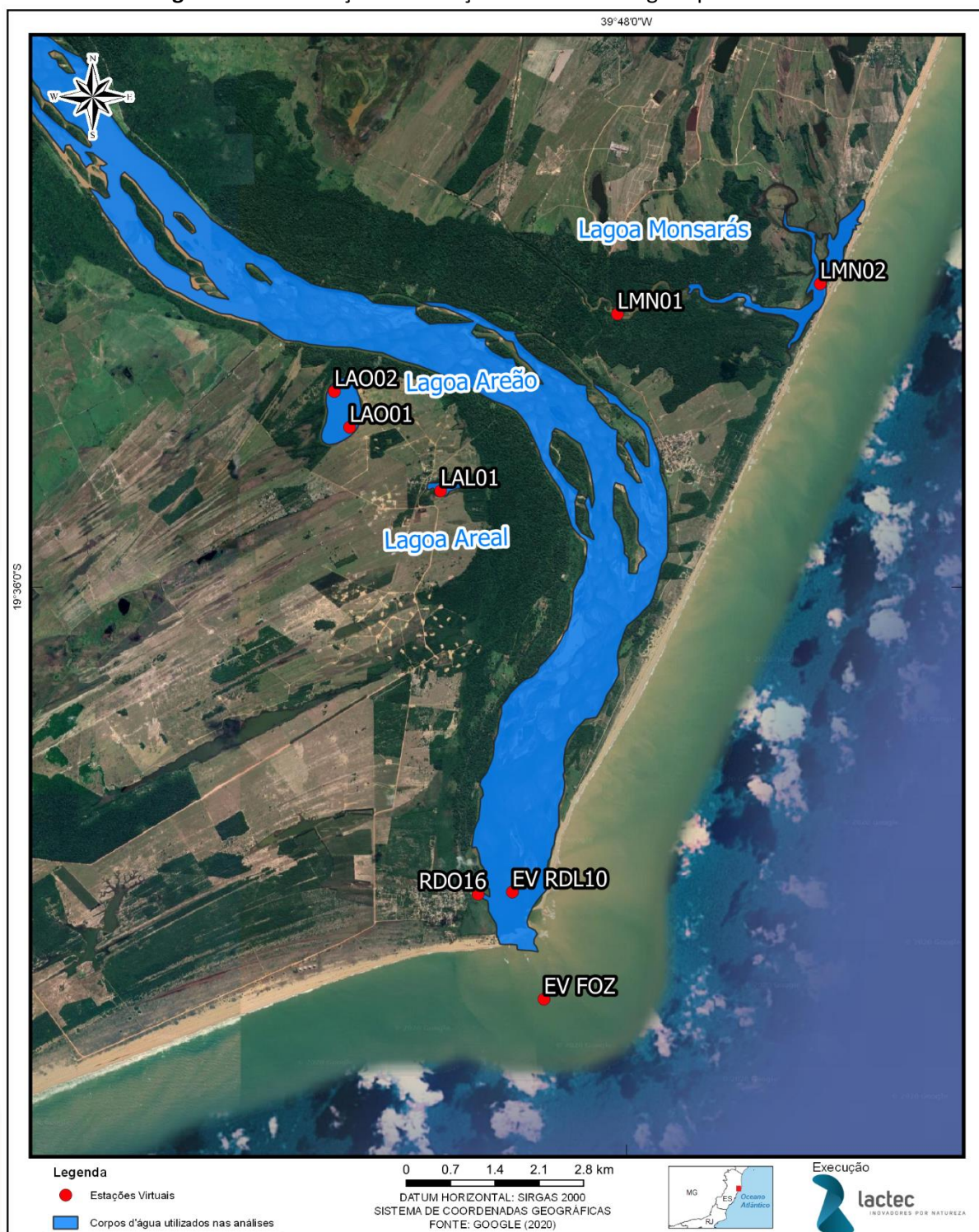
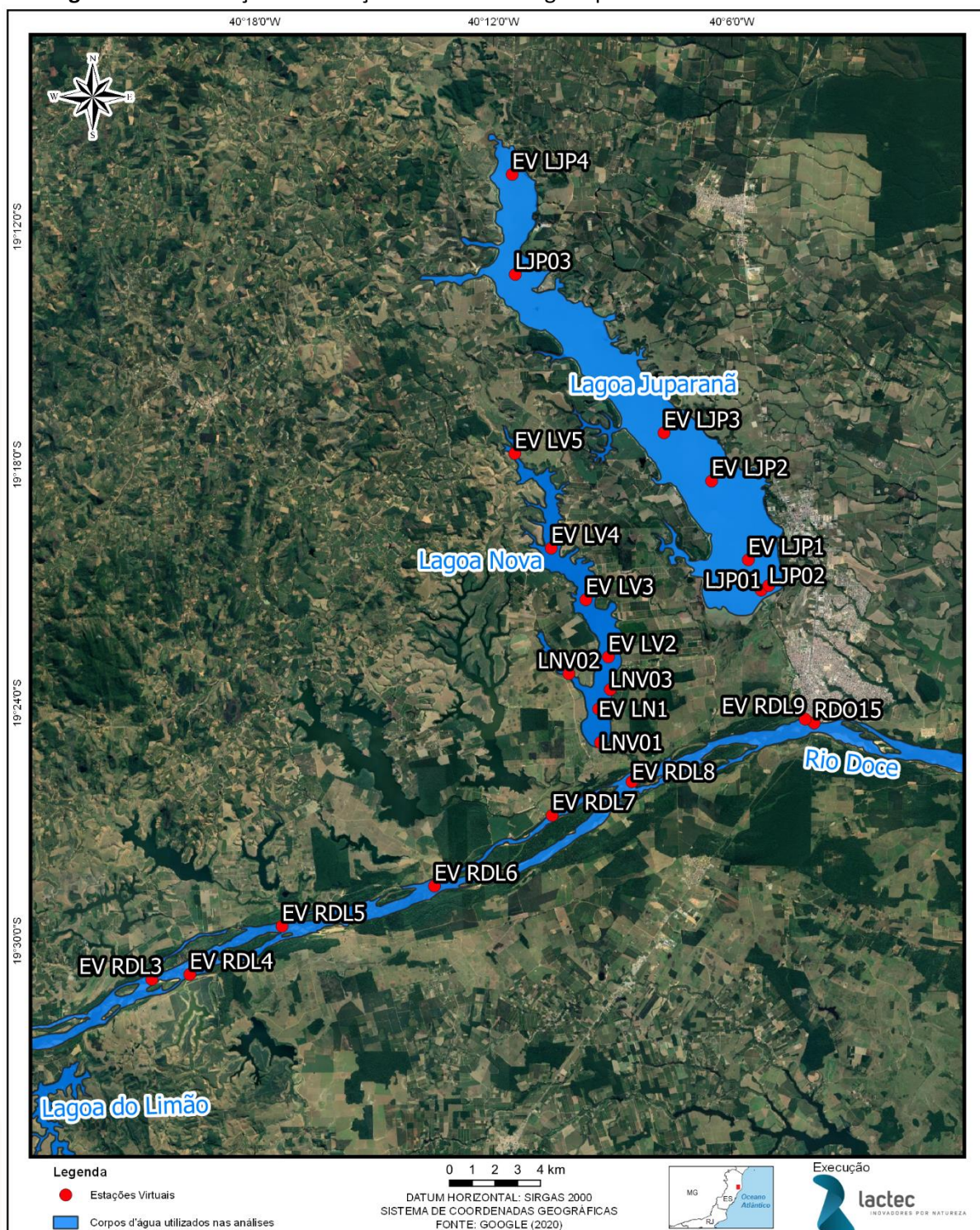


**Figura 44** - Localização das estações virtuais nas lagoas próximas à foz.



Fontes: Lactec, DigitalGlobe (2020).

