



# **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA**

## **PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS: ESTUDO DE CASO DOS PORTOS DE BELÉM E BARCARENA/PA PA**

DISCENTE: ITALO MACHADO CORRÊA

ORIENTADOR PROF.DR NEYSON MARTINS MENDONÇA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**BELÉM (2023)**





UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL  
MESTRADO PROFISSIONAL

ITALO MACHADO CORRÊA

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS  
SUPERFICIAIS: ESTUDO DE CASO DOS PORTOS DE BELÉM E BARCARENA/PA**

BELÉM  
2023



ITALO MACHADO CORRÊA

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUAS  
SUPERFICIAIS: ESTUDO DE CASO DOS PORTOS DE BELÉM E BARCARENA/PA**

Produto Bibliográfico apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – PPGESA, do Campus de Belém, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Dr. Neyson Martins Mendonça

BELÉM  
2023



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

C824p Corrêa, Ítalo Machado.  
PLATAFORMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE  
DE ÁGUAS SUPERFICIAIS: ESTUDO DE CASO DOS PORTOS  
DE BELÉM E BARCARENA/PA / Ítalo Machado Corrêa. — 2019.  
132 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Neyson Martins Mendonça  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 2019.

1. Monitoramento Ambiental. 2. Plataforma digital. 3.  
Águas Superficiais. I. Título.

CDD 628.0285

---





**ITALO MACHADO CORRÊA**

PTT (PRODUTO BIBLIOGRÁFICO) APRESENTADO AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGESA/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.

Data da avaliação: 15/08/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Neyson Martins Mendonça, Dr. em Hidráulica e Saneamento  
(PPGESA/ITEC/UFPA - Orientador)

---

Prof. José Galiza Tundisi, Dr. Em Ciências Botânicas  
(PPGRN-UFSCAR - Membro)

---

Prof. Augusto Cesar Fonseca Saraiva, Dr. em Engenharia Elétrica  
(Environ SP – Membro)

**BELÉM**

**2023**



## **Agradecimentos**

Gostaria de dedicar este espaço para expressar minha sincera gratidão àqueles que foram fundamentais nessa etapa:

Ao meu querido filho, Valentim, você foi minha fonte constante de motivação e inspiração.

À minha querida mãe e à minha esposa, o amor e o apoio de vocês foram essenciais para este momento.



## Resumo

A água é o insumo essencial para a vida e para diversas atividades humana. Com o advento da Revolução industrial, trouxe vários benefícios para a humanidade, entretanto gerou alguns custos como, por exemplo, a poluição das águas. Um dos instrumentos para frear a contaminação das águas é a gestão ambiental a partir do monitoramento da qualidade das águas baseadas em leis e indicadores ambientais. Para controlar e rastrear dados para monitoramento da qualidade da água, nos últimos anos tem-se aplicado os princípios da indústria 4.0, considerada a quarta revolução industrial. O surgimento dessas tecnologias direcionadas ao monitoramento das águas apresenta benefícios para gestores e tomadores de decisões, no auxílio a despeito da avaliação da qualidade dos recursos hídricos, permitindo uma abordagem com maior eficiência e confiabilidade nas informações coletadas. À vista disso, este estudo desenvolveu uma plataforma digital de monitoramento e diagnóstico de dados voltados para controle ambiental de águas superficiais com o intuito de suprir a grande quantidade de dados derivados de grandes cidades como Belém e Barcarena, para auferir a funcionalidade da ferramenta foi escolhido áreas dessas cidades que são sinônimo do crescimento econômico e social – os portos. Para obtenção da plataforma foi utilizado a linguagem JavaScript, para o sistema web e armazenamento em nuvem utilizou-se a parte de back-end da Azure e front-end da Netlify. A plataforma *E-quality* visa suprir a lacuna sobre o armazenamento de informações, deliberando de forma facilitada e dinâmica os resultados de monitoramento. Avaliando o comportamento dos resultados durante os meses e anos através da série histórica, calculando os índices ambientais, como IQA e IET, a partir do banco de dados existente. Além disso, filtra os erros grosseiros como os erros de data, limite de quantificação, prazo de validade dos ensaios e compara os resultados com a legislação pertinente.

**Palavras-chaves:** Monitoramento ambiental, Plataforma Digital, Águas superficiais.



## Abstract

Water is the essential input for life and various human activities. With the advent of the Industrial Revolution, it brought numerous benefits to humanity; however, it also incurred costs, such as water pollution. One of the tools to curb water contamination is environmental management based on water quality monitoring, guided by laws and environmental indicators. To control and track data for water quality monitoring, the principles of Industry 4.0, considered the fourth industrial revolution, have been applied in recent years. The emergence of these technologies dedicated to water monitoring brings benefits to managers and decision-makers, aiding in the assessment of water resource quality. This allows for a more efficient and reliable approach to collected information. In light of this, this study developed a digital platform for monitoring and diagnosing data related to the environmental control of surface waters. The goal was to address the vast amount of data derived from large cities like Belém and Barcarena. To evaluate the functionality of the tool, areas synonymous with economic and social growth - ports - were chosen in these cities. The platform was created using JavaScript for the web system, and cloud storage utilized the Azure backend and Netlify frontend. The E-quality platform aims to fill the gap in information storage, providing monitoring results in an easy and dynamic manner. By evaluating the behavior of results over months and years through historical data, calculating environmental indices such as IQA and IET from the existing database, the platform assesses and filters gross errors, such as date errors, quantification limits, and assay expiration dates. It also compares the results with relevant legislation.

**Keywords:** Environmental Monitoring, Digital Platform, Surface Waters.



## Lista de ilustrações

<u>Figura 1: Print retirado da plataforma de monitoramento ambiental .....</u>	<u>23</u>
<u>Figura 2: Importação de planilha.....</u>	<u>24</u>
<u>Figura 3: Cadastrar Ponto .....</u>	<u>24</u>
<u>Figura 4: Cadastrar Dados. ....</u>	<u>25</u>
<u>Figura 5: Cadastrar Dados Visualização .....</u>	<u>26</u>
<u>Figura 6: Valores Máximos na Plataforma.....</u>	<u>29</u>
<u>Figura 7. Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.....</u>	<u>32</u>
<u>Figura 8: Dados de IQA. ....</u>	<u>33</u>
<u>Figura 9: Dados de IET .....</u>	<u>39</u>
<u>Figura 10: Dados de resultado de magnésio através de gráficos e imagens.....</u>	<u>40</u>
<u>Figura 11: Print da média, maior e menor valor do fluoreto – dados gerados na plataforma de campanha realizada.....</u>	<u>41</u>
<u>Figura 12: Print de como criar uma série histórica.....</u>	<u>42</u>
<u>Figura 13: Print de série histórica.....</u>	<u>42</u>
<u>Figura 14: Print de como criar relatório .....</u>	<u>46</u>
<u>Figura 15: Print de como editar capa e introdução.....</u>	<u>46</u>
<u>Figura 16: Print de como editar metodologia e resultados .....</u>	<u>47</u>
<u>Figura 17: Print de como editar conclusão e referências.....</u>	<u>47</u>
<u>Figura 18: Pedido de registro junto ao INPI.....</u>	<u>48</u>
<u>Figura 19: Campo de atuação e tipo de programa aderidos junto ao INPI.....</u>	<u>50</u>
<u>Figura 20: Regime de oscilação de marés no Porto de Belém/PA .....</u>	<u>52</u>
<u>Figura 21: Série histórica de precipitação e climatológica de Belém/PA .....</u>	<u>53</u>
<u>Figura 22: Regime de oscilação de marés no Porto Vila do Conde, Barcarena/PA.....</u>	<u>54</u>
<u>Figura 23: Série histórica de precipitação e climatológica de Barcarena/PA.....</u>	<u>55</u>
<u>Figura 24: Localização da área de estudo.....</u>	<u>56</u>
<u>Figura 25: Localização da área de estudo.....</u>	<u>58</u>
<u>Figura 26: Script de série histórica em Javascript .....</u>	<u>59</u>
<u>Figura 27: Script de IQA em Javascript .....</u>	<u>60</u>
<u>Figura 28: Script de IET em Javascript .....</u>	<u>61</u>
<u>Figura 29: Série histórica de pH ponto BELAS01 .....</u>	<u>62</u>
<u>Figura 30: Série histórica de pH ponto BELAS02 .....</u>	<u>63</u>



<u>Figura 31: Série histórica de pH ponto BELAS03 .....</u>	<u>63</u>
<u>Figura 32: Série histórica de pH ponto BELAS04 .....</u>	<u>64</u>
<u>Figura 33: Série histórica de OD ponto BELAS01 .....</u>	<u>65</u>
<u>Figura 34: Série histórica de OD ponto BELAS02 .....</u>	<u>65</u>
<u>Figura 35: Série histórica de OD ponto BELAS03. ....</u>	<u>66</u>
<u>Figura 36: Série histórica de OD ponto BELAS04 .....</u>	<u>66</u>
<u>Figura 37: Série histórica de turbidez ponto BELAS01 .....</u>	<u>67</u>
<u>Figura 38: Série histórica de turbidez ponto BELAS02 .....</u>	<u>68</u>
<u>Figura 39: Série histórica de turbidez ponto BELAS03 .....</u>	<u>68</u>
<u>Figura 40: Série histórica de turbidez ponto BELAS04 .....</u>	<u>69</u>
<u>Figura 41: Série histórica de fósforo total ponto BELAS01 .....</u>	<u>70</u>
<u>Figura 42: Série histórica de fósforo total ponto BELAS02 .....</u>	<u>70</u>
<u>Figura 43: Série histórica de fósforo total ponto BELAS03 .....</u>	<u>71</u>
<u>Figura 44: Série histórica de fósforo total ponto BELAS04 .....</u>	<u>71</u>
<u>Figura 45: Série histórica de DBO ponto BELAS01 .....</u>	<u>72</u>
<u>Figura 46: Série histórica de DBO ponto BELAS02 .....</u>	<u>73</u>
<u>Figura 47: Série histórica de DBO ponto BELAS03 .....</u>	<u>73</u>
<u>Figura 48: Série histórica de DBO ponto BELAS04 .....</u>	<u>74</u>
<u>Figura 49: Série histórica de Mn total ponto BELAS01 .....</u>	<u>75</u>
<u>Figura 50: Série histórica de Mn total ponto BELAS02 .....</u>	<u>75</u>
<u>Figura 51: Série histórica de Mn total ponto BELAS03. ....</u>	<u>76</u>
<u>Figura 52: Série histórica de Mn total ponto BELAS04 .....</u>	<u>76</u>
<u>Figura 53: Série histórica de pH ponto PT01 .....</u>	<u>77</u>
<u>Figura 54: Série histórica de pH ponto PT02 .....</u>	<u>78</u>
<u>Figura 55: Série histórica de pH ponto PT03 .....</u>	<u>78</u>
<u>Figura 56: Série histórica de pH ponto PT04 .....</u>	<u>79</u>
<u>Figura 57: Série histórica de pH ponto PT05 .....</u>	<u>79</u>
<u>Figura 58: Série histórica de pH ponto PT06 .....</u>	<u>80</u>
<u>Figura 59: Série histórica de pH ponto PT07 .....</u>	<u>80</u>
<u>Figura 60: Série histórica de OD ponto PT01 .....</u>	<u>81</u>
<u>Figura 61: Série histórica de OD ponto PT02 .....</u>	<u>82</u>
<u>Figura 62: Série histórica de OD ponto PT04 .....</u>	<u>82</u>
<u>Figura 63: Série histórica de OD ponto PT05 .....</u>	<u>83</u>



<u>Figura 64: Série histórica de OD ponto PT06 .....</u>	<u>83</u>
<u>Figura 65: Série histórica de OD ponto PT07 .....</u>	<u>84</u>
<u>Figura 66: Série histórica de Fósforo total ponto PT01.....</u>	<u>85</u>
<u>Figura 67: Série histórica de Fósforo total ponto PT02.....</u>	<u>85</u>
<u>Figura 68: Série histórica de Fósforo total ponto PT03.....</u>	<u>86</u>
<u>Figura 69: Série histórica de Fósforo total ponto PT04.....</u>	<u>86</u>
<u>Figura 70: Série histórica de Fósforo total ponto PT05.....</u>	<u>87</u>
<u>Figura 71: Série histórica de Fósforo total ponto PT06.....</u>	<u>87</u>
<u>Figura 72: Série histórica de Fósforo total ponto PT07.....</u>	<u>88</u>
<u>Figura 73: Série histórica de DBO ponto PT01.....</u>	<u>89</u>
<u>Figura 74: Série histórica de DBO ponto PT02.....</u>	<u>89</u>
<u>Figura 75: Série histórica de DBO ponto PT03.....</u>	<u>90</u>
<u>Figura 76: Série histórica de DBO ponto PT05.....</u>	<u>90</u>
<u>Figura 77: Série histórica de DBO ponto PT05.....</u>	<u>91</u>
<u>Figura 78: Série histórica de DBO ponto PT06.....</u>	<u>91</u>
<u>Figura 79: Série histórica de DBO ponto PT07.....</u>	<u>92</u>
<u>Figura 80: Comportamento da variação de oxigênio dissolvido com salinidade e temperatura .....</u>	<u>94</u>
<u>Figura 81: Relação entre OD e temperatura do ponto com o maior valor de OD – Porto Vila do Conde.....</u>	<u>95</u>
<u>Figura 82: Relação entre OD e temperatura do ponto com o menor valor de OD – Porto vila do Conde.....</u>	<u>95</u>
<u>Figura 83: Relação entre OD e temperatura do ponto com o maior valor de OD – Porto Belém.....</u>	<u>96</u>
<u>Figura 84: Relação entre OD e temperatura do ponto com o menor valor de OD – Porto Belém.....</u>	<u>96</u>
<u>Figura 85: Relação entre OD e salinidade do ponto com o maior valor de OD – Porto Vila do Conde.....</u>	<u>97</u>
<u>Figura 86: Relação entre OD e salinidade do ponto com o menor valor de OD – Porto Vila do Conde.....</u>	<u>97</u>
<u>Figura 87: Relação entre OD e salinidade do ponto com o maior valor de OD – Porto Belém .....</u>	<u>98</u>



