entre 2015 e 2016, contrastando com o ano mais frio da série (2011) e, também, com o período consecutivo mais frio no Estado (2011-2014), sendo que 2017 e 2018 apresentaram temperaturas próximas ao normal ou levemente abaixo da climatologia.

Isoladamente, a anomalia de temperatura média de 2016 (0,79 °C) foi igual a de 1998 no Espírito Santo, recorde anterior da série histórica.

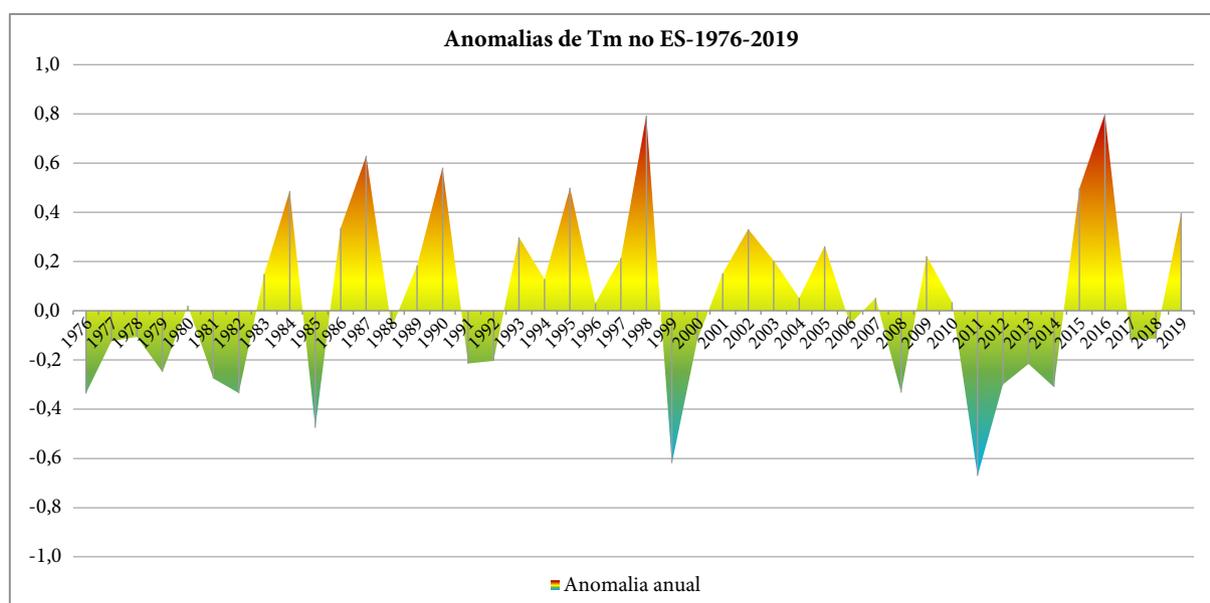


Figura 18 - Série temporal das anomalias anuais de temperatura média (Tm) em °C para os anos de 1976 a 2019 no Espírito Santo.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

3.3 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TEMPERATURAS MENSAS

As Figuras 19 a 21 mostram as médias mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas no Espírito Santo entre 2013 e 2018.

Entre janeiro de 2013 e dezembro de 2018 é possível verificar que o Estado sofreu com temperaturas máximas (em °C) muito altas entre 2015 e 2016, com destaque para o período que se estendeu da primavera de 2015 até o outono de 2016 (Figura 19). O inverno desses dois anos também teve temperaturas máximas mais altas que a normal climatológica.