Figura 45 - Localização das estações virtuais nas lagoas próximas a área urbana de Linhares.



Fontes: Lactec, DigitalGlobe (2020).

A série histórica compreende dados desde 1987 para essas áreas, em um total de 751 imagens, sendo 315 do Landsat-5 (1987 até 2011), 302 do Landsat-8 (desde 2013) e 134 do Sentinel-2 (desde 2016). Os dados das missões Landsat são coletados com periodicidade mínima de 16 dias, enquanto da missão Sentinel-2 a periodicidade é de 5 dias. A partir dos polígonos das estações virtuais, os dados

foram extraídos para todas as imagens utilizando um script na linguagem de programação *python*. Os resultados foram plotados em gráficos de dispersão para cada estação e cada parâmetro referentes às datas das imagens.

### 5.3.2 RESULTADOS OBTIDOS NA AVALIAÇÃO DO EFEITO NAS LAGOAS

Os resultados das análises dos dados indicadores de qualidade da água obtidos por imagens orbitais, as análises das imagens e também dos gráficos das séries históricas são apresentados nessa seção.

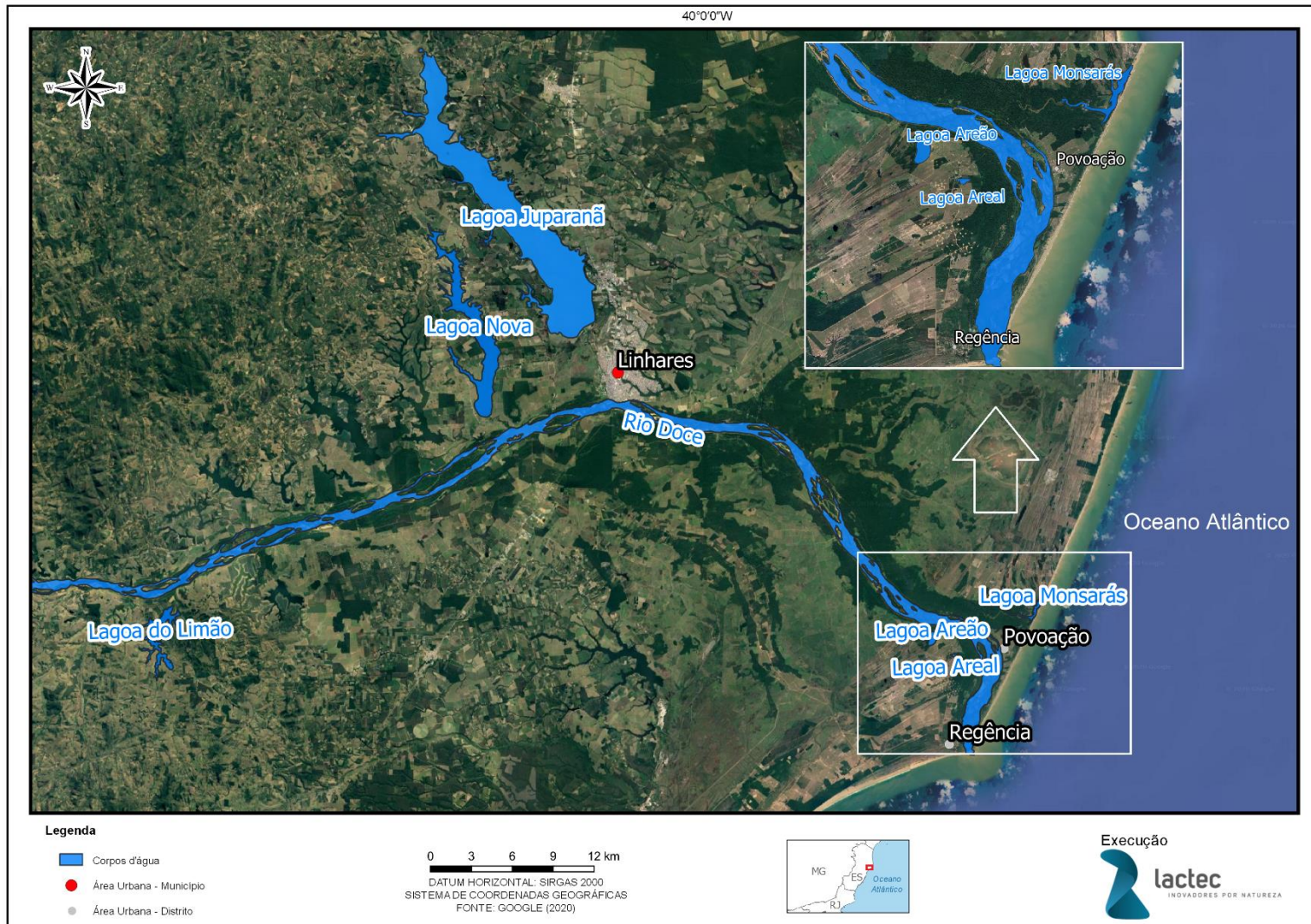
#### 5.3.2.1 Análise das Imagens das Cheias

As imagens com suporte no sistema MIP da EOMAP, elencadas na Tabela 9, foram processadas no sistema e os dados de turbidez foram analisados para as imagens com menor cobertura de nuvens anteriores e posteriores aos eventos.

Foram avaliados o possível aumento de turbidez causado pelo acréscimo da cota do rio Doce nas seguintes lagoas: Limão, Nova, Juparanã, Areão e Areal. A Figura 46 ilustra a localização dessas lagoas.

Além disso, foram testadas as correlações entre os dados de turbidez entre as estações virtuais das lagoas mais próximas do rio com as estações no rio.