<u>Figura 88: Relação entre OD e salinidade do ponto com o menor valor de OD – Porto Belém</u>	<u>98</u>
<u>Figura 89: Relação entre DBO e Temperatura do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde</u>	<u>100</u>
<u>Figura 90: Relação entre DBO e Temperatura do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém</u>	<u>100</u>
<u>Figura 91: Relação entre pH e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde</u>	<u>101</u>
<u>Figura 92: Relação entre pH e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém</u>	<u>101</u>
<u>Figura 93: Relação entre OD e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde</u>	<u>102</u>
<u>Figura 94: Relação entre OD e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém</u>	<u>102</u>
<u>Figura 95: principais fontes de produção e consumo de oxigênio</u>	<u>103</u>
<u>Figura 96: Relação de pH e alumínio total ponto Porto Vila do Conde</u>	<u>106</u>
<u>Figura 97: Relação de pH e alumínio total ponto Porto Belém</u>	<u>106</u>
<u>Figura 98: Relação pH e ferro total ponto Porto Vila do Conde</u>	<u>107</u>
<u>Figura 99: Relação pH e ferro total ponto Porto Belém</u>	<u>107</u>
<u>Figura 100: Resultados de IQA BELAS01 vazante</u>	<u>108</u>
<u>Figura 101: Resultados de IQA BELAS01 enchente</u>	<u>108</u>
<u>Figura 102: Resultados de IQA BELAS02 vazante</u>	<u>108</u>
<u>Figura 103: Resultados de IQA BELAS02 enchente</u>	<u>108</u>
<u>Figura 104: Resultados de IQA BELAS03 vazante</u>	<u>109</u>
<u>Figura 105: Resultados de IQA BELAS03 enchente</u>	<u>109</u>
<u>Figura 106: Resultados de IQA BELAS04 vazante</u>	<u>109</u>
<u>Figura 107: Resultados de IQA BELAS04 enchente</u>	<u>109</u>
<u>Figura 108: Resultados de IQA PT01 vazante</u>	<u>110</u>
<u>Figura 109: Resultados de IQA PT01 enchente</u>	<u>110</u>
<u>Figura 110: Resultados de IQA PT02 vazante</u>	<u>110</u>
<u>Figura 111: Resultados de IQA PT02 enchente</u>	<u>110</u>
<u>Figura 112: Resultados de IQA PT03 vazante</u>	<u>110</u>
<u>Figura 113: Resultados de IQA PT03 enchente</u>	<u>110</u>
<u>Figura 114: Resultados de IQA PT04 vazante</u>	<u>111</u>
<u>Figura 115: Resultados de IQA PT04 enchente</u>	<u>111</u>





<u>Figura 116: Resultados de IQA PT05 vazante. ....</u>	<u>111</u>
<u>Figura 117: Resultados de IQA PT05 enchente. ....</u>	<u>111</u>
<u>Figura 118: Resultados de IQA PT06 vazante. ....</u>	<u>112</u>
<u>Figura 119: Resultados de IQA PT06 enchente. ....</u>	<u>112</u>
<u>Figura 120: Resultados de IQA PT07 vazante. ....</u>	<u>112</u>
<u>Figura 121: Resultados de IQA PT07 enchente. ....</u>	<u>112</u>
<u>Figura 122: Levantamento de IQA disponibilizado pelo PNQA .....</u>	<u>115</u>
<u>Figura 123: Resultados de IET BELAS 01 vazante .....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 124: Resultados de IET BELAS 01 enchente .....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 125: Resultados de IET BELAS 02 vazante .....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 126: Resultados de IET BELAS 02 enchente .....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 127: Resultados de IET BELAS 03 vazante. ....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 128: Resultados de IET BELAS 03 enchente. ....</u>	<u>116</u>
<u>Figura 129: Resultados de IET BELAS 04 vazante. ....</u>	<u>117</u>
<u>Figura 130: Resultados de IET BELAS 04 enchente. ....</u>	<u>117</u>
<u>Figura 131: Resultados de IET PT01 vazante. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 132: Resultados de IET PT01 enchente. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 133: Resultados de IET PT02 vazante. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 134: Resultados de IET PT02 enchente. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 135: Resultados de IET PT03 vazante. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 136: Resultados de IET PT03 enchente. ....</u>	<u>118</u>
<u>Figura 137: Resultados de IET PT04 vazante. ....</u>	<u>119</u>
<u>Figura 138: Resultados de IET PT04 enchente. ....</u>	<u>119</u>
<u>Figura 139: Resultados de IET PT05 vazante. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 140: Resultados de IET PT05 enchente. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 141: Resultados de IET PT06 vazante. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 142: Resultados de IET PT06 enchente. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 143: Resultados de IET PT07 vazante. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 144: Resultados de IET PT07 enchente. ....</u>	<u>120</u>
<u>Figura 145: Levantamento de IET no Brasil .....</u>	<u>122</u>
<u>Figura 146: Resumo dos valores acima do VMP para fósforo total.....</u>	<u>123</u>
<u>Figura 147: Parâmetros com prazo de análise ultrapassados .....</u>	<u>124</u>
<u>Figura 148: Valores de OD que precisam ser avaliados com cautela. ....</u>	<u>124</u>



<u>Figura 149: Erro sobre valores abaixo do LQ (em vermelho) e valores que precisam ser avaliados com cautela (amarelo) .....</u>	<u>125</u>
<u>Figura 150: Valores que precisam ser avaliados com cautela. ....</u>	<u>125</u>
<u>Figura 150: Erro sobre valores abaixo do LQ e erro paramétrico de DBO acima de DQO...</u>	<u>126</u>



## Lista de tabelas

Tabela 1. Valores Máximos Permitidos (VMP) dos parâmetros analisados que podem ser encontrados na Classe 2 de águas doces pelo CONAMA 357/05 .....	29
Tabela 2. Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso. ....	33
Tabela 3. Tabela das faixas de avaliação da qualidade da água de acordo com cada estado brasileiro. ....	35
Tabela 4. Classe de estado trófico e suas características principais. ....	41
Tabela 5. Prazos de análise dos parâmetros físico-químicos. Fonte: NBR 9898/87. ....	48
Tabela 6. Localização dos pontos de água superficial do Porto de Belém. ....	60
Tabela 7. Localização dos pontos de água superficial do Porto de Vila do Conde. ....	61



## Lista de abreviaturas e siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
API	Application Programming Interface
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Regional do Meio Ambiente
COP 30	30° Conference of the Parties
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IET	Índice do Estado Trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IoT	Internet of Things
IQA	Índice da Qualidade da Água
LQ	Limite de Quantificação
NBR	Norma Brasileira
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
NSF	Nacional Sanitation Foundation
OD	Oxigênio Dissolvido
PNQA	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
PPGESA	Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
UFPA	Universidade Federal do Pará
VMP	Valores Máximo Permitidos





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Plataforma Digital .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>VMP na Plataforma .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Indicadores de Qualidade das águas avaliados .....</b>	<b>29</b>
3.3.1	Índice de qualidade das águas (IQA) .....	29
3.3.2	Descrição dos Parâmetros do IQA .....	34
3.3.3	Índice do estado trófico (IET) .....	37
<b>3.4</b>	<b>Apresentação de gráficos estatísticos .....</b>	<b>39</b>
<b>3.5</b>	<b>Apresentação das medidas descritivas .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6</b>	<b>Série histórica de resultados .....</b>	<b>41</b>
3.6.1	Séries Estatísticas .....	41
3.6.2	Apresentação da distribuição de frequência .....	42
<b>3.7</b>	<b>Filtro de qualidade .....</b>	<b>43</b>
<b>3.8</b>	<b>Relatório Técnico .....</b>	<b>46</b>
<b>3.9</b>	<b>Direito autoral .....</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>DADOS APLICADOS NA PLATAFORMA .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Áreas de estudo .....</b>	<b>51</b>
4.1.1	Porto de Belém .....	51
4.1.2	Porto Vila do Conde .....	53
<b>4.2</b>	<b>Dados Da Área De Estudo .....</b>	<b>55</b>
4.1.2	Porto de Belém .....	55
4.1.3	Porto Vila do Conde .....	57
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Série Histórica Na Plataforma .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>IQA Na Plataforma .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3</b>	<b>IET Na Plataforma .....</b>	<b>60</b>
<b>5.4</b>	<b>DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA - PORTO DE BELÉM .....</b>	<b>61</b>
5.1.1	SÉRIE HISTÓRICA - pH .....	61
5.1.2	SÉRIE HISTÓRICA – Oxigênio dissolvido .....	64
5.1.3	SÉRIE HISTÓRICA – Turbidez .....	67
5.1.4	SÉRIE HISTÓRICA – Fósforo total .....	69
5.1.5	SÉRIE HISTÓRICA – Demanda bioquímica de oxigênio .....	72
5.1.6	SÉRIE HISTÓRICA – Manganês total .....	74
<b>5.5</b>	<b>DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA - PORTO VILA DO CONDE .....</b>	<b>77</b>
5.1.7	SÉRIE HISTÓRICA – pH .....	77
5.1.8	SÉRIE HISTÓRICA – oxigênio dissolvido .....	81
5.1.9	SÉRIE HISTÓRICA – Fósforo total .....	84
5.1.10	SÉRIE HISTÓRICA – Demanda bioquímica de oxigênio .....	88
<b>5.6</b>	<b>SÉRIE HISTÓRICA – SOBRE OS DADOS DOS PORTOS .....</b>	<b>92</b>
<b>5.7</b>	<b>IQA - PORTO DE BELÉM .....</b>	<b>108</b>
<b>5.8</b>	<b>IQA – Vila do Conde .....</b>	<b>109</b>
<b>5.9</b>	<b>IQA dos Portos .....</b>	<b>113</b>
<b>5.10</b>	<b>IET - PORTO DE BELÉM .....</b>	<b>115</b>
<b>5.11</b>	<b>IET - Vila do Conde .....</b>	<b>117</b>
<b>5.12</b>	<b>IET DOS PORTOS .....</b>	<b>121</b>
<b>5.13</b>	<b>FILTRO DE QUALIDADE DOS DADOS DOS PORTOS .....</b>	<b>123</b>



6 CONCLUSÃO .....	127
7 REFERÊNCIAS .....	128

## 1 INTRODUÇÃO

Nós vivemos num planeta cujos recursos são finitos. O Homem explora os recursos naturais, tais como a atmosfera, oceanos, rios, lagos, florestas etc., com liberdade para atender às suas necessidades cada vez mais crescentes sem a preocupação com o ônus da exploração que recairá sobre todos que deles dependem.

Com o advento da revolução industrial, este por sua vez, trouxe uma série de benefícios a humanidade e em contrapartida também nos gerou alguns custos. Entre os custos, talvez um dos mais visíveis, e bastante discutidos no final do século XX e início do século XXI, seja a poluição das águas (XU et al., 2022).

A água é insumo essencial para diversos fins tais como: industrial, agrícola, humano, animal, transporte, lazer e geração de energia. Cada uso da água possui peculiaridades ligadas à quantidade e à qualidade, e altera e/ou depende das condições das águas superficiais e subterrâneas. Os usos podem ser classificados em consuntivos (que consomem água) e não consuntivos (não consomem diretamente, mas dependem da manutenção de condições naturais ou de operação da infraestrutura hídrica). (PNRH, 2021).

Os dados apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2018, cerca 83,6% da população brasileira possui atendimento com rede de abastecimento de água e somente 53,2% é atendida com redes de coleta de esgoto. Sendo que, do total coletado, 25,4% não possui nenhuma forma de tratamento, além dos 46,8% que são gerados e que não possuem sistema de coleta. Essa lacuna no atendimento de sistema de saneamento acaba causando os problemas de lançamento de efluentes sem tratamento e, conseqüentemente, afetando a qualidade dos corpos hídricos (BRASIL, 2018).

Para avaliar a qualidade das águas superficiais, são utilizados diversos parâmetros tais como: cor, turbidez, condutividade, temperatura, pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, metais pesados, entre outros. Monitorar esses parâmetros é essencial para garantir os valores recomendados pela legislação vigente No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução 357/2005.

Um dos mais importantes instrumentos da gestão ambiental é o monitoramento de qualidade das águas, ele consiste, basicamente, no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos

das águas, visando à produção de informações e é destinado à comunidade científica, ao público em geral e, principalmente, às diversas instâncias decisórias. Dessa forma, o monitoramento é um dos fatores determinantes no processo de gestão ambiental, uma vez que propicia uma percepção sistemática e integrada da realidade ambiental (ALTENBURGER et al., 2019)

Para controlar e rastrear dados para monitoramento da qualidade da água, nos últimos anos tem-se aplicado os princípios da indústria 4.0, provendo sustentabilidade, redução de custos e responsabilidade social (PALMA et al., 2017).

Considera-se que a Quarta Revolução Industrial, a indústria 4.0, foi idealizada a partir da incorporação do processo de digitalização às atividades desenvolvidas na indústria. Esta incorporação da digitalização na atividade industrial permitiu a integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial (Dohale & Kumar, 2018).

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, anunciado pelo Governo Federal Alemão como uma das iniciativas-chaves na estratégia de tornar a indústria nacional altamente tecnológica, sendo um dos temas mais discutidos entre profissionais e acadêmicos na área de língua alemã (DRATH & HORCH, 2014).

A Indústria 4.0 é um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem com o objetivo de promover a digitalização das atividades industriais melhorando os processos e aumentando a produtividade. (HERMANN *et al.*, 2016)

A quarta geração industrial apresenta como principais características: interconexão de dados, integração e inovação. Além disso, segundo Rüßmann et al., (2015), a quarta geração industrial é baseada em nove pilares que no futuro, gerarão oportunidades de desenvolvimento tecnológico no campo industrial: Big data; Computação em nuvem; Integração de sistemas vertical e horizontal; Inteligência artificial; Internet industrial das coisas; Realidade virtual; Robôs autônomos; Segurança cibernética. Simulação e impressão 3D.

Com a grande demanda de programas extensos de monitoramentos ambientais para novos empreendimentos industriais fez com que o conceito de indústria 4.0 fosse também utilizado em sistemas de gestão de banco de dados (*softwares*) com os mesmos objetivos dessa nova



indústria, ou seja, agilizar o processo de monitoramento ambiental no processamento de dados e na análise crítica dos resultados (JAVAI et al., 2022).

Dessa forma há a necessidade de se ter uma infraestrutura tecnológica avançada, que compreende também data center. O data center é um ambiente físico em um servidor de hospedagem e outros dispositivos para elaboração, armazenamento e gerenciamento de dados. São fundamentais para a implementação de tecnologia como IoT e inteligência artificial, pois enriqueceu uma grande quantidade de recursos de elaboração e armazenamento para funcionar de maneira eficiente (ZHOU et al., 2020).

Em particular, data centers são importantes para o gerenciamento de dados gerados a partir de dispositivos IoT, que podem ser utilizados para coletar informações sobre seus processos industriais e para melhorar a eficiência e a qualidade dos produtos. Além disso, a inteligência artificial enriquece grandes quantidades de dados para que você possa aprender e melhorar suas próprias prestações, e o data center é fundamental para o gerenciamento desses dados. Em síntese, o data center é um elemento fundamental para a realização da Indústria 4.0, pois permite a elaboração, o armazenamento e o gerenciamento dos dados necessários para implementar a tecnologia avançada como IoT e inteligência artificial em processos industriais (ALQARYOUTI & SIYAM, 2018).