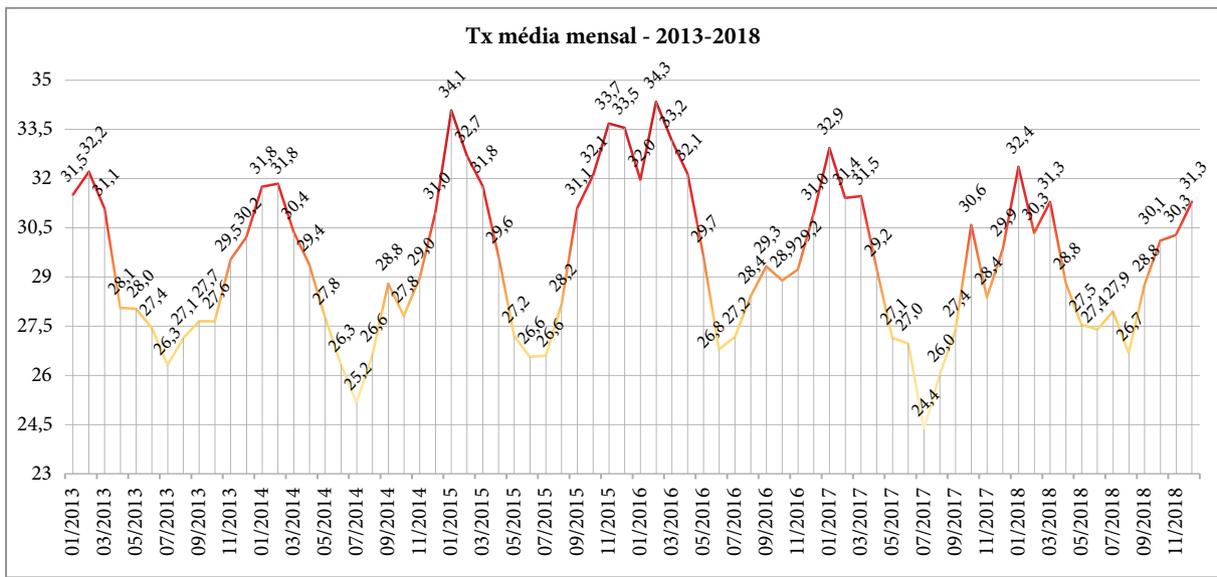


Figura 19 - Série temporal das temperaturas máximas médias mensais (Tx) em °C para o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018 no Espírito Santo.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

A Figura 20 mostra a série temporal mensal das temperaturas mínimas médias para o Espírito Santo (em °C). É possível notar que o comportamento dessa variável foi similar ao observado na série de temperaturas máximas médias, ou seja, as temperaturas mínimas estiveram mais altas que a normal climatológica durante o biênio 2015-2016, inclusive no inverno.

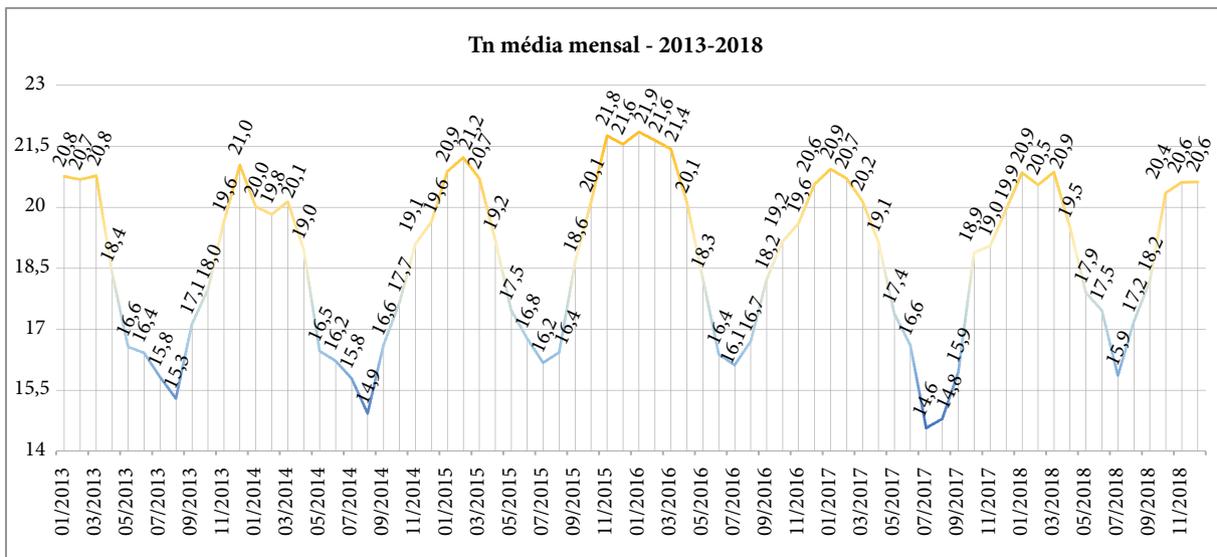


Figura 20 - Série temporal das temperaturas mínimas médias mensais (Tn) em °C para o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018 no Espírito Santo.

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

Os registros de temperatura média mensal (em °C) podem ser observados na Figura 21. Comparando os dados observados com a média mensal da série histórica representada pela linha climatológica 1976-2019, verifica-se que a temperatura se comportou de maneira similar aos máximos e mínimos médios mensais (Figuras 19 e 20), também se apresentando mais elevada que o esperado entre 2015 e 2016, mas, menos alta que a normal climatológica imediatamente anterior, em 2014 e posterior, em 2017. No caso de 2014, praticamente todos os meses apresentaram anomalias negativas. 2017 terminou um pouco mais frio que a normal climatológica no Espírito Santo devido ao inverno mais rigoroso observado na série histórica 1976-2019. A estação fria (outono-inverno) mais rigorosa da série, porém, foi a de 2011.