**Figura 46 - Localização das lagoas analisadas.**

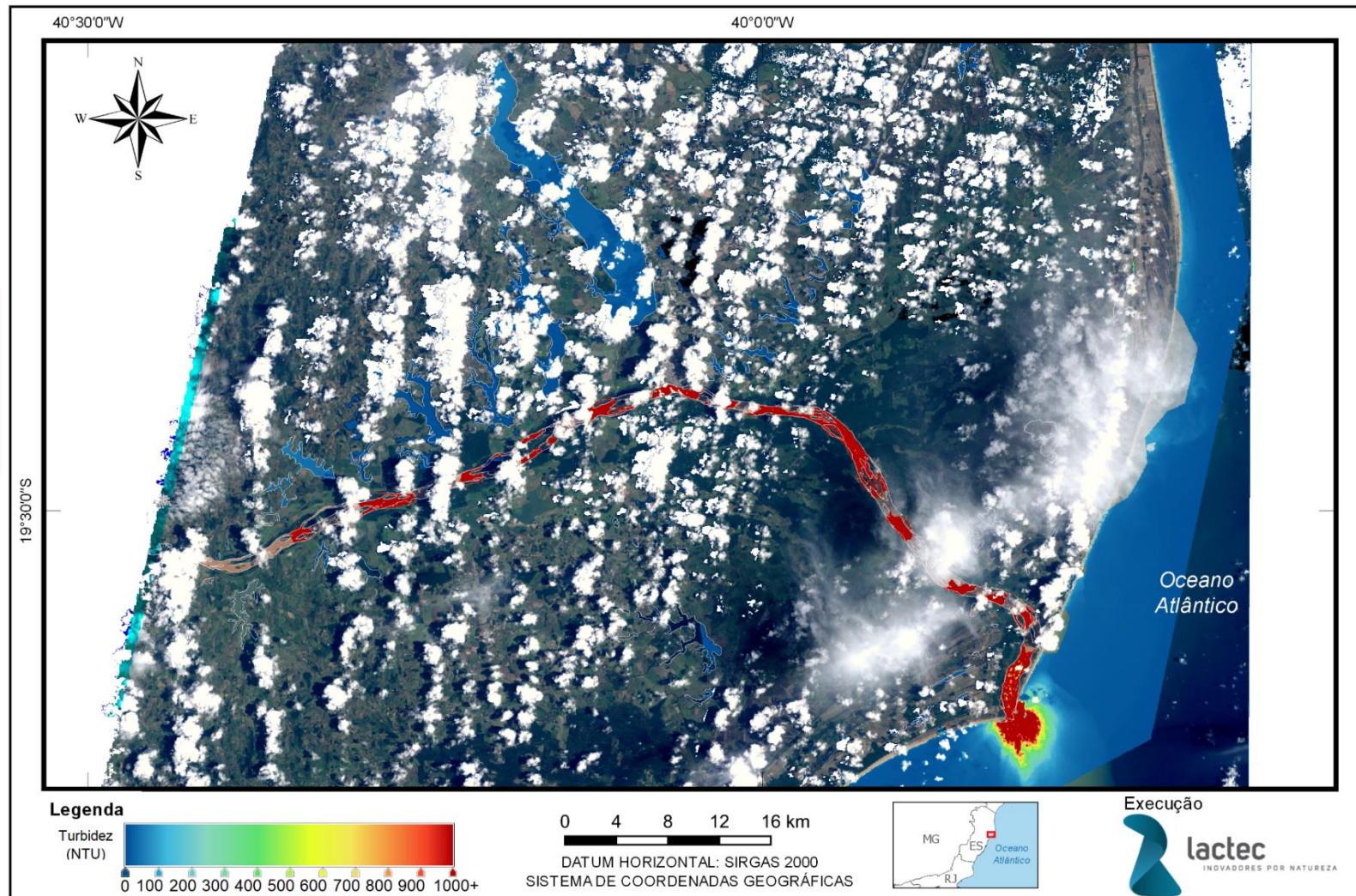


Fontes: Lactec, DigitalGlobe (2020).

#### 5.3.2.1.1 *Cheia de 1997*

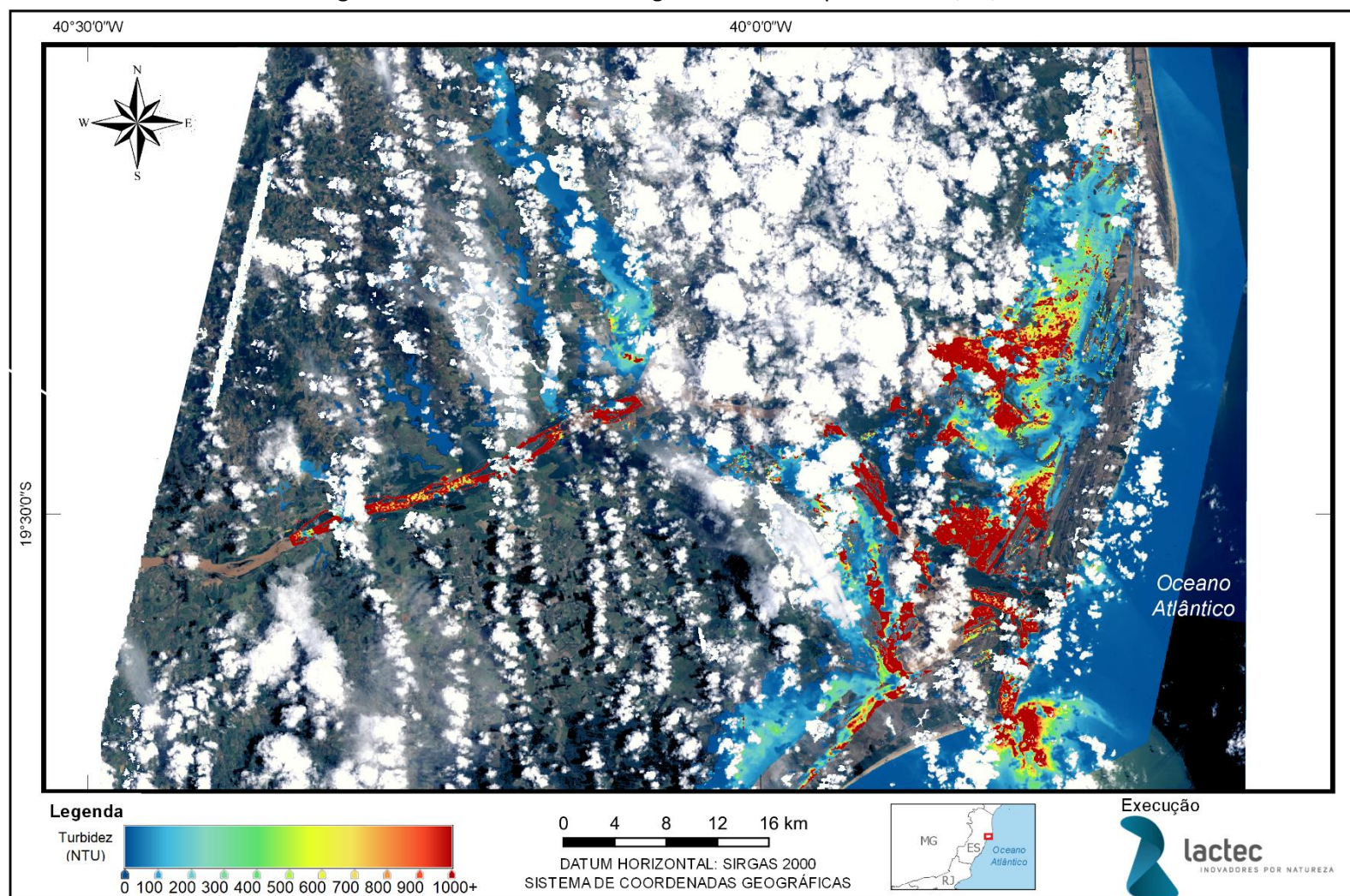
A cota máxima observada nesse evento para a estação fluviométrica de Colatina foi de 799 cm, sendo 209 cm superior à cota máxima da cheia de 2016. Esse valor de cota ocorreu no dia 07/01/1997, sendo as imagens da missão Landsat-5 mais próximas a essa data aquelas relativas aos dias 27/12/1996 e 12/01/1997. A Figura 47 (27/12/1996) e a Figura 48 (12/01/1997) mostram os dados de turbidez para ambas as imagens.