Nos dias atuais, o monitoramento e a análise de qualidade das águas são desafios em constante crescimento, devido à presença de uma ampla diversidade de produtos químicos em nossas águas. Além de fornecer evidências objetivas nas tomadas de decisões, por meio do monitoramento de qualidade das águas em tempo real, é possível a realização da gestão das águas, alertando-nos sobre possíveis problemas atuais, contínuos e emergentes, determinando a conformidade com os padrões de água potável e protegendo outros usos benéficos da água. Os dados gerados pelo monitoramento auxiliam os gestores da água, disponibilizando informações sobre melhoria ou piora na qualidade das águas, viabilizando implementações de novas políticas para proteção da saúde humana e do meio ambiente (MYERS, 2017).

O surgimento de novas tecnologias destinadas ao monitoramento de qualidade das águas apresenta muitos benefícios para gestores e tomadores de decisões, no auxílio a despeito da avaliação da qualidade dos recursos hídricos, permitindo uma abordagem com maior eficiência e confiabilidade nas informações coletadas. Mas, segundo mesmo com o crescimento exponencial de novas tecnologias e grandes avanços relacionados ao âmbito de monitoramento

inteligente de qualidade das águas, recursos e soluções presentes no mercado precisam se tornar mais acessíveis (de menor custo) e apresentar maior confiabilidade em relação as informações coletadas. (DONG et al., 2015).

Há um grande potencial e a necessidade de aprimoramento das tecnologias de sensores aplicadas ao monitoramento de qualidade das águas, em relação ao custo operacional e de implementação. Além disso, em são destacadas as necessidades de novas pesquisas para o desenvolvimento de soluções integradas de baixo custo, relacionadas à melhoria dos sistemas remotos nesse âmbito de qualidade; também, prevê-se que, com a redução de tamanho e custo de soluções aplicadas aos sensores de qualidade da água, eles podem ser amplamente implantados (MUINUL et al., 2014).

Foi observado que o crescimento de grandes cidades, como o município de Belém do Pará – capital do estado - onde sua população possui 1.303.389 habitantes e Barcarena – relevante área mineradora e industrial - com 126.650 habitantes (IBGE, 2022), resulta em controle desordenado em relação a condições ambientais voltados a poluição doméstica e industrial, podendo gerar doenças a população e contaminação em águas que rodeiam o município (MORAIS & SANTOS, 2019).

Os portos são indicadores de crescimento econômico e social. Os portos de Belém e Barcarena são importantes centros de escoamento da produção agrícola, mineral e industrial do Pará e da região Norte. A poluição dos portos é um problema ambiental grave que afeta a qualidade da água. Uma das principais causas da poluição dos portos é o crescimento das cidades, que gera mais resíduos sólidos, efluentes domésticos e industriais e emissões atmosféricas. (DE CARVALHO et al., 2019) e (CASTRO & ALMEIDA, 2012).

Nesse contexto a criação de uma plataforma digital direcionada a controle de dados de análises realizadas em águas superficiais, onde pode-se controlar valores regidos por normas nacionais, internacionais ou controle definido por órgãos estatutários, controle automatizado do índice da qualidade da água com a especificidade da região a ser controlada levando em conta fatores sazonais, geológicos e compatível com demais sistemas operacionais, pode ser a resposta para o monitoramento mais efetivo nas águas superficiais.

Dentre as informações de controle tanto de empresas como de órgãos ambientais, uma grande dificuldade encontrada é a rápida validação dos dados tanto analíticos como de coerência dos resultados, devido ao grande número de parâmetros que são avaliados e a necessidade de especialistas para verificação deles; sendo que esta plataforma cumpre essa



lacuna com a rápida avaliação de resultados apontando incoerências analíticas e erros grosseiros de laudos laboratoriais.



## 2 OBJETIVOS

### **Geral:**

Desenvolver plataforma digital para monitoramento e diagnóstico de dados voltados para controle ambiental de águas superficiais.

### **Específicos:**

- Criar uma ferramenta digital para controle e monitoramento ambiental;
- Diagnosticar resultados de águas superficiais através de indicadores de qualidade;
- Produzir relatórios gerados da plataforma de monitoramento;
- Implantar sistema automatizado de qualidade para erros analíticos.

### 3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Plataforma Digital

Este produto foi desenvolvido em JavaScript por se tratar de uma linguagem de programação de alto nível, com tipagem dinâmica. Originalmente criado para ser utilizado no lado do cliente (*client-side*), com o intuito de ser executado no navegador para tornar as páginas web mais versáteis. Com as últimas atualizações do JavaScript foi criada uma ferramenta denominada Node.js, que possibilita executar a linguagem no lado do servidor (*server-side*), viabilizando o desenvolvimento de aplicações web, aplicação de interfaces de desenvolvimento (API) e micro servidores (CHAUDHURI, et al., 2017).

Os dados inseridos na plataforma estão em armazenados em nuvem. O armazenamento em nuvem é uma forma de guardar os dados na internet, em vez de usar dispositivos físicos como HDs ou pen drives, essa tecnologia permite que os usuários acessem seus arquivos de qualquer lugar, a qualquer hora, e com qualquer dispositivo conectado à rede. A computação em nuvem (*Cloud computing*) pode ser definida como uma tecnologia que utiliza um conjunto de recursos virtualizados (como *software*, infraestrutura ou plataformas) que facilitam a conectividade e podem ser reconfigurados dinamicamente para suportar diferentes níveis de necessidades organizacionais, resultando no uso otimizado dos recursos. Além disso, o armazenamento em nuvem oferece vantagens como segurança, privacidade, escalabilidade, economia e colaboração. (LIPPI, et. al., 2019 e VAQUERO et. al., 2019).

A privacidade relacionada aos dados fornecidos na nuvem pode ser vista como uma questão de controle de acesso, onde se garante que os dados armazenados só possam ser acessados por pessoas, máquinas e processos autorizados. Portanto, obtendo o controle sobre coleta e compartilhamento de informações. (STALLINGS, 2007).

O *back-end* e o *front-end* são duas partes fundamentais de um sistema web. O *back-end* é responsável pela lógica, pelo processamento e pelo armazenamento dos dados, enquanto o *front-end* é responsável pela interface, pela apresentação e pela interação com o usuário.

O *back-end* da plataforma é hospedado no Azure da Microsoft, que é uma plataforma de computação em nuvem que oferecem uma variedade de serviços e soluções. A Azure permite hospedar, criar, implantar e gerenciar aplicativos modernos usando as ferramentas, linguagens e frameworks de preferência do desenvolvedor. A Azure permite escalar facilmente as atividades da plataforma, garantindo alta disponibilidade e segurança para os dados e usuários.

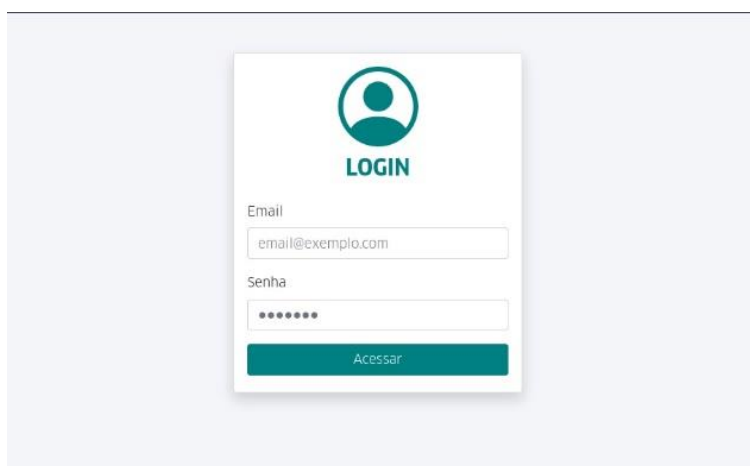
Além disso, fornece ferramentas e recursos para monitorar e otimizar o desempenho do *back-end*, bem como integrar com outros serviços da Microsoft e de outras empresas nesse seguimento, ou seja, foco no desenvolvimento sem se preocupar com a infraestrutura. (MICROSOFT, 2022).

O *front-end* da nossa plataforma é hospedado no Netlify, que é uma plataforma de computação em nuvem que oferece hospedagem, *back-end* sem servidor e serviços de implantação contínua para aplicativos da *web*. O Netlify permite que os desenvolvedores criem, testem e implantem seus sites com mais rapidez e eficiência, sem o incômodo de gerenciar servidores ou infraestrutura. O Netlify também fornece recursos como domínios personalizados, certificados SSL, formulários, gerenciamento de identidade, análises e funções. (NETLIFY, 2022).

Na plataforma o usuário poderá ser cadastrar via e-mail e senha para poder adicionar planilhas com dados de resultados analíticos que poderão ser facilmente manuseadas dentro do Software.

a Plataforma irá ser administrada pelo usuário cadastrado conforme imagem (Figura 1), abaixo:

Figura 1: Print retirado da plataforma de monitoramento ambiental



Fonte: Autor.

Após a importação da planilha (Figura 2) de dados que poderão ser feitos em grande escala, o usuário fará o cadastramento do ponto de coleta (Figura 3), localização geográfica através da inserção de latitude e longitude, além de definição de matriz da água a ser avaliada, data, métodos de transferência, assim podendo gerir os resultados através de gráficos, imagens de

fácil compreensão e interpretação de qualquer erro e ou resultado apontado como fora do valor máximo permitido pela legislação escolhida.

Figura 2: Importação de planilha

Importar Planilha

Seus dados podem ser salvos a partir de uma planilha, sendo que, as células que estiverem em "branco" considera-se como valor padrão zero após o salvamento no sistema.

Aquatec\_dados\_Jaguar\_RG - Efluente.xls IMPORTAR PLANILHA

Resis	Condutividade Elétrica valor	Cor Verdadeira valor	Cromo dissolvido valor	Cromo total valor	Óleo	Ferro dissolvido valor	Ferro total valor	Fluoreto total valor	Fósforo Total valor	Magnésio dissolvido valor	Manganês dissolvido valor	Manganês Total valor	Mercurio dissolvido valor	Mercurio total valor	Níquel dissolvido valor	Níquel Total valor	Nitrito valor	Nitrato valor	Nitrogênio	N A
	0.2220	5.0000	0.0050	0.0050	0	0.0500	0.1600	1.4600	0.0300	3.6500	0.0820	0.1300	0.0002	0.0002	0.0050	0.0050	0.0500	0.2000	0	
	0.2880	5.0000	0.0050	0.0050	0	0.0500	0.1260	0.2890	0.0480	3.7600	0.0130	0.1380	0.0002	0.0002	0.0050	0.0050	0.0500	0.2000	0	
	0.3710	5.0000	0.0050	0.0140	0	0.0500	0.1680	0.0600	0.0200	3.7600	0.2870	0.3380	0.0002	0.0002	0.0050	0.0090	0.0500	0.2000	0	
	0.321	5	0.005	0.005	0	0.13	0.135	1.055	0.02	2.13	0.07	0.152	0.0002	0.0002	0.005	0.005	0.05	0.2	0	
	0.3300	11.1700	0.0050	0.0080	0	0.0500	0.4150	0.0650	0.0370	4.0500	0.0750	0.1330	0.0002	0.0002	0.0050	0.0050	0.0500	0.3950	0	
	0.433	5	0.005	0.005	0	0.05	0.05	0.05	0.02	4.28	0.023	0.066	0.0002	0.0002	0.005	0.005	0.05	0.2	0	
	0.37	5	0.005	0.005	0	0.05	0.056	0.05	0.02	3.48	0.035	0.079	0.0002	0.0004	0.005	0.005	0.05	0.2	0	
	0.448	5	0.005	0.005	0	0.05	1.187	0.061	0.031	13.398	0.064	0.109	0.0002	0.0002	0.005	0.005	0.05	0.65	0	
	0.51	5	0.005	0.005	0	0.05	0.29	0.05	0.02	9.24	0.136	0.138	0.0002	0.0002	0.005	0.005	0.05	0.339	0	

SAVAR PLANILHA

Fonte: Autor.

Segue abaixo exemplo de como será ser apresentado ao software o cadastramento do ponto de coleta.

Figura 3: Cadastrar Ponto

Cadastrar Ponto

Ponto  Coordenada X

Coordenada Y  Coordenada Z

CADASTRAR

Ponto	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z	Ações
PO9	-43.629687219062	-19.954034146756		<span>✎</span> <span>🗑</span>
RC06	-43.623864856242	-19.956636281301		<span>✎</span> <span>🗑</span>
Sump RG02	-43.977415326667	-20.146403227204		<span>✎</span> <span>🗑</span>
PRG2-02	-43.599712215743	-19.959799134784		<span>✎</span> <span>🗑</span>

Rows per page: 5 1-4 of 4 ⏪ < > ⏩

Fonte: Autor.

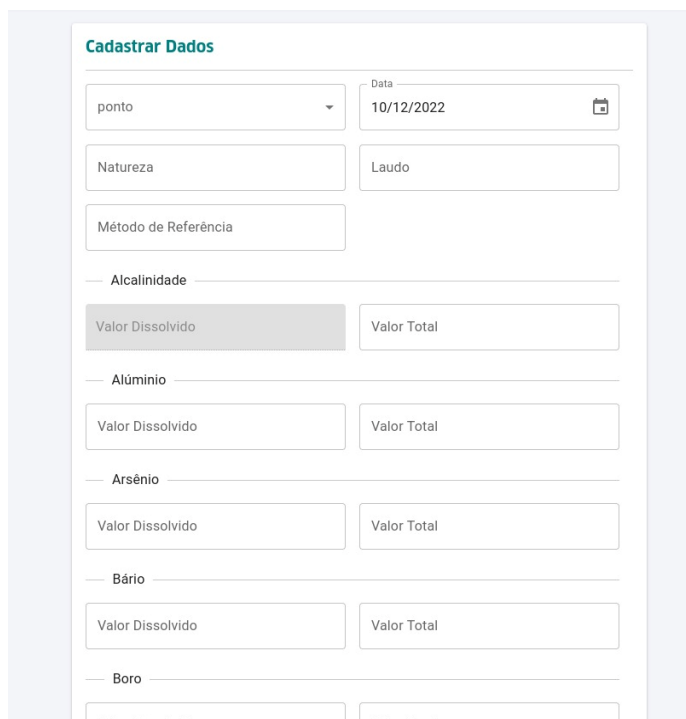


Após o cadastramento do ponto de coleta para o manuseio da ferramenta podem ser inseridos as informações para o controle do monitoramento. Podendo ser controlado conforme seguimento abaixo:

- Selecionar o ponto de coleta;
- Inserir data de amostragem;
- Inserir natureza da amostra;
- Inserir nome do Laudo;
- Inserir método de referência;
- Selecionar nome dos parâmetros a serem avaliados;

Abaixo exemplo de como será visualizado no software:

Figura 4:Cadastrar Dados.