A análise sazonal da série histórica mostrou que a estação quente 2015-2016 (primavera-verão), porém, não foi a mais quente da série histórica.

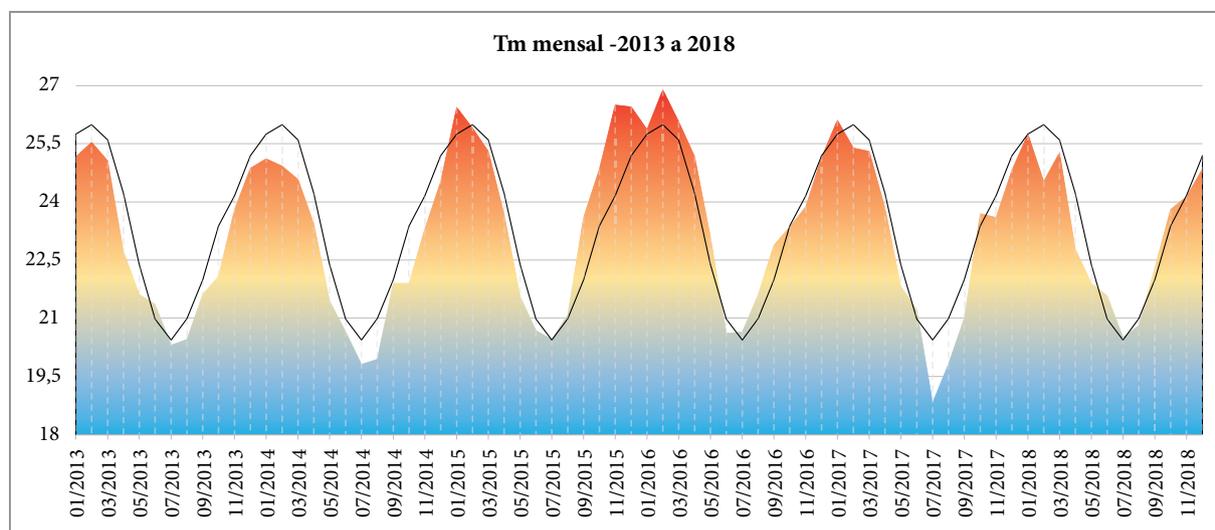


Figura 21 - Série temporal das temperaturas médias mensais (Tm) em °C para o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018 (área em cores gradientes) e temperatura média mensal (°C; 1976-2019) no Espírito Santo (curva preta).

Fonte: Elaborado com dados do Inmet (2020) e Incaper (2020).

4 CONCLUSÕES

Os dados observados mostraram que as maiores anomalias de temperatura durante a estiagem 2014-2017 ocorreram entre 2015 e 2016, com destaque para a primavera de 2015 e verão 2015-2016, quando o *El Niño* estava no seu máximo, apresentando anomalias de até 2,6 °C, de acordo com o ONI. O fenômeno teve início no trimestre setembro-outubro-novembro de 2014, com anomalias fracas (ONI menor que 1 °C), e se intensificou no final do inverno de 2015, atingindo intensidade moderada. Seu pico, como já mencionado, ocorreu entre a primavera de 2015 e o verão de 2016. O fenômeno enfraqueceu apenas no outono de 2016, se dissipando por volta do trimestre abril-maio-junho.

A anomalia de temperatura média de 2016 se igualou àquela observada em 1998 (+0,79 °C) no Estado do Espírito Santo. Contudo, o período mais quente, ocorrido em dois anos consecutivos (2015-2016), foi observado durante a estiagem 2014-2017, já que, 2015, foi o quinto ano mais quente da série histórica.

Como era de se esperar, a distribuição espacial de temperatura deixou claro que as anomalias positivas mais intensas foram observadas durante o ano hidrológico 2015-2016, especialmente devido ao calor intenso registrado durante o período chuvoso (outubro de 2015 a março de 2016). O Centro-Norte do Estado sofreu com anomalias de temperatura máxima de quase 4 °C, durante este período, que observou chuvas abaixo do normal.