**Figura 47** - Cheias de 1997 – imagem de turbidez para o dia 27/12/1996.



Fonte: Lactec (2020).

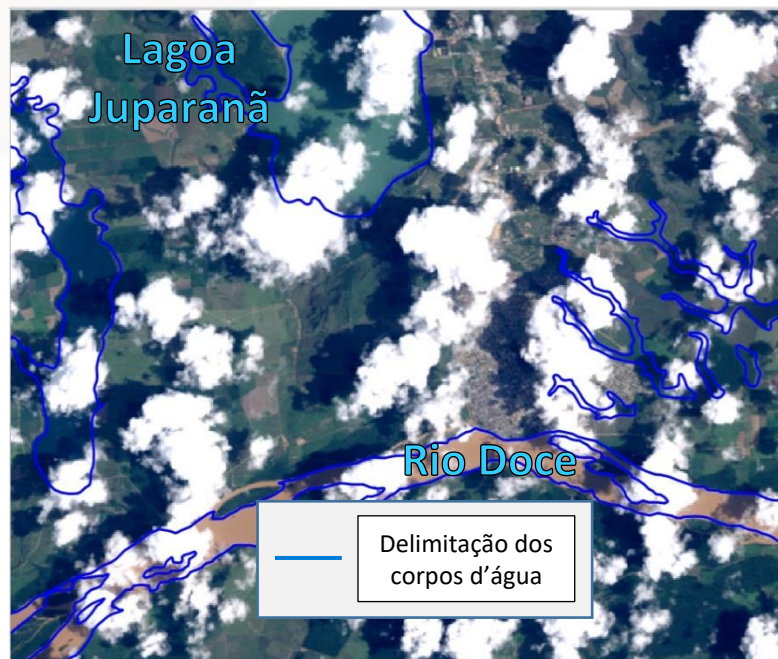
**Figura 48** - Cheias de 1997 – Imagem de turbidez para o dia 12/01/1997.



Fonte: Lactec (2020).

A alta cobertura de nuvens impossibilita o cálculo da área total de inundação, entretanto, é possível observar o aumento de áreas alagadas no entorno do rio Doce. Os valores apresentados na imagem foram limitados a 1000 NTU para fosse possível observar as mudanças nos valores das lagoas, pois a turbidez nas áreas alagadas e no rio excedem de forma expressiva esse limiar.

**Figura 49** - Área de inundação entre o rio Doce e a lagoa Juparanã (rio Pequeno) antes das cheias de 1997.



Fontes: Lactec, USGS (2020).

A Figura 49 ilustra a situação na região da área urbana de Linhares (ES) no rio Pequeno, localizado entre a lagoa Juparanã e o rio Doce, na data de 27/12/1996, antes do evento de 1997. Observou-se durante as análises que essa área geralmente é inundada durante os eventos de cheia (nas seções seguintes isso será explorado também), o que aconteceu durante esse evento, conforme mostra a Figura 50.

**Figura 50** - Área de inundação entre o rio Doce e a lagoa Juparanã (rio Pequeno) depois das cheias de 1997.



Fontes: Lactec, USGS (2020).

**Figura 51** - Lagoas Areão e Areal após as cheias de 1997.



Fontes: Lactec, USGS (2020).

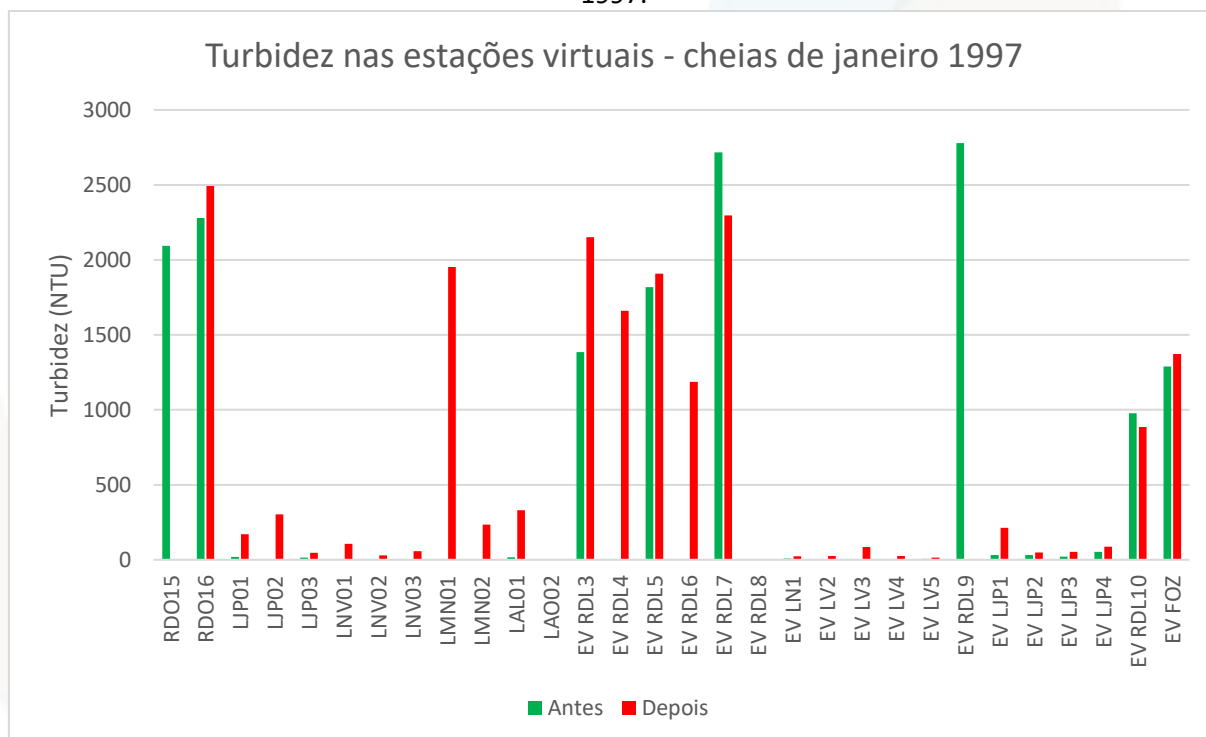
A Figura 51 mostra a situação próxima a foz após a cheia. Nota-se um acréscimo significativo na área das lagoas. Os valores de turbidez não puderam ser extraídos para a lagoa do Areão, entretanto, na imagem antes das cheias o valor registrado na lagoa do Areal foi de 16 NTU e depois foi de 330 NTU, conforme na Tabela 11 (Ponto LAL01).