The screenshot shows a web form titled "Cadastrar Dados". At the top, there is a dropdown menu labeled "ponto" and a date input field showing "10/12/2022" with a calendar icon. Below these are two input fields: "Natureza" and "Laudo". A "Método de Referência" field is also present. The form is organized into sections for different parameters, each with a "Valor Dissolvido" and "Valor Total" input field. The sections shown are: "Alcalinidade", "Alumínio", "Arsênio", "Bário", and "Boro". The "Alcalinidade" section is currently selected and highlighted.

Fonte: Autor

Poderá ser visualizado todos os pontos cadastrados e as datas de suas respectivas coletas:

Figura 5:Cadastrar Dados Visualização

Ponto	Data	Ações
P09	01-04-2018	 
P09	01-05-2018	 
P09	01-06-2018	 
P09	01-07-2018	 
P09	01-08-2018	 

Rows per page: 5 ▾ 1-5 of 37 << < > >>

**CADASTRAR DADOS**

Fonte: Autor.

### 3.2 VMP na Plataforma

O Valores Máximo Permitidos inicialmente definidos na plataforma, será conforme legislação CONAMA 357/05.

As águas superficiais são enquadradas como águas doces de classe 2. Segundo CONAMA nº 357/05, art. 4 - parágrafo III, as águas doces classificadas como 2, podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas;
- b) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- c) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- d) à aquicultura e à atividade de pesca” [50, p. 4].

Os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/05 para água superficial estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 1. Valores Máximos Permitidos (VMP) dos parâmetros analisados que podem ser encontrados na Classe 2 de águas doces pelo CONAMA 357/05

Água Superficial	CONAMA 357/2005 Corpos d'água (mg L <sup>-1</sup> )
Elemento	CLASSE 2
Alumínio (Al) dissolvido	0,1
Arsênio (As) total	0,01
Bário (Ba) total	0,7
Berílio (Be) total	0,04
Boro (B) total	0,5
Cádmio (Cd) total	0,001
Chumbo (Pb) total	0,01
Cobalto (Co) total	0,05
Cobre (Cu) dissolvido	0,009
Cromo ou Crômio (Cr) total	0,05
Ferro (Fe) dissolvido	0,3
Manganês (Mn) total	0,1
Mercúrio (Hg) total	0,0002
Níquel (Ni) total	0,025
Prata (Ag) total	0,01
Selênio (Se) total	0,01
Vanádio (V) total	0,1
Zinco (Zn) total	0,18
Lítio (Li) total	2,5
Fósforo (P) total	0,030 em ambientes lênticos e 0,050 em ambientes intermediários
Fluoreto (F) total	1,4
Cloreto (Cl) total	250

Água Superficial	CONAMA 357/2005 Corpos d'água (mg L <sup>-1</sup> )
Elemento	CLASSE 2
Nitrito expresso em N(NO <sup>-</sup> )	1
Nitrato expresso em N (NO <sup>3-</sup> )	10
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) total	250
Sólidos dissolvidos totais	500
Cálcio (Ca) total *	-
Estanho (Sn) total *	-
Estrôncio (Sr) total *	-
Magnésio (Mg) total *	-
Molibdenio (Mo) total *	-
Potássio (K) total *	-
Silício (Si) total *	-
Sódio (Na) total *	-
Titânio (Ti) total *	-

Abaixo está o exemplo de como será visualizado os valores máximos definidos conforme CONAMA 357/2005 na plataforma:

Figura 6: Valores Máximos na Plataforma

Valor Máximo Permitido			
Alumínio 0.1	Arsênio 0.01	Bário 0.7	Boro 0.5
Cádmio 0.001	Cobre 0.009	Cobalto 0.05	Chumbo 0.01
Cloreto 250	Cromo 0.05	Ferro 0.3	Fluoreto 1.4
Fósforo 0.02	Magnésio 0.01	Manganês 0.1	Mercurio 0.0002
Nitrato 10	Nitrito 1	Níquel 0.025	Nitrogênio Amoniacal 13.3
Sólidos 500	Prata 0.05	Sulfato 250	Sulfeto 0.3
Vanádio 0.1	Zinco 0.18		

**ATUALIZAR**

Fonte: Autor.

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais é o fator primordial para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água.

### 3.3 Indicadores de Qualidade das águas avaliados

A quantificação da informação é um aspecto primordial dos indicadores. Os indicadores são uma parte importante da avaliação de forma global, portanto são recursos de suma importância para tomada de decisões. Um índice é um valor derivado de um parâmetro – ou vários - que fornece informações sobre um fenômeno ou estado do ambiente, com implicações que vão além daquelas diretamente relacionadas ao parâmetro. (GALLOPIN,1996)

#### 3.3.1 Índice de qualidade das águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IAQ) foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation e somente a partir de 1975 que ele começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, hoje ele se tornou o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2005).

A utilização de índices de qualidade da água tem incrementado ao longo dos últimos anos, devido à sua aplicabilidade em transmitir informações sobre o grau de poluição de mananciais utilizados pela comunidade. Dentre os diversos índices de qualidade de água já propostos, o IQA da National Sanitation Foundation (NSF) é o mais utilizado (Benetti & Bidone, 2001).

O IQA consiste, basicamente, em uma média ponderada, na qual o resultado de múltiplos testes é representado em um único valor. Este índice tornou-se uma importante ferramenta para a avaliação da qualidade das águas em diversos pontos de rios e lagos ao longo do tempo, permitindo, ainda, a comparação com os corpos d'água de outras regiões e países (NSF, 2006).

Apesar do IQA apresentar a vantagem de sumarizar, em um único valor, as nove variáveis utilizadas em seu cálculo, favorecendo a interpretação, compreensão e divulgação dos resultados, há uma perda na interpretação das variáveis individuais. Além disso, os efeitos originários de outras fontes de poluentes, não são representados, tendo em vista que este índice foi desenvolvido para avaliar o impacto dos esgotos domésticos nas águas de abastecimento público (IGAM, 2004).

No Brasil, este IQA é utilizado pela CETESB desde 1975, tendo sido adaptado do original adotado pela National Sanitation Foundation (NSF). O IQA adotado pela CETESB considera o nitrogênio total, em vez do nitrogênio nitrato, devido à presença do N nas águas em outras formas, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal. No entanto, é possível aplicar a curva de nitrogênio total para os valores de nitrato, caso seja esta a forma preponderante nos rios (CPRH, 2006).

Em Minas Gerais, o IQA utilizado para a avaliação da qualidade das águas nos corpos d'água pela Fundação Estadual do meio Ambiente (FEAM), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), considera, em seu cálculo, os parâmetros adotados pela NSF, a saber: oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura da água, turbidez, fósforo total, nitrato e sólidos totais, com os seguintes pesos (Tabela 1).

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (COSTA; FERREIRA, 2015).

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

O IQA é composto por nove parâmetros (ver descrição dos parâmetros do IQA), com seus respectivos pesos ( $w$ ), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (tabela abaixo) (ANA, 2005).

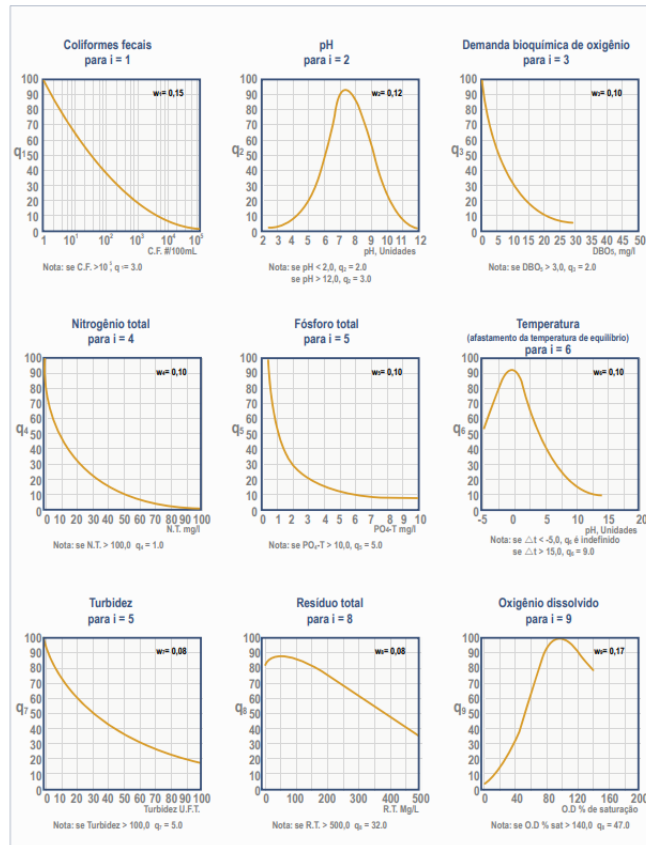
Tabela 2. Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

<b>PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>	<b>PESO (<math>w</math>)</b>
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5,20	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Além de seu peso ( $w$ ), cada parâmetro possui um valor de qualidade ( $q$ ), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (figura abaixo):



Figura 7. Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: Agência Nacional de Água, 2005.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (2)$$

Sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

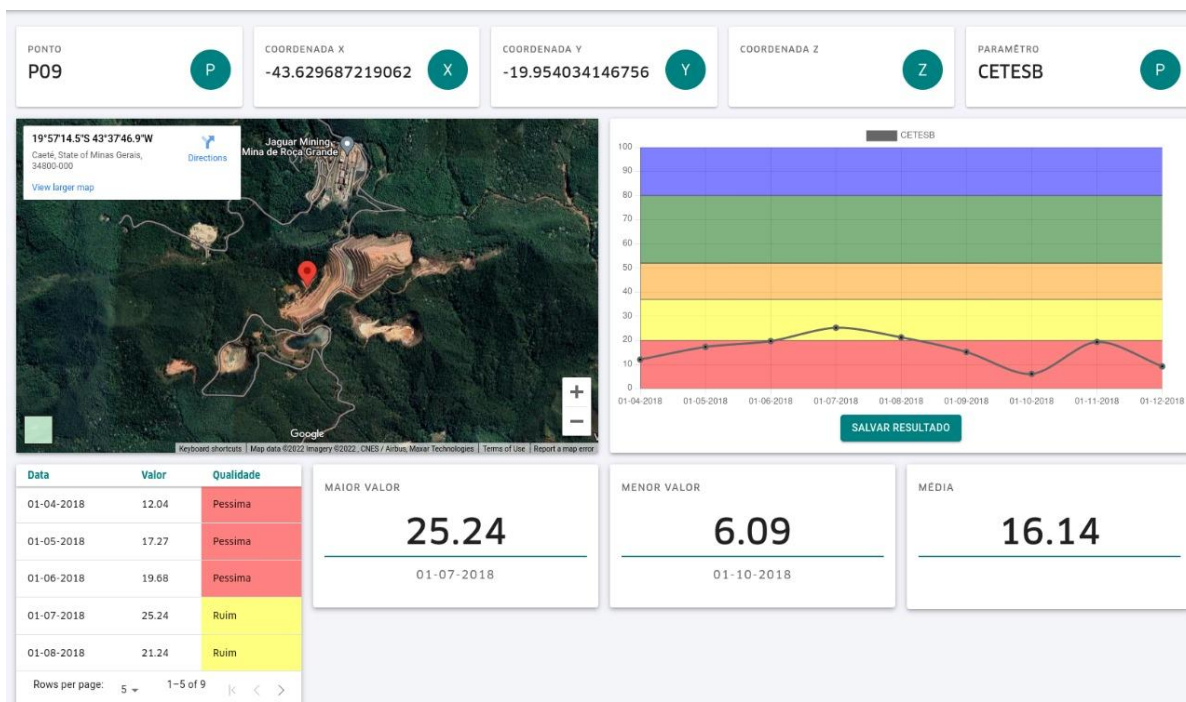
Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros (tabela abaixo).

Tabela 3. Tabela das faixas de avaliação da qualidade da água de acordo com cada estado brasileiro.

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Os índices de qualidade serão vistos na Plataforma de forma dinâmica e didática, para que as informações necessárias possam ser visualizadas em uma única página e seja percebido facilmente os resultados e a localização do ponto de amostragem.

Figura 8: Dados de IQA.



Fonte: Autor.

### **3.3.2 Descrição dos Parâmetros do IQA**

#### **3.3.2.1. Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos (ex: peixes) precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro.

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido a fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes.

Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas através de processo físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água (ex: velocidade da água).

#### **3.3.2.2. Coliformes termotolerantes**

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas (não causam doenças) mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: desintéria bacilar, febre tifoide, cólera).

#### **3.3.2.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9.

Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

#### **3.3.2.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia. A DBO 5,20 é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20°C.

Valores altos de DBO 5,20, num corpo d'água são provocados geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos.

#### **3.3.2.5. Temperatura da água**

A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução.

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água.

#### **3.3.2.6. Nitrogênio Total**

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada Metahemoglobinemia Infantil, que é letal para crianças.

Pelo fato de os compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática.

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas.

Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água.

### **3.3.2.7. Fósforo Total**

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. Para conhecer mais sobre eutrofização, veja o item sobre o Índice de Estado Trófico.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros.

### **3.3.2.8. Turbidez**

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos etc.).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação.

### **3.3.2.9. Resíduo Total**

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura.

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso podem causar danos à vida aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes.

O IQA na plataforma poderá ser visualizado para avaliação bem como seus cálculos serão realizados de forma automática para cada parâmetro definido no índice.

### **3.3.3 Índice do estado trófico (IET)**

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades. Tal processo acontece principalmente em lagos e represas, embora possa ocorrer mais raramente em rios, uma vez que as condições ambientais destes serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas (KITSIOU; KARYDIS, 2011).

São vários os efeitos indesejáveis da eutrofização, entre eles: maus odores e mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática, redução na navegação e capacidade de transporte, modificações na qualidade e quantidade de peixes de valor comercial, contaminação da água destinada ao abastecimento público. A produção de energia hidroelétrica pode ser afetada pela presença excessiva de macrófitas aquáticas. Em alguns casos, as toxinas podem estar presentes na água após o tratamento da água, o que pode agravar seus efeitos crônicos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Nesse índice, os resultados do índice calculados a partir dos valores de fósforo, devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo.

Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de fósforo total, é feito pela fórmula, segundo LAMPARELLI (2004):

$$\text{IET} = 10. (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln.PT) / \ln 2)) \quad (3)$$

Em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é feito pela fórmula:

$$\text{IET} = 10. (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln.PT) / \ln 2)) \quad (4)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

$\ln$ : logaritmo natural.

Foi calculado o IET para 1.034 pontos em que existiam valores de Fósforo Total. Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, apresentadas na tabela abaixo, juntamente com suas características.