O biênio excepcionalmente quente (2015-2016) foi precedido e sucedido por anos relativamente frios: período de 2011 a 2014 e 2017 a 2019. Inclusive, o recorde anual de frio da série ocorreu em 2011, quando uma *La Niña* de fraca a moderada atuou. Este fenômeno (fase fria do ENOS) teve início no inverno de 2010 e término no outono de 2012. O biênio mais frio da série histórica foi 2017-2018, especialmente devido ao frio incomum, observado durante o período seco de 2017, quando o ENOS esteve em sua fase neutra.

REFERÊNCIAS

ABBATE, P. E.; DARDANELLI, J. L.; CANTARERO, M. G.; MATURANO, M.; MELCHIORI, R. J. M.; SUERO, E. E. “Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat,” **Crop Science**, v. 44, n. 2, p. 474–483, 2004.

ALEXANDROV, V. A.; HOOGENBOOM, G. “The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria,” **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 104, n. 4, p. 315–327, 2000.

BLACK, J. R.; THOMPSON, S. R. “Some evidence on weather-crop-yield interaction,” **American Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 3, p. 540–543, 1978.

CALDERINI, D. F.; ABELEDO, L. G.; SAVIN, R.; SLAFER, G. A. “Effect of temperature and carpel size during pre-anthesis on potential grain weight in wheat,” **Journal of Agricultural Science**, v. 132, n. 4, p. 453–459, 1999.

CANTELAUBE, P.; TERRES, J. M. “Seasonal weather forecasts for crop yield modelling in Europe,” **Tellus A**, v. 57, n. 3, p. 476–487, 2005.

CHLOUPEK, O.; HRSTKOVA, P.; SCHWEIGERT, P. “Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries,” **Field Crops Research**, v. 85, n. 2-3, p. 167–190, 2004.

COELHO, C.A.S.; DE OLIVEIRA, C.P.; AMBRIZZI, T. *et al.* The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dyn* **46**, 3737–3752 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>

- CONG, R. G.; BRADY, M. “The Interdependence between Rainfall and Temperature: Copula Analyses”, **The Scientific World Journal**, v. 2012, Article ID 405675, 11 p. 2012.
- GALEANO, E. A. V.; TAQUES, R. C.; MASO, L. J.; COSTA, A. de F. S. da.; FERRÃO, R. G. Estimativa de perdas na produção agrícola capixaba em 2015. **Incaper em Revista**, Vitória, v. 6 e 7, p. 26-41, 2016.
- GALEANO, E. A. V.; VENTURA, J.A.; SOUZA, R.C.; PONTES DA SILVA, B. F. Diagnosis of the change in spatial configuration of fruticulture in the State of Espírito Santo, Brazil, in the years 2011 and 2016. **REVISTA GEOGRAFARES**, v. 29, p. 5-27, 2019.
- GLANTZ, M.H.; RAMIREZ, I.J. Reviewing the Oceanic Niño Index (ONI) to Enhance Societal Readiness for El Niño’s Impacts. *Int J Disaster Risk Sci* **11**, 394–403 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00275-w>
- INCAPER. **Coordenação de Meteorologia**, 2020. Clima. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2020.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2020. Dados Meteorológicos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021. ENOS. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 03 dez. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento da safra agrícola do Espírito Santo no ano civil – safras 2011 a 2016, dez. de 2011 a dez. de 2016. Vitória. Relatórios de pesquisa.
- LOBELL, D. B.; ASNER, G. P. “Climate and management contributions to recent trends in U.S. **Agricultural yields**,” *Science*, v. 299, n. 5609, p. 1032, 2003.
- MELLO, C. R.; LIMA, J.M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 27, p. 925-933. 2003.
- MEDORI, M.; MICHELINI, L.; NOGUES, I.; LORETO, F.; CALFAPIETRA, C. “The impact of root temperature on photosynthesis and isoprene emission in three different plant species,” **The Scientific World Journal**, vol. 2012, Article ID 525827, 10 p, 2012.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R.; BENNETT, J. M. “Temperature and solar-radiation effects on potential maize yield across locations,” **Agronomy Journal**, v. 82, n. 2, p. 338–343, 1990.
- OLESEN, J. E.; BINDI, M. “Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy,” **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 4, p. 239–262, 2002.
- RUNGE, E. C. A. “Effects of rainfall and temperature interactions during the growing season on corn yield,” **Agronomy Journal**, v. 60, n. 5, p. 503–507, 1968.

Apoio



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

*Secretaria da Ciência, Tecnologia,
Inovação e Educação Profissional*



Realização



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

*Secretaria da Agricultura,
Abastecimento, Aquicultura e Pesca*



Acesse gratuitamente a produção
editorial do Incaper.



DOI: 10.54682/livro.9788589274494