A Tabela 11 e a Figura 52 mostram os dados extraídos para ambas as imagens nas estações virtuais definidas na Tabela 10.

**Tabela 11** - Comparação entre os dados de turbidez das estações virtuais antes e depois das cheias de 1997.

| Estação                                | Antes   | Depois  | Diferença | Estação  | Antes   | Depois  | Diferença |
|----------------------------------------|---------|---------|-----------|----------|---------|---------|-----------|
| RDO15                                  | 2092.76 | -       | -         | EV RDL6  | -       | 1187.06 | -         |
| RDO16                                  | 2279.20 | 2493.18 | 213.98    | EV RDL7  | 2716.33 | 2296.89 | -419.44   |
| LJP01                                  | 19.92   | 170.20  | 150.27    | EV RDL8  | -       | -       | -         |
| LJP02                                  | 4.39    | 303.70  | 299.31    | EV LN1   | 7.42    | 24.22   | 16.81     |
| LJP03                                  | 15.09   | 46.22   | 31.13     | EV LV2   | 0.39    | 25.03   | 24.64     |
| LVN01                                  | -       | 106.30  | -         | EV LV3   | -       | 85.85   | -         |
| LVN02                                  | 1.41    | 28.68   | 27.27     | EV LV4   | -       | 25.81   | -         |
| LVN03                                  | -       | 56.63   | -         | EV LV5   | 6.66    | 15.39   | 8.73      |
| LMN01                                  | -       | 1953.54 | -         | EV RDL9  | 2779.06 | -       | -         |
| LMN02                                  | -       | 234.87  | -         | EV LJP1  | 31.60   | 212.12  | 180.52    |
| LAL01                                  | 16.19   | 330.53  | 314.34    | EV LJP2  | 31.31   | 49.45   | 18.13     |
| LAO01                                  | -       | > 5000  | -         | EV LJP3  | 22.00   | 52.90   | 30.90     |
| LAO02                                  | -       | -       | -         | EV LJP4  | 52.56   | 88.20   | 35.64     |
| EV RDL3                                | 1385.56 | 2150.2  | 764.68    | EV RDL10 | 977.88  | 885.82  | -92.06    |
| EV RDL4                                | -       | 1661.21 | -         | EV FOZ   | 1288.23 | 1372.46 | 84.23     |
| EV RDL5                                | 1817.18 | 1907.99 | 90.80     |          |         |         |           |
| Total de estações com valores maiores: |         |         |           | 16       |         |         |           |
| Total de estações com valores menores: |         |         |           | 2        |         |         |           |

**Figura 52** - Comparação dos dados de turbidez para as estações de turbidez durante as cheias de 1997.



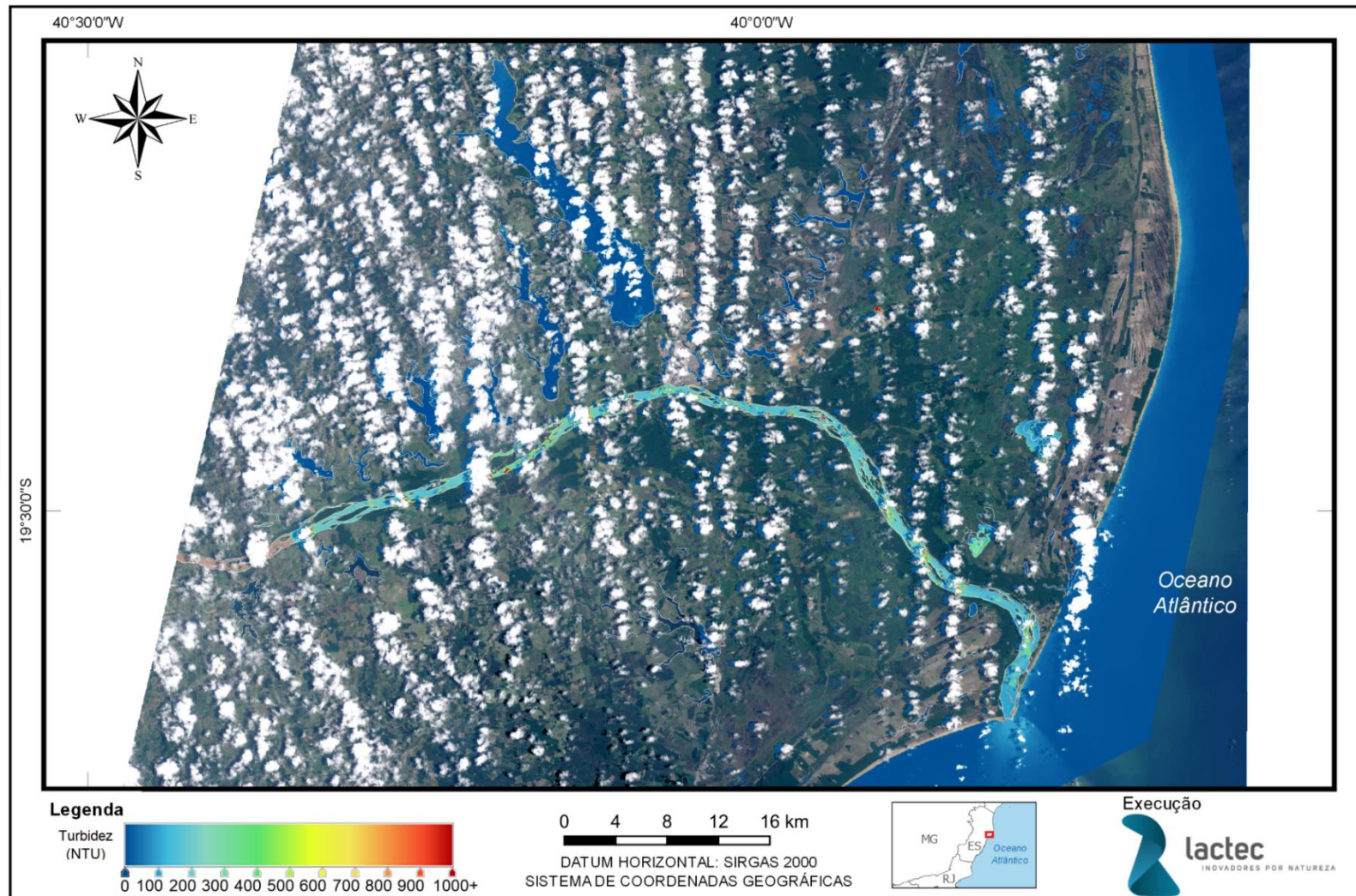
Fontes: Lactec, EOMAP (2020).