Tabela 4. Classe de estado trófico e suas características principais. Fonte: CETESB, 2012

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

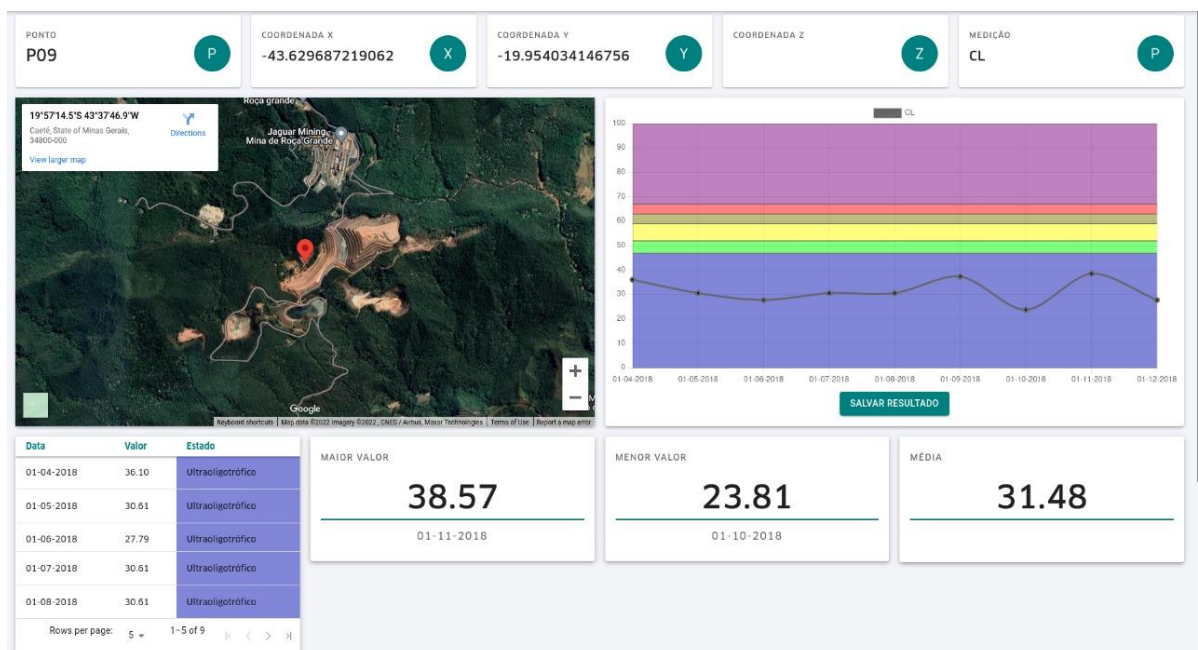


Outro parâmetro utilizado, Segundo LAMPARELLI (2004) é a clorofila, o cálculo para aferir o IET utiliza a fórmula abaixo. As concentrações de clorofila (CL) medida a superfície da água é em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ :

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \quad (5)$$

Abaixo um print de como será relatado os dados de IET, visto que ao adicionar os dados, a plataforma conseguirá calcular os valores, mínimos e máximo, a medição realizada, datas e as curvas dos valores medidos.

Figura 9: Dados de IET



Fonte: Autor.

### 3.4 Apresentação de gráficos estatísticos

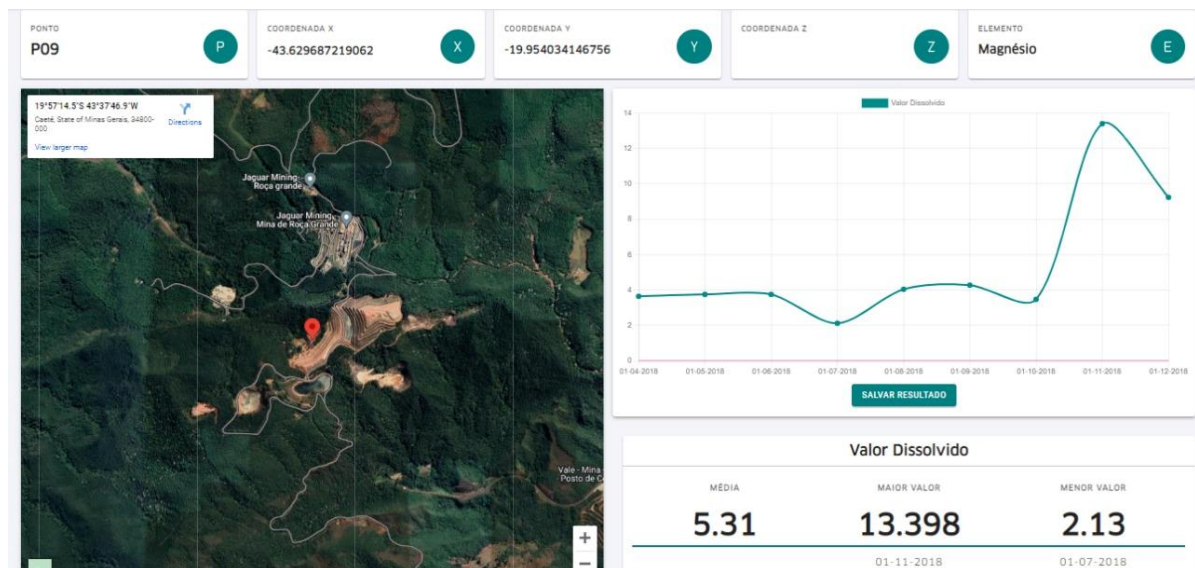
Os gráficos são desenhos que envolvem formas e cores cuja construção utiliza técnicas de desenho, são de extrema importância na visualização e interpretação de informações e dados acerca de temas de aspectos naturais, sociais e econômicos. Podemos dizer que eles são representações visuais dos dados estatísticos cujo objetivo é produzir uma impressão mais rápida e viva do fenômeno em estudo.

Eles permitem a representação de uma relação entre variáveis e facilitam a compreensão de dados. Além disso, os gráficos devem ser correspondentes às tabelas estatísticas, mas não devem substituí-las. (COSTA NETO, 2005).

Desse modo, a representação gráfica é um complemento importante da apresentação tabular. A vantagem de um gráfico sobre a tabela está na possibilidade de uma rápida impressão visual da distribuição dos valores ou das frequências observadas. A representação gráfica de um fenômeno deve obedecer a certos requisitos fundamentais para ser realmente útil, tais como:

- Simplicidade – deve ser destituído de detalhes e traços desnecessários;
- Clareza – deve possuir uma correta interpretação dos valores representativos do fenômeno em estudo;
- Veracidade – deve expressar a verdade sobre o fenômeno em estudo.

Figura 10: Dados de resultado de magnésio através de gráficos e imagens



Fonte: Autor.

### 3.5 Apresentação das medidas descritivas

Na maior parte das vezes em que os dados estatísticos são analisados, procura-se obter um valor para representar um conjunto de dados. Esse valor deve sintetizar, da melhor maneira possível, o comportamento do conjunto do qual ele é originário.

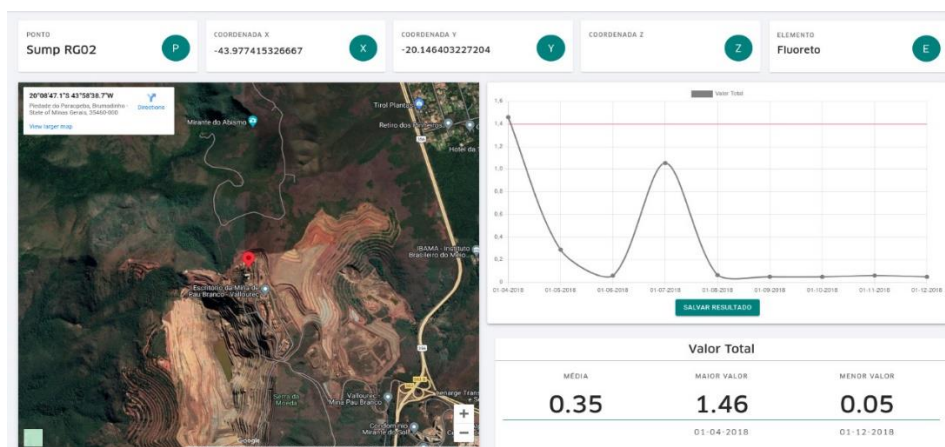
Com isso, a Estatística Descritiva visa descrever os dados disponíveis da forma mais completa possível sem, no entanto, preocupar-se em tirar conclusões sobre um conjunto maior de dados. (DOWNING, 2000).

As medidas descritivas fazem parte da Estatística Descritiva. Elas indicam os valores em torno dos quais ocorre a maior concentração do fenômeno qualitativo em estudo. As medidas descritivas básicas mais importantes são as de: Posição, dispersão ou variabilidade, momentos e assimetria.

As medidas de posição dividem-se em medidas de tendência central ou promédias (verifica-se uma tendência dos dados observados a se agruparem em torno dos valores centrais) e separatrizes. As medidas de tendência central mais utilizadas são: média aritmética, moda e mediana.

Os gráficos na plataforma serão de fácil visualização e compreensão visto que toda as fórmulas dos parâmetros citados acima já estarão definidas na matriz do software, bem como os VMP's e seus índices.

Figura 11: Print da média, maior e menor valor do fluoreto – dados gerados na plataforma de campanha realizada.



Fonte: Autor.

### 3.6 Série histórica de resultados

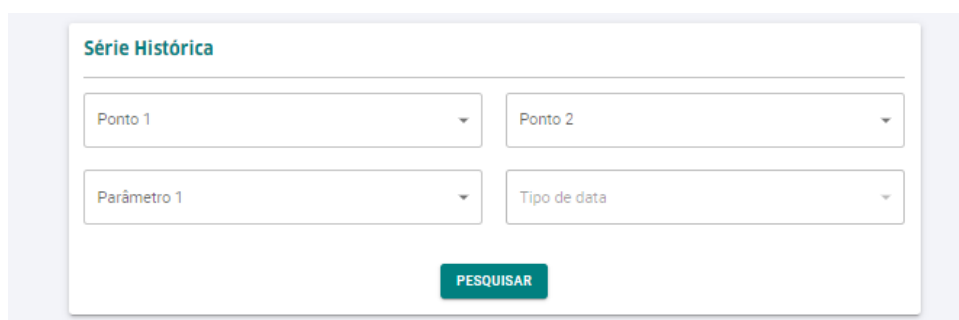
#### 3.6.1 Séries Estatísticas

Uma série estatística é toda tabela que apresenta um conjunto de dados ordenados que possuem uma característica em comum apresentada sob forma de tabela e/ou gráfico.

E se dá por uma sucessão de dados estatísticos que medem a intensidade do fenômeno, segundo suas características qualitativas ou quantitativas. Numa série estatística observa-se a existência de três elementos ou fatores: o tempo (cronologia), o espaço (lugar) e a espécie (fenômeno). (TRIOLA, 1999).

Abaixo na figura, pode ser visualizado um print de como será filtrado dentro da plataforma a série histórica. Nessa parte, visualiza-se ponto, ou dois pontos juntos, a serem selecionado. Seguindo, os parâmetros a escolher e o tipo de datas a escolher: ano específico, últimos anos e últimos meses.

Figura 12: Print de como criar uma série histórica



Fonte: Autor.

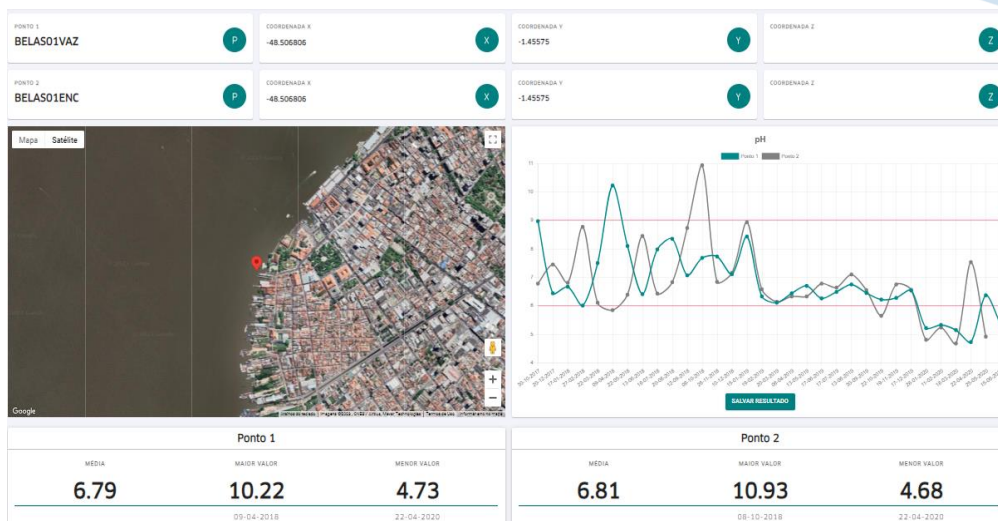
### 3.6.2 Apresentação da distribuição de frequência

Após a realização de uma pesquisa em que os dados foram coletados, é necessário organizá-los e classificá-los. Isso pode ser feito mediante tabelas e gráficos. Em geral, construímos inicialmente uma tabela que contemple as informações coletadas em função dos respectivos parâmetros.

Um conjunto de observações de certo fenômeno, não estando adequadamente organizado, fornece pouca informação de interesse ao pesquisador e ao leitor. Para uma visão rápida e global do fenômeno em estudo é preciso que os dados estejam organizados. Um dos primeiros passos em uma análise de dados é organizar, condensar, resumir e comunicar a informação obtida (DOWNING, 2000).

Poderá ser visualizado na plataforma: Nome do ponto → Coordenadas geográficas → Nome do parâmetro selecionado → Gráficos dos resultados → Imagem do local de coleta.

Figura 13: Print de série histórica



Fonte: Autor.

### 3.7 Filtro de qualidade

Os resultados analíticos estão submetidos a erros grosseiros que produzem um grande equívoco dos resultados, esse tipo de erro aleatório produz discrepância dos resultados, devido à falta de atenção ou engano do técnico ou gerente. Essa ferramenta tem o intuito de eliminar esses erros grosseiros durante a campanha de amostragem quanto na avaliação preliminar dos resultados dos laudos mostrados. As principais varreduras do software, a partir dos dados inseridos, são:

- Comparação de data de coleta e análise – mesmo sendo trivial, esporadicamente encontra-se em laudos laboratoriais a data de análise primeiro que a data de coleta. Nesse sentido, a plataforma localiza esses erros que podem ser de digitação ou cansaço do técnico;
- Tempo de validade dos parâmetros – os parâmetros, principalmente, os físico-químicos possuem um certo prazo para análise. Os prazos variam de horas, dias e imediatamente (ou seja, na hora da amostragem). Os períodos de análises são baseados na NBR 9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Na Tabela abaixo, podemos verificar os prazos estabelecidos no software.

Tabela 5. Prazos de análise dos parâmetros físico-químicos. Fonte: NBR 9898/87.