A grande maioria dos dados comparados tiveram os valores de turbidez superiores aqueles dos dias antes das cheias. Nos dois pontos onde a turbidez diminuiu entre as duas datas os valores em si já eram altos (em torno de 900 NTU para o ponto EV RDL10 e acima de 2000 NTU para o EV RDL7). Devido às condições atmosféricas, os dados na lagoa Nova não puderam ser comparados. Entretanto, na lagoa maior, a Juparanã, foi possível se comparar a maioria dos pontos. Foi verificado que, nessa lagoa, os pontos mais próximos ao rio Doce foram os que tiveram um acréscimo mais significativo dos valores de turbidez: EV LJP1 com acréscimo de 180 NTU; LJP02 com acréscimo de 299 NTU; LJP01 com acréscimo de 150 NTU. A hipótese que as águas do rio Doce possam ter entrado na lagoa Juparanã nesse evento é reforçada com esses dados.

#### 5.3.2.1.2 *Cheia de 2013*

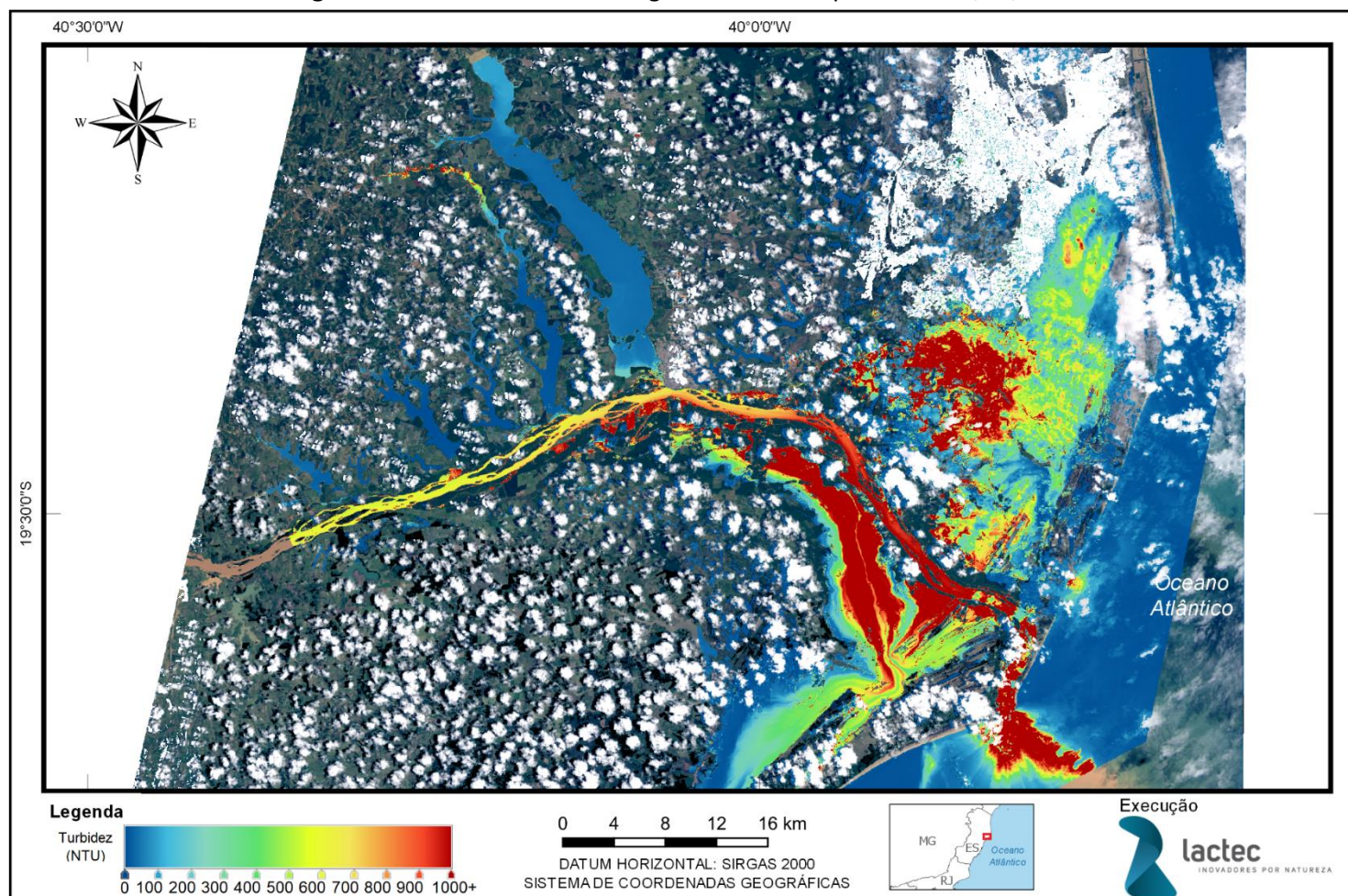
A cota máxima observada no evento de 2013 para a estação fluviométrica de Colatina foi de 890 cm, 300 cm superior à cota máxima da cheia de 2016. Esse valor de cota ocorreu no dia 24/12/2013, sendo as imagens da missão Landsat-8 mais próximas a essa data aquelas relativas aos dias 10/12/2013 e 26/12/2013. A Figura 53 (10/12/2013) e a Figura 54 (26/12/2013) mostram os dados de turbidez para ambas as imagens.

**Figura 53** - Cheias de 2013 – Imagem de turbidez para o dia 10/12/2013.



Fonte: Lactec (2020).

**Figura 54** - Cheias de 2013 – Imagem de turbidez para o dia 26/12/2013.



Fonte: Lactec (2020).

Apesar da grande cobertura de nuvens, é possível observar que a área inundada foi significativamente superior ao evento de 1997. Do que foi possível medir, a estimativa é em torno de 80 km<sup>2</sup> de área alagada. Novamente, a diferença dos valores de turbidez entre as duas datas é significativa, afirmação reforçada pelos resultados extraídos nos pontos das estações virtuais, conforme mostra a Figura 58 e a Tabela 12. Foi possível observar também, de forma mais evidente, a área alagada entre o rio Doce e a lagoa Juparanã no rio Pequeno, adjacente à área urbana de Linhares (ES), conforme a Figura 55.

**Figura 55** - Área de inundação entre o rio Doce e a lagoa Juparanã (rio Pequeno) antes e depois das cheias de 2013.



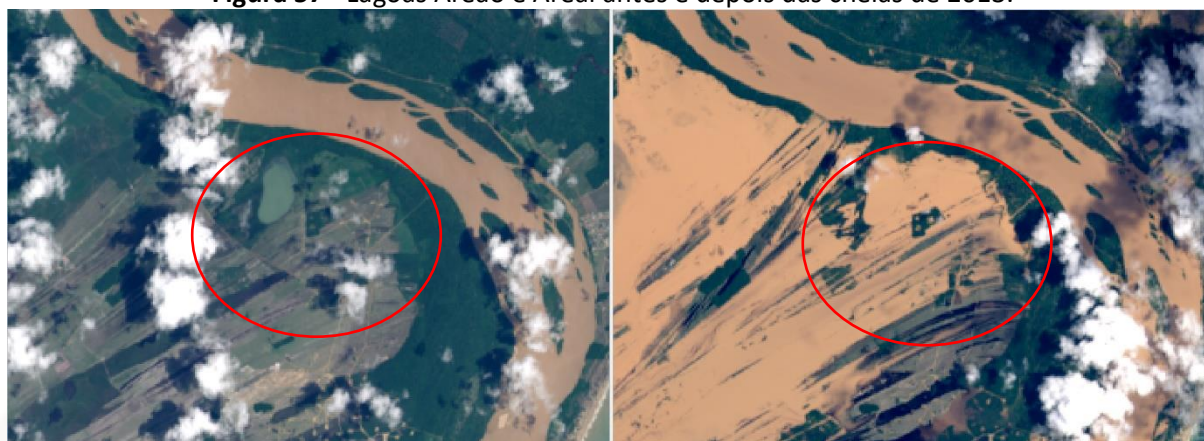
Fontes: Lactec, EOMAP (2020).

Observou-se, também, um incremento na área alagada entre o rio Doce e a lagoa Nova, conforme demonstra as figuras (Figura 56 e Figura 57), além das áreas alagadas nas lagoas Areão e Areal.

**Figura 56** - Área entre a lagoa Nova e o rio Doce antes e depois das cheias de 2013.



Fontes: Lactec, EOMAP (2020).

**Figura 57** - Lagoas Areão e Areal antes e depois das cheias de 2013.

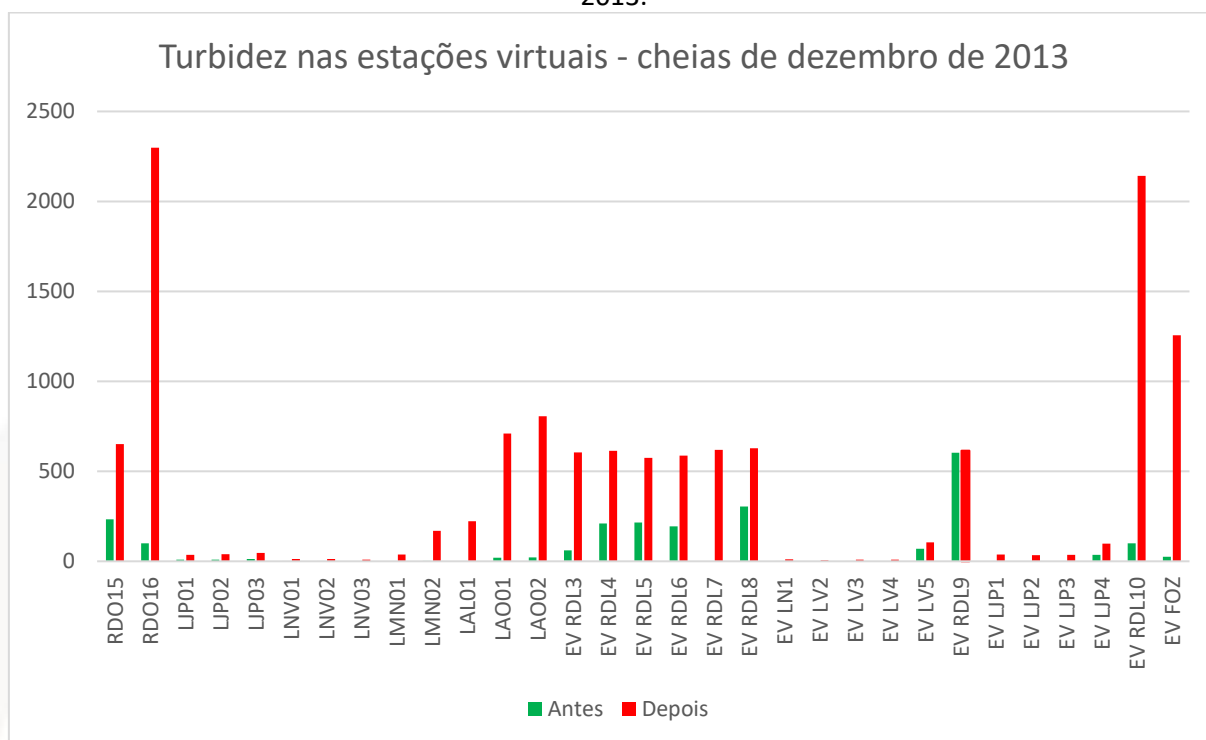
Fontes: Lactec, EOMAP (2020).

Para fins de verificação do incremento nos valores de turbidez, os dados extraídos nas imagens, pelos pontos das estações virtuais, são apresentados a seguir (Tabela 12 e Figura 58).