<b>Parâmetro</b>	<b>Tempo tolerável para análise</b>
Acidez	14 dias
Alcalinidade	14 dias
Boro	6 meses
Brometo, Bromato	28 dias
Carbono Orgânico Total (TOC)	28 dias
Cianeto	14 dias
Cloreto	28 dias
Cloro	0,25 horas
Condutividade elétrica	0,25 horas
Conjunto de Sólidos	7 dias
Cor	48 horas
Cromo Hexavalente	28 dias
Demanda Bioquímica de Oxigênio	48 horas
Demanda Química de Oxigênio	28 dias
Dióxido de Carbono	0,25 horas
Dureza Total	6 meses
Fenol	28 dias até da extração; 2 dias após extração
Fluoreto	28 dias
Fosfato	48 horas
Fósforo Total	28 dias
Iodo, Iodeto	0,25 horas
Mercúrio	28 dias
Metais em geral	6 meses
Nitrato	48 horas (14 dias para amostras cloradas)
Nitrato + Nitrito	28 dias
Nitrogênio Amoniacal	28 dias
Nitrogênio Orgânico e Total	28 dias
Odor	24 horas
Óleos e Graxas	28 dias
Oxigênio Dissolvido (Winkler)	8 horas
Oxigênio Dissolvido (Eletrodo)	0,25 horas
Ozônio	0,25 horas

Parâmetro	Tempo tolerável para análise
pH	0,25 horas
Sílica	48 horas
Sólidos Sedimentáveis	28 dias
Sulfeto	28 dias
Sulfito	48 horas
Surfactantes	0,25 horas
Temperatura	0,25 horas
Turbidez	48 horas
cor	48 horas

- Valores máximo permitido (VMP) do CONAMA 357/2005 – os valores serão comparados com os VMP da norma vigente, os valores acima deste valor de referência serão exibidos pelo filtro;
- Incoerência de resultado – quando o valor da incerteza é maior que o resultado do laudo, por exemplo, a incerteza do ensaio é 5 e o resultado é igual a 3. Segundo EURACHEM 1995, a incerteza é um parâmetro relacionado a uma medição, que caracteriza a dispersão de valores com certa razoabilidade atribuídas a mensuração da medição;
- Resultados abaixo do limite quantificável do método aplicado – nos laudos é comum ver os resultados e os valores de LQ, entretanto, em certas circunstâncias é visto resultados de parâmetros bem abaixo do que pode ser quantificável com precisão e exatidão. Segundo ICH 2005, o limite de quantificação é definido a partir da concentração mínima de um analito de uma amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis sob condições operacionais específicas de um método;
- Valores com prováveis erros – certos resultados não apresentam valores máximo permitido e estão em concordância com os limites de quantificação do laudo, entretanto, apresentam certa discrepância com a realidade, como por exemplo, não é provável uma temperatura de 0 °C em águas superficiais e do ar na região norte do Brasil.
- Correlação de parâmetros – certos parâmetros têm relação diretamente proporcional, como por exemplo DQO regulamente é maior que DBO. Outro exemplo, fósforo total é maior que fosfato.



### 3.8 Relatório Técnico

Esta ferramenta é de papel fundamental para reportar de forma rápida e eficiente evitando erros na transferência de informações, e permitindo uma otimização de acordo com a padronização de cada sistema, empresa ou órgão ambiental, sendo possível inserir todos os resultados, gráficos de série histórica, dando celeridade na produção de relatórios finais ou parciais, além de armazenar de forma segura cada versão enviada ou avaliada internamente.

Abaixo segue um print de como o usuário deverá selecionar para criar o relatório, bem como os itens que podem ser editados para ser emitido, podendo ser modificado de acordo com a necessidade de cada empresa e ou órgão.

Figura 14: Print de como criar relatório



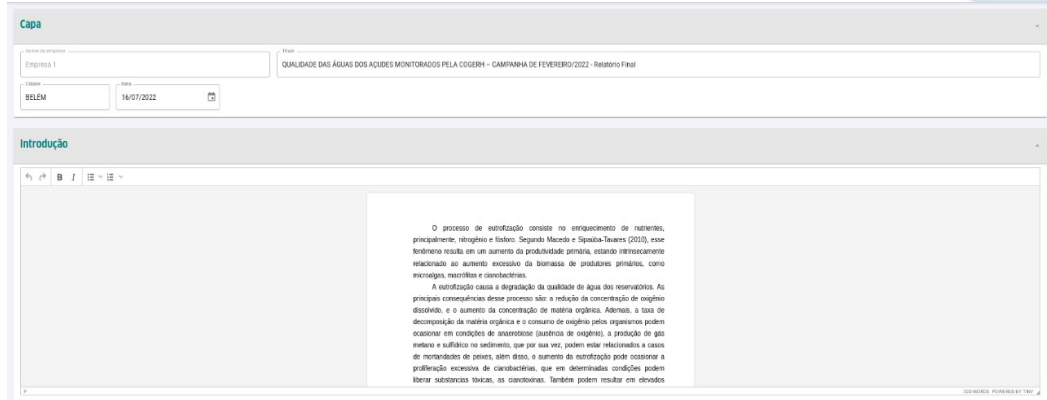
The image shows a user interface for creating a technical report. It consists of a vertical list of six sections, each with a dropdown arrow on the right: 'Capa', 'Introdução', 'Metodologia', 'Resultados', 'Conclusão', and 'Referências'. Below this list is a green button labeled 'CRIAR RELATÓRIO'.

Fonte: Autor.

A primeira etapa é criar a capa – com nome conforme identificação escolhida pelo usuário, data e referência necessária.

Na plataforma terá espaço conforme Figura 15 para a edição da introdução necessária para emissão do relatório.

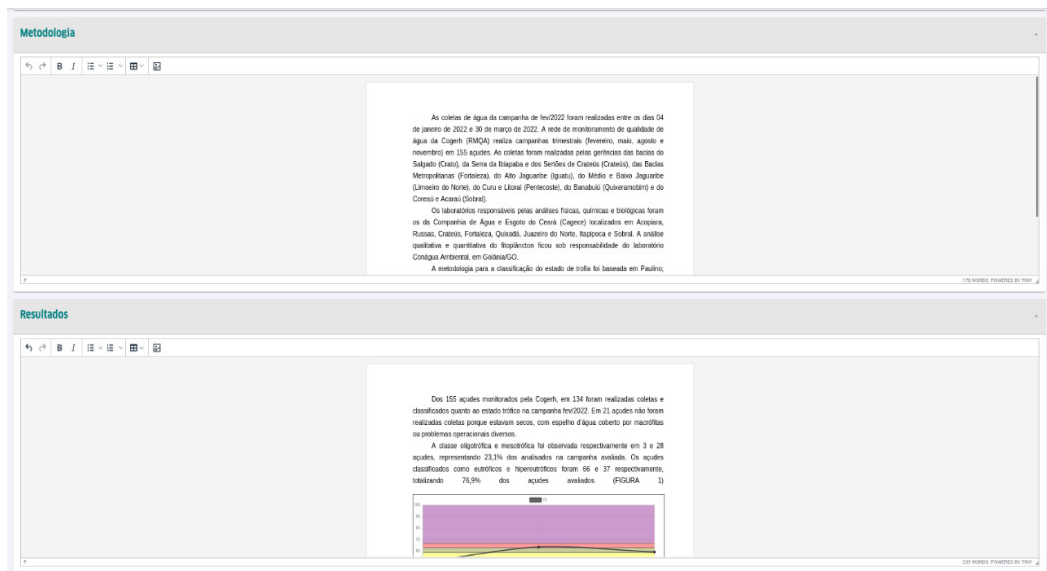
Figura 15: Print de como editar capa e introdução



Fonte: Autor.

Abaixo exemplo de como será visualizado os espaços para montagem e criação do relatório.

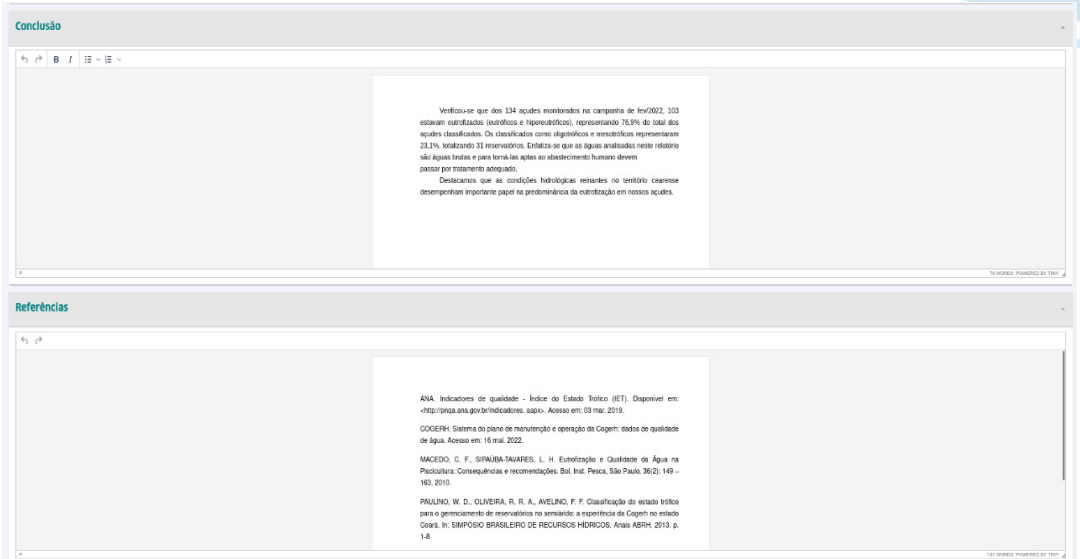
Figura 16: Print de como editar metodologia e resultados



Fonte: Autor.

A plataforma virá definida com os itens básicos que são obrigatórios em relatórios técnicos para garantir que saia dentro de uma formatação única conforme definição do usuário, e com a facilidade de inserir os dados, gráficos e imagens que a própria plataforma emitirá.

Figura 17: Print de como editar conclusão e referências



Fonte: Autor.

A produção de relatório dentro da própria plataforma é uma forma de facilitar a criação e minimizar os erros que normalmente ocorrem na edição de relatórios e na inserção de imagens, gráficos e tabelas para demonstração de dados.

### 3.9 Direito autoral

Com o intuito de garantir o domínio intelectual da plataforma digital, denominada *E-Quality*, foi realizado o pedido de patente junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Este órgão é responsável pelo registro de patentes no Brasil. Portanto, assegurando a utilização dessa plataforma conforme a legislação vigente. Nas figuras seguintes identifica-se o pedido de registro, campo de atuação e o tipo de programa abrangidos.

Figura 18: Pedido de registro junto ao INPI



Pedido de Registro de Programa de Computador - RPC

Número do Processo: 512023002307-8



**Dados do Programa**

---

**Data de Publicação:** 25/07/2023

**Data de Criação:** 25/07/2023

**- § 2º do art. 2º da Lei 9.609/98:** "Fica assegurada a tutela dos direitos relativos a programa de computador pelo prazo de cinquenta anos contados a partir de 1º de janeiro do ano subsequente ao da sua publicação ou, na ausência desta, da sua criação"

**Título:** E-Quality

**Algoritmo hash:** SHA-512 - Secure Hash Algorithm

**Resumo digital hash:** 9b1c64f37c55ba0a43873b0d1a5ac543acec1f9047835a0c62b73e46b  
4f37ddc13ccdb6abade0935c8f773346557a3796051e3b089edfc8c8b  
dd4b96814ba36f

**§1º e Incisos VI e VII do §2º do Art. 2º da Instrução Normativa:** O titular é o responsável único pela transformação, em resumo digital hash, dos trechos do programa de computador e demais dados considerados suficientes para identificação e caracterização, que serão motivo do registro. O titular terá a inteira responsabilidade pela guarda da informação sigilosa definida no inciso III, § 1º, art. 3º da Lei 9.609 de 19 de fevereiro de 1998.

**Linguagem:** JAVA SCRIPT

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 07/08/2023 às 16:15, Petição 870230069595

Petição 870230069595, de 07/08/2023, pág. 3/9

Fonte: Protocolo INPI, 2023.

Figura 19: Campo de atuação e tipo de programa aderidos junto ao INPI

**Campo de Atuação:** IN02 - TECNOLOGIA (POLÍTICA TECNOLÓGICA, COOPERAÇÃO TÉCNICA, PESQUISA TECNOLÓGICA, INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, TECNOLOGIA APROPRIADA, QUÍMICA TECNOLÓGICA)  
IF02-DOCUMENTAÇÃO (ANÁLISE DA INFORMAÇÃO, PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO, ARMAZENAMENTO, RECUPERAÇÃO, DISSEMINAÇÃO, INTERCÂMBIO, BIBLIOFILIA, BIBLIOLOGIA, BIBLIOMETRIA)  
IF04-DOCUMENTO (INFORMAÇÃO, REGISTRADA, OU MATERIAL DE INFORMAÇÃO, DOCUMENTO CIENTÍFICO, CONFIDENCIAL, PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO, NÃO CONVENCIONAL, OBRA DE REFERÊNCIA, MULTIMEIO, MATERIAL LEGÍVEL POR MÁQUINA)  
IF07-CIÊNCIA INFO (SISTEMA DE INFORMAÇÃO, REDE DE INFORMAÇÃO, TEORIA DA INFORMAÇÃO, FLUXO DE INFORMAÇÃO)  
MA01-MEIO AMB (ARTIFICIAL, NATURAL, POLÍTICA DO MEIO AMBIENTE)  
MA03-POLUIÇÃO (TIPOS DE POLUIÇÃO: ATMOSFÉRICA, BACTERIOLÓGICA, FÍSICA, DO SOLO, ÁGUA, QUÍMICA, RADIOATIVA, SONORA, ETC; CONTROLE PREVENÇÃO; NÍVEL DE POLUIÇÃO; POLUENTE)  
MA04-QUALID AMB (QUALIDADE DA VIDA, DA ÁGUA, DO AR, MONITORAMENTO AMBIENTAL, ENGENHARIA AMBIENTAL, DE DEFESA CIVIL)  
SM04-ABAST ÁGUA (= SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA; SERVIÇOS DE ÁGUA, CAPTAÇÃO DE ÁGUA, ADUÇÃO DE ÁGUA, TRATAMENTO DE ÁGUA, RESERVATÓRIO DE ÁGUA, DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA, MEDIÇÃO DE ÁGUA)  
SM05-ESGOTO (SERVIÇO DE ESGOTO, ESGOTO SANITÁRIO, TRATAMENTO: PRELIMINAR, PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO, TERCIÁRIO; REMOÇÃO DE SÓLIDOS, LODO, EMISSÁRIO, ETC, ESGOTO INDUSTRIAL)  
SD02-ADM SANIT = ADMINISTRAÇÃO DE SAÚDE: SERVIÇOS BÁSICOS DE SAÚDE, SERVIÇOS DE SAÚDE: HOSPITAL, CENTRO DE SAÚDE, POSTO DE SAÚDE, DE SOCORRO, ETC; SISTEMA DE SAÚDE, LEVANTAMENTO SANITÁRIO, EDUCAÇÃO SANITÁRIA, CAMPANHA DE SAÚDE PÚBLICA, EQUIPAMENTO MÉDICO  
SV01-SERVIÇOS (PÚBLICOS ESPECIFICAR CONFORME O TIPO: TELEFONIA, TELEGRAFIA, ETC; CORREIO, SERVIÇOS DE ENERGIA ELÉTRICA, SEGURANÇA PÚBLICA, DE ÁGUA, DE ESGOTO, ETC - PRIVADOS: ALOJAMENTO E ALIMENTAÇÃO, DE REPARO E MANUTENÇÃO, PESSOAS, DE VIGILÂNCIA ...)  
TB01-TRABALHO (INTELCTUAL, TÉCNICO, MANUAL, MECANIZADO, RURAL, DOMÉSTICO, EVENTUAL, EM CONDOMÍNIO, MÃO-DE-OBRA, TEORIA DO TRABALHO; MÉTODO DE TRABALHO, CONTROLE DO TRABALHO, ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO)  
**Tipo de Programa:** TC01 - APLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS  
AP03 - CONTROLE  
AP01 - APLICATIVOS  
AT07 - AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA (CONTROLE NUMÉRICO COMPUTADORIZADO, ROBÓTICA, ETC)  
AT06 - CONTROLE DE PROCESSOS  
SO07 - CONTROLADOR DE PROCESSOS  
PD06 - CONTROLE DE ACESSOS  
UT05 - CONTROLADOR DE SPOOL  
SO08 - CONTROLADOR DE REDES

Fonte:Listagem de programas INPI.

## **4 DADOS APLICADOS NA PLATAFORMA**

### **4.1 Áreas de estudo**

As zonas portuárias têm grande importância para o estado. A região amazônica é rica em recursos hídricos, logo tem seus portos como base para o escoamento na região. Entretanto, a qualidade desse recurso é fortemente influenciada pelos diversos usos desenvolvidos em suas bacias hidrográficas.

Toda essa dinâmica portuária significa aumento da poluição do corpo d'água, pois o estuário recebe todo o material do rio, contribuindo para a bacia hidrográfica, além da ocupação de suas margens por indústrias instaladas para facilitar o transporte proporcionado pelo corpo d'água. Portanto, as águas residuais domésticas e industriais lançadas nos rios ou diretamente nas áreas estuarinas acabarão por prejudicar a qualidade dos recursos hídricos. (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2013).

#### **4.1.1 Porto de Belém**

A área do Porto de Belém está localizada na Baía de Guajará e recebe influência dos rios Guamá, Acará e Moju. Possui acessos terrestres pela BR-316 e através da PA-150 e PA-151, e acesso marítimo por meio da foz do rio Pará, que deságua no oceano Atlântico, e deste através da baía de Guajará até o porto. O porto ampara a região para o escoamento de produtos a granel sólido e líquido, contêineres e cargas em geral. (OLIVEIRA et al., 2021).

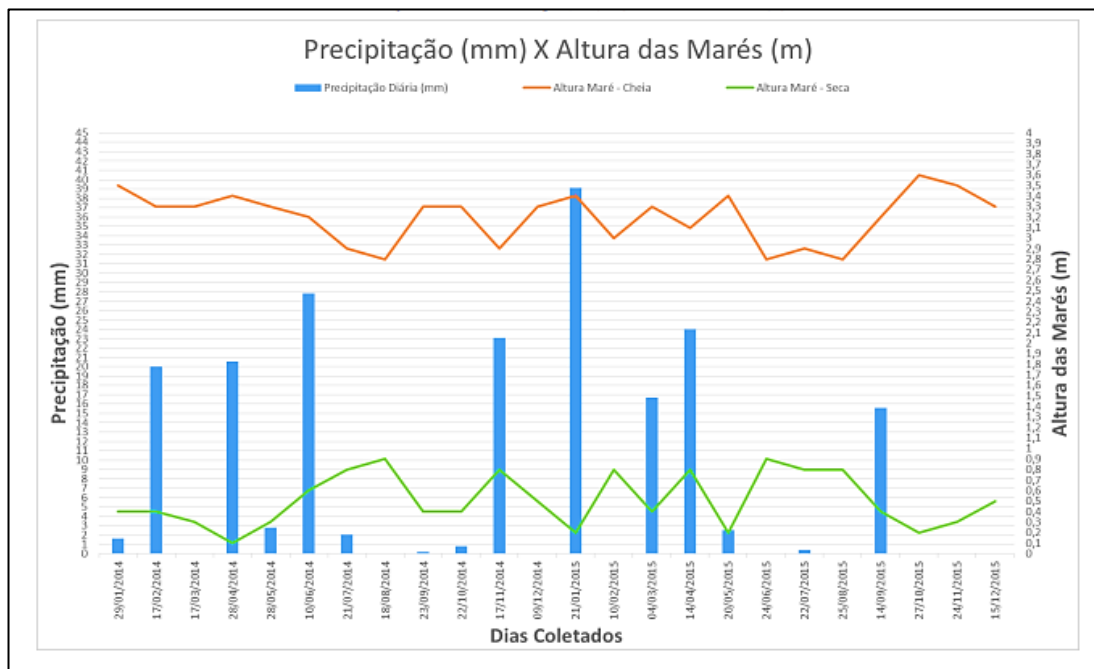
Para a avaliação de programas de qualidade de águas superficiais é fundamental a implementação de características geológicas, locais, climáticas e de fontes antrópicas (VEGA et al., 1998). Essa zona portuária apresenta unidades geológicas dos períodos Neógeno e Quaternário, e visualiza-se unidades litoestratigráficas tais como: Formação Pirabas, formação Barreiras, Pós-Barreiras, sedimentos Holocênicos e embasamento cristalino. Os solos de maior relevância são: Latossolo amarelo, laterita hidromórfica e concrecionária laterítica, podzol hidromórfico, hidromórfico gleizado, areia quartzosa e áreas aterradas. (CPRM, 2002).

##### *4.1.1.1. Efeito da Maré*

A região predomina-se intervalos semidiurno, com espaçamentos entre marés entre 6 e 7 horas. No período de enchente, as correntes fluem para o sul da baía do Guajará e com ondas de até 3,5 metros. No período de vazante ao norte e com ondas de até 1,5 metros. A área do estuário estudada é caracterizada por períodos marcantes de chuvas abundantes e baixos índices

pluviométricos com elevadas taxas de evaporação, e influências das marés que inundam periodicamente as terras marginais. (ARAÚJO,2018).

Figura 20: Regime de oscilação de marés no Porto de Belém/PA



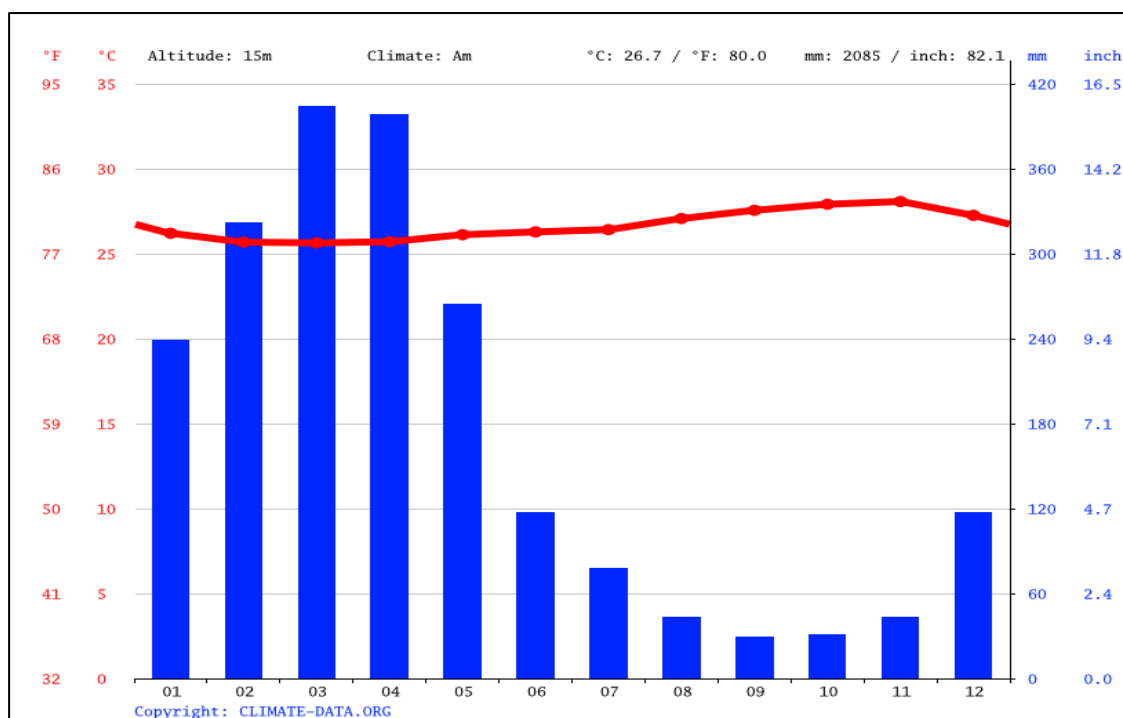
Fonte: Araújo, 2018.

#### 4.1.1.2. Clima

A cidade de Belém do Pará está caracterizada em um clima tropical, com curtas estações de seca ou quase nulas, enquanto as chuvas são predominantes na maior parte do ano. Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima é Am, obtendo medias de temperatura de 26,7 °C e de precipitação de 2.085 milímetros.



Figura 21: Série histórica de precipitação e climatológica de Belém/PA



. Fonte: Climate-data. org.

#### 4.1.2 Porto Vila do Conde

O terminal Portuário de Vila do Conde, situado no município de Barcarena, está localizado nas margens do rio Pará, a oeste de Belém/PA. O Porto está próximo à baía do Marajó, constituída pela confluência dos rios Tocantins, Guamá, Moju e Acará. Essa cidade, inserida na região metropolitana, é de suma importância uma vez que é o maior porto industrial do estado do Pará. O local supre, logisticamente, grandes empresas do ramo de alumínio e caulífero no escoamento de cargas. (EMBRAPA TERRITORIAL,2020).

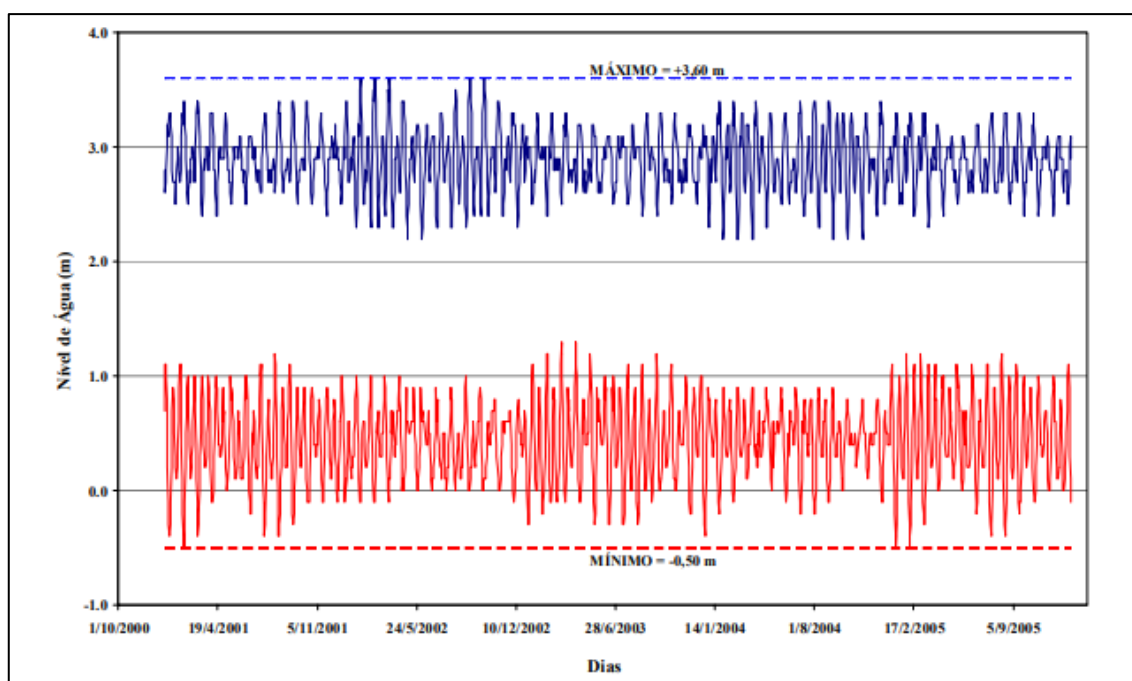
A geologia possui uma grande influência na composição das águas incorporadas de uma determinada área, pois a interação entre a água e o solo faz com que a composição de ambas se torne semelhante, portanto, cada bacia hidrográfica possui uma composição característica de acordo com a sua geologia. (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A cidade de Barcarena pertence à Região Nordeste (NE) estado do Pará, apresenta unidades litoestratigráficas tais como: Formação Pirabas, Grupo Barreiras e Formação Pós-Barreiras (formações lateríticas). Os solos predominantes são: latossolo vermelho-amarelo, derivações de argissolo amarelo, cambissolo Háptico e neossolo flúvio.



#### 4.1.2.1. Efeito da Maré

A região tem influência do oceano Atlântico. A partir dos dados oceanográficos de monitoramento advindos das tábuas das marés – do Centro de Hidrografia da Marinha/Ministério da defesa – do Porto Vila do Conde. Na Figura 22, verifica-se que as marés mínimas oscilam na cota de +0,40m, por conseguinte as máximas oscilam +2,90m.

Figura 22: Regime de oscilação de marés no Porto Vila do Conde, Barcarena/PA.



Fonte: EIA, 2007.