**Tabela 12** - Comparação entre os dados de turbidez das estações virtuais antes e depois das cheias de 2013.

| Estação                                | Antes  | Depois  | Diferença | Estação  | Antes  | Depois  | Diferença |
|----------------------------------------|--------|---------|-----------|----------|--------|---------|-----------|
| RDO15                                  | 233.35 | 650.61  | 417.26    | EV RDL6  | 194.74 | 588.02  | 393.28    |
| RDO16                                  | 100.72 | 2299.23 | 2198.51   | EV RDL7  | -      | 619.01  | -         |
| LJP01                                  | 9.80   | 36.54   | 26.74     | EV RDL8  | 304.65 | 628.22  | 323.57    |
| LJP02                                  | 9.04   | 39.31   | 30.27     | EV LN1   | 0.04   | 10.08   | 10.03     |
| LJP03                                  | 12.80  | 46.43   | 33.64     | EV LV2   | -      | 5.52    | -         |
| LVN01                                  | 0.42   | 13.01   | 12.59     | EV LV3   | 1.77   | 8.95    | 7.17      |
| LVN02                                  | 0.01   | 12.86   | 12.85     | EV LV4   | -      | 8.92    | -         |
| LVN03                                  | -      | 8.37    | -         | EV LV5   | 69.33  | 104.44  | 35.11     |
| LMN01                                  | -      | 37.29   | -         | EV RDL9  | 602.86 | 614.77  | 11.91     |
| LMN02                                  | 2.46   | 169.65  | 167.19    | EV LJP1  | -      | 38.15   | -         |
| LAL01                                  | -      | 222.81  | -         | EV LJP2  | -      | 34.87   | -         |
| LAO01                                  | 20.51  | 709.94  | 689.43    | EV LJP3  | -      | 35.70   | -         |
| LAO02                                  | 21.40  | 805.92  | 784.52    | EV LJP4  | 36.28  | 97.88   | 61.60     |
| EV RDL3                                | 60.07  | 605.58  | 545.51    | EV RDL10 | 99.53  | 2141.20 | 2041.67   |
| EV RDL4                                | 209.80 | 614.03  | 404.23    | EV FOZ   | 25.82  | 1256.66 | 1230.83   |
| EV RDL5                                | 215.07 | 574.29  | 359.22    |          |        |         |           |
| Total de estações com valores maiores: |        |         |           | 22       |        |         |           |
| Total de estações com valores menores: |        |         |           | 0        |        |         |           |

**Figura 58** - Comparação dos dados de turbidez para as estações de turbidez durante as cheias de 2013.



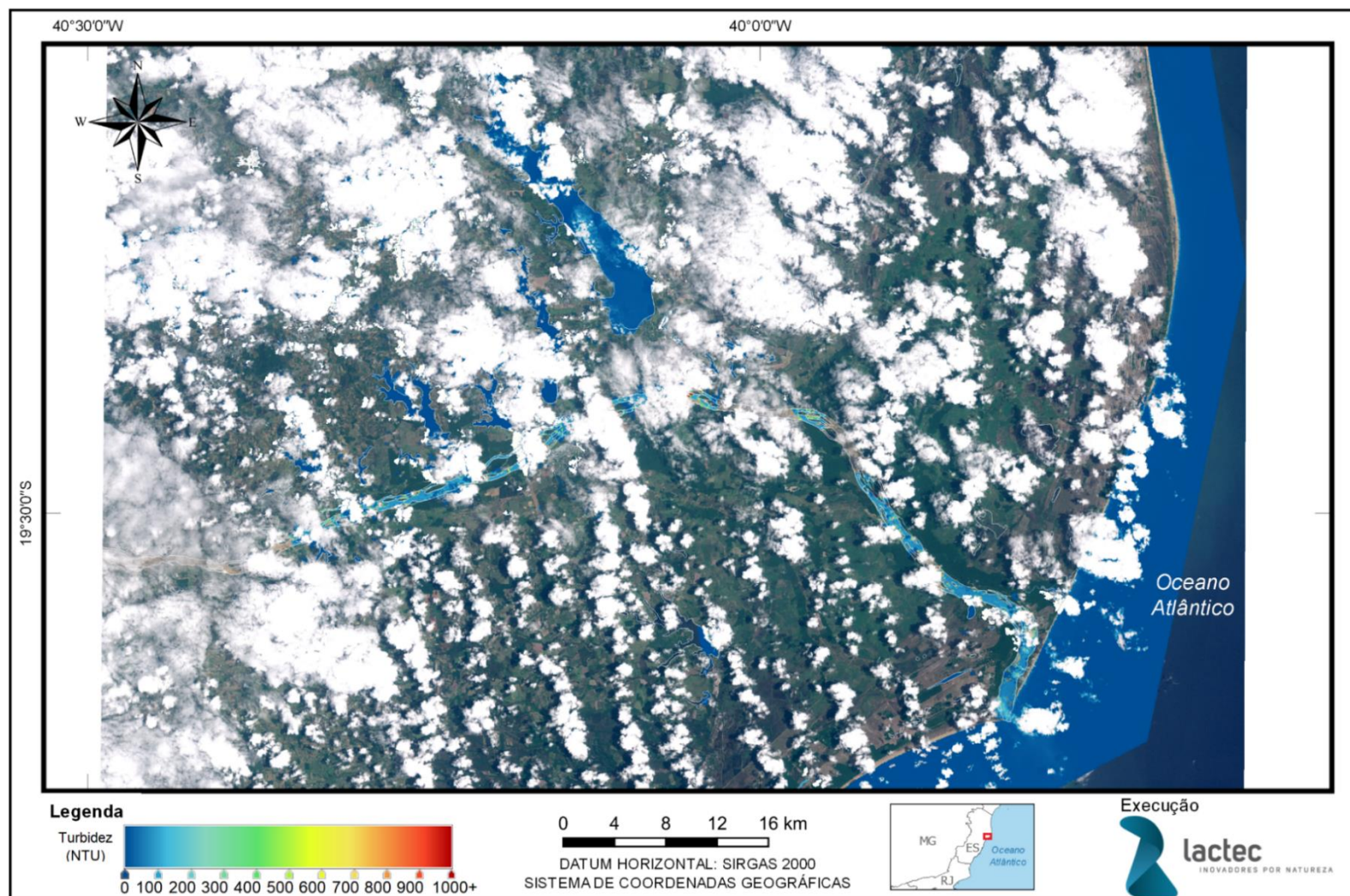
Fontes: Lactec, EOMAP (2020).

Ao contrário do que foi observado em 1997, os valores de turbidez na lagoa Juparanã (EV LJP1 à EV LJP4; LJP01 à LJP03) não se alteraram de forma significativa. Entretanto, é possível que a área alagada entre o rio Doce e a lagoa, ocasionada pelo aumento do nível de base do rio, tenha servido como uma área de “amortecimento”, o que resultou na concentração dos sedimentos em suspensão e, como consequência, sua deposição na área em questão. Os pontos da lagoa Nova (EV LN1 e LNV01) próximos ao rio Doce não tiveram nenhum acréscimo significativo se comparado com os valores normais para a área (conforme a Tabela 12), com exceção do ponto EV LV5 que fica mais a montante da lagoa. Nos demais pontos os valores de turbidez foram superiores após a cheia.

#### 5.3.2.1.3 Cheia de 2020

A cota máxima observada no evento de 2020 para a estação fluviométrica de Colatina foi de 752 cm, sendo 162 cm superior à cota máxima da cheia de 2016. Esse valor de cota ocorreu no dia 28/01/2020, sendo as imagens da missão Sentinel-2 mais próximas a essa data aquelas relativas aos dias 16/01/2020 e 31/01/2020. Na Figura 59 (16/01/2020) e na Figura 60 (31/01/2020), apresentam-se os dados de turbidez para ambas as imagens.

**Figura 59** - Cheias de 2020 – Imagem de turbidez para o dia 16/01/2020.



Fontes: Lactec (2020).