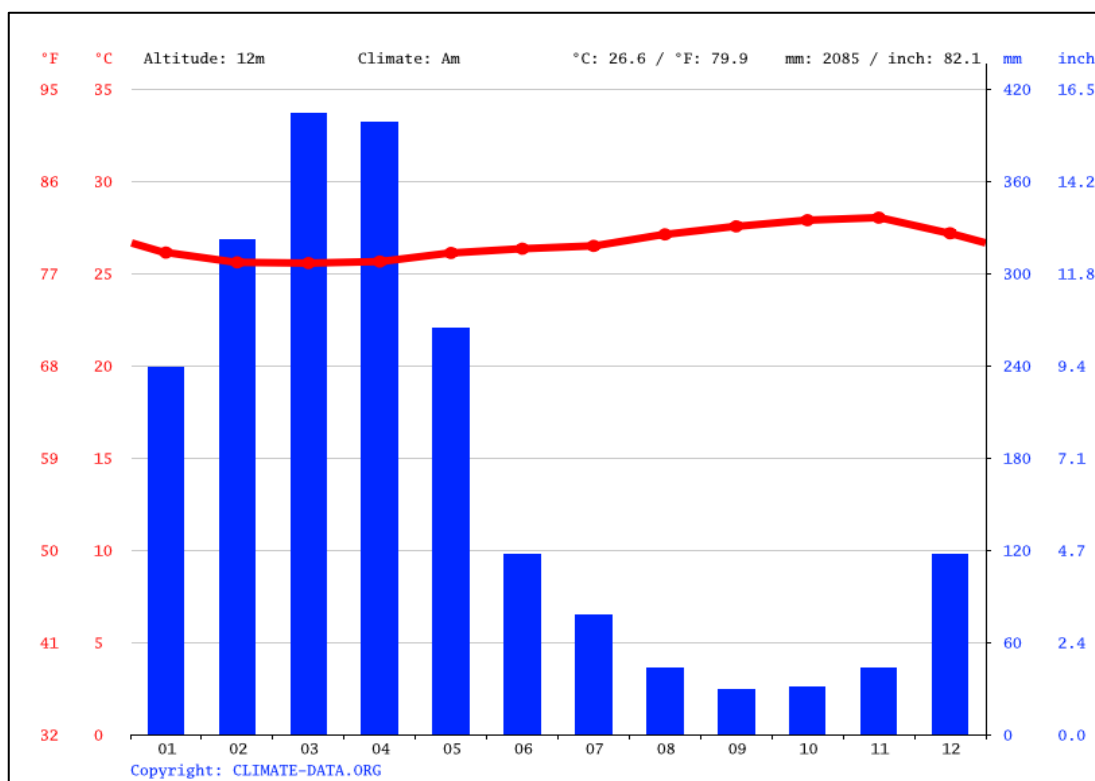
Com base dos dados visualizados, podemos aferir que a amplitude de oscilação das marés dita o regime de escoamento do rio Pará que, consequentemente, influencia a amplitude de escoamento dos rios e igarapés que nele desaguam. A característica relevante da hidrologia do rio Pará com seus “furos” e igarapés é a forte influência das macromarés do Oceano Atlântico, logo, apresenta grande importância tanto pelo potencial ecológico que apresenta, como também pela sua utilização hidroviária (ALVES, 2012).

#### 4.1.2.2. Clima

Barcarena tem clima tropical. A estação seca é curta e não muito eficaz, embora haja chuvas fortes na maioria dos meses do ano. Segundo a Köppen e Geiger a classificação do clima

é Am. A temperatura média é de 26,6 °C. E 2085 mm é o valor médio anual da precipitação. Barcarena está localizada em uma zona temperada, por isso é difícil dividir as estações do ano.

Figura 23: Série histórica de precipitação e climatológica de Barcarena/PA



Fonte: Climate-data. org.

## 4.2 Dados Da Área De Estudo

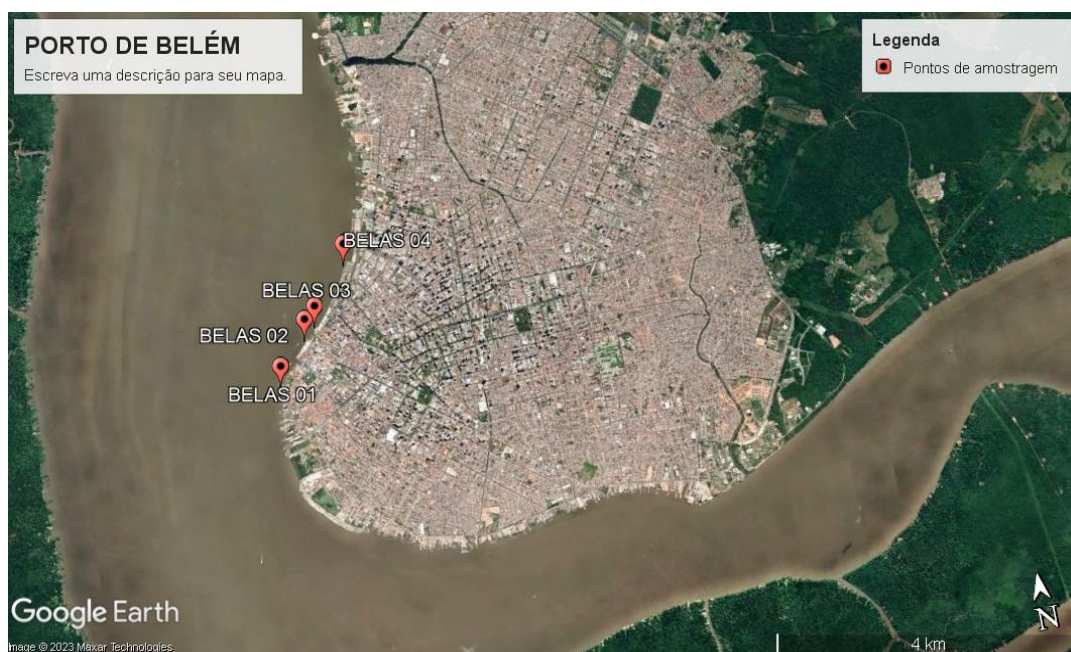
### 4.2.1 Porto de Belém

Os dados analisados e inseridos na plataforma são oriundos de campanhas de amostragem dos anos de 2017 até 2020, este material disponibilizado está em formatado excel xlsx, com o título de Banco\_de\_Dados\_CDP\_AS\_Historico, disponibilizada pela UFPA – Universidade Federal do Estado do Pará – através da CDP – Companhia Docas do Pará – a partir destes, foram selecionados 04 pontos distribuídos no Porto de Belém/PA, os dados históricos são procedentes dos períodos de enchente (maré alta) e períodos de vazante (maré baixa). Na Tabela 6, verifica-se as coordenadas dos pontos amostrados e na Figura 24, a localizados dos pontos no porto.

Tabela 6. Localização dos pontos de água superficial do Porto de Belém.

Identificação do Ponto	Local do ponto	Coordenadas Geográficas	
		Latitude	Longitude
BELAS 01	Clube do Remo	01° 27' 20.7"	48° 30' 24.5"
BELAS 02	Alfândega	01° 27' 02.8"	48° 30' 10.9"
BELAS 03	Armazém 03	01°26'58.0"	48°30'05.6"
BELAS 04	Ver-o-rio	01°26'33.8"	48°29'48.5"

Figura 24: Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth.

Os parâmetros físico-químicos disponibilizados para aplicação da plataforma foram: pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos suspensos, cor verdadeira, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrato, nitrito, sulfato, salinidade, alcalinidade, alumínio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cromo total, cobre total, ferro total, manganês total, níquel total, sódio total e zinco total. E os parâmetros microbiológicos: coliformes totais, coliformes termotolerantes e escherichia coli.

#### 4.2.2 Porto Vila do Conde

Os dados coletados e inseridos na plataforma são de campanhas de 2014 até 2020, o material extraído é oriundo da planilha, em formato excel xlsx, Banco\_de\_Dados\_CDP\_AS\_Historico, disponibilizada pela UFPA – Universidade Federal do Estado do Pará – através da CDP – Companhia Docas do Pará - foram selecionados 07 pontos distribuídos no Porto Vila do Conde, nos períodos de maré alta e baixa, ou como exposto na planilha enchente e vazante. Na Tabela 7, podemos verificar a localização dos pontos de água superficial e na Figura 25, a localização dos pontos de água superficial no mapa.

Tabela 7. Localização dos pontos de água superficial do Porto de Vila do Conde.

Identificação do Ponto	Local do ponto	Coordenadas Geográficas	
		Latitude	Longitude
PT 01	Montante rampa	01° 32' 38.1"	48° 45' 17.2"
PT 02	Jusante do lançamento da ETE	01° 31' 51.6"	48° 45' 16.2"
PT 03	Montante do TGL	01°31'38.2"	48°44'47.3"
PT 04	Jusante do TGL	01°31'37.0"	48°44'44.5"
PT 05	Montante do Pier 100	01°30'07.7"	48°43'58.2"
PT 06	Jusante do Pier 400	01°30'53.1"	48°44'22.8"
PT 07	Background	01°32'22.8"	48°45'29.2"

Figura 25: Localização da área de estudo.



Fonte: Google Earth.

Os parâmetros físico-químicos analisados pela plataforma foram: alcalinidade, alumínio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cloreto, cobre total, condutividade elétrica, cor verdadeira, cromo total, ferro total, fósforo total, manganês total, níquel total, nitrito, nitrato, pH, sódio total, sulfato, temperatura, turbidez, zinco total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, salinidade, óleos e graxas, amônia e dureza.

Os parâmetros microbiológicos analisados pela plataforma foram: coliformes totais, coliformes termotolerantes e escherichia coli.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Série Histórica Na Plataforma

Ao longo da série temporal considerou-se os VMP (valores máximos permitidos) do CONAMA 357/2005, esses valores podem ser visualizados nas faixas vermelhas, vale salientar que alguns parâmetros não apresentam VMP (valores máximos permitido). O script, Figura 26, respeitou as condições acima expostas e apresentou os valores médios, máximo e mínimo dos anos introduzidos.

Figura 26: Script de série histórica em Javascript

```
const arrayValorDissolvido = [];  
const arrayValorTotal = [];  
const arrayData = []  
const arrayDateValorDissolvido = []  
const arrayDateValorTotal = []  
const arrayDate = []  
  
for (let i = 0; i < dados.length; i++) {  
  
  const year = dados[i].data.slice(0, 4)  
  const month = dados[i].data.slice(5, 7)  
  const day = dados[i].data.slice(8, 10)  
  
  if (dados[i][substancia + 'Valor']) {  
    arrayData.push(dados[i][substancia + 'Valor'])  
    arrayDate.push(day + "-" + month + "-" + year)  
  }  
  
  if (dados[i][substancia + 'ValorDissolvido']) {  
    arrayValorDissolvido.push(dados[i][substancia + 'ValorDissolvido'])  
    arrayDateValorDissolvido.push(day + "-" + month + "-" + year)  
  }  
  
  if (dados[i][substancia + 'ValorTotal']) {  
    arrayValorTotal.push(dados[i][substancia + 'ValorTotal'])  
    arrayDateValorTotal.push(day + "-" + month + "-" + year)  
  }  
}
```

Fonte: Autor.

### 5.2 IQA Na Plataforma

A partir dos dados inseridos na plataforma verificamos o índice da qualidade da água realizado pela mesma. O cálculo realizado, advindo do script da Figura 27, obedeceu aos critérios da CETESB.

Figura 27: Script de IQA em Javascript

```
const coliformeValorTotal = []
const ph = []
const iqa = []
const dbo = []
const turbidez = []
const nitrogenioTotal = []
const fosforoTotal = []
const temperatura = []
const residuoTotal = []
const od = []
const arrayData = []

for (let i = 0; i < dados.length; i++) {

  coliformeValorTotal.push(98.03 - 36.45 * Math.log10(dados[i].coliformeFecaisValor) + 3.138 * Math.log10(dados[i].coliformeFecaisValor) ** 2 + 0.06776 * Math.log10(dados[i].coliformeFecaisValor) ** 3)
  ph.push(0.05421 * dados[i].phValor ** (1.23 * dados[i].phValor - 0.09073 * dados[i].phValor ** 2) + 5.213)
  dbo.push(102.6 * Math.exp(-0.1101 * dados[i].dboValor))
  turbidez.push(97.34 * Math.exp(-0.01139 * dados[i].turbidezValor - 0.04917 * Math.sqrt(dados[i].turbidezValor))
  nitrogenioTotal.push(98.96 * dados[i].nitrogenioAmoniacalValor ** (-0.2232 - 0.006457 * dados[i].nitrogenioAmoniacalValor))
  fosforoTotal.push(213.7 * Math.exp(-1.68 * dados[i].fosforoValorTotal ** (0.3325)))
  temperatura.push(1 / (0.00033869 * (dados[i].temperaturaDoAmostrador + 0.1815) ** 2 + 0.01081))
  residuoTotal.push(80.26 * Math.exp(-0.00107 * dados[i].solidosTotaisDissolvidos + 0.03009 * Math.sqrt(dados[i].solidosTotaisDissolvidos)) - 0.1185 * dados[i].solidosTotaisDissolvidos)
  od.push(100.8 * Math.exp((dados[i].oxigenioValorDissolvido - 106) ** 2 / -3745))
}

for (var i = 0; i < dados.length; i++) {
  iqa.push((od[i] ** 0.17) * (coliformeValorTotal[i] ** 0.15) * (ph[i] ** 0.12) * (dbo[i] ** 0.1) * (temperatura[i] ** 0.1) * (nitrogenioTotal[i] ** 0.1) * (fosforoTotal[i] ** 0.08) * (turbidez[i] ** 0.08) * (residuoTotal[i] ** 0.08))
}
```

Fonte: Autor

Vale ressaltar que as faixas das figuras abaixo resultam de uma avaliação da qualidade da água, as faixas estão divididas em: ótima (faixa azul), boa (faixa verde), razoável (amarela), ruim (vermelha) e péssima (roxo).

### 5.3 IET Na Plataforma

Dos dados colocados na plataforma a mesma calculou o IET, esse índice calcula o estado trófico da água superficial, essa avaliação é dividida em: ultraoligotrófico (faixa azul), oligotrófico (faixa verde), mesotrófico (faixa amarela), Eutrófico (faixa marrom), supereutrófico (faixa vermelha) e hipereutrófico (faixa roxa). O cálculo realizado obedeceu aos critérios da CETESB e concomitantemente LAMPARELLI. Na Figura 28, apresenta-se os scripts utilizado.

Figura 28: Script de IET em Javascript

```
const arrayValor = []
const iet = []
const arrayData = []

for (let i = 0; i < dados.length; i++) {
  let fosforoValorTotal = dados[i].fosforoValorTotal;
  arrayValor.push(fosforoValorTotal)
}

var indexValorArray = arrayValor.indexOf(0);

while (indexValorArray >= 0) {
  arrayValor.splice(indexValorArray, 1);
  indexValorArray = arrayValor.indexOf(0);
  arrayData.splice(indexValorArray, 1);
}

for (let i = 0; i < dados.length; i++) {
  iet.push(10 * (6 - ((0.42 - 0.36 * Math.log(arrayValor[i])) / Math.log(2)) - 20).toFixed(2))
}
```

Fonte: Autor.

## 5.4 DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA - PORTO DE BELÉM

Para aferir o comportamento dos pontos de monitoramento do Porto de Belém, dentre os anos de 2017 a 2020, utilizou-se O dispositivo integrado a plataforma, esse instrumento auxilia na comparação dos pontos, apresentando o comportamento durante a série histórica de dois pontos, ou um ponto, para um parâmetro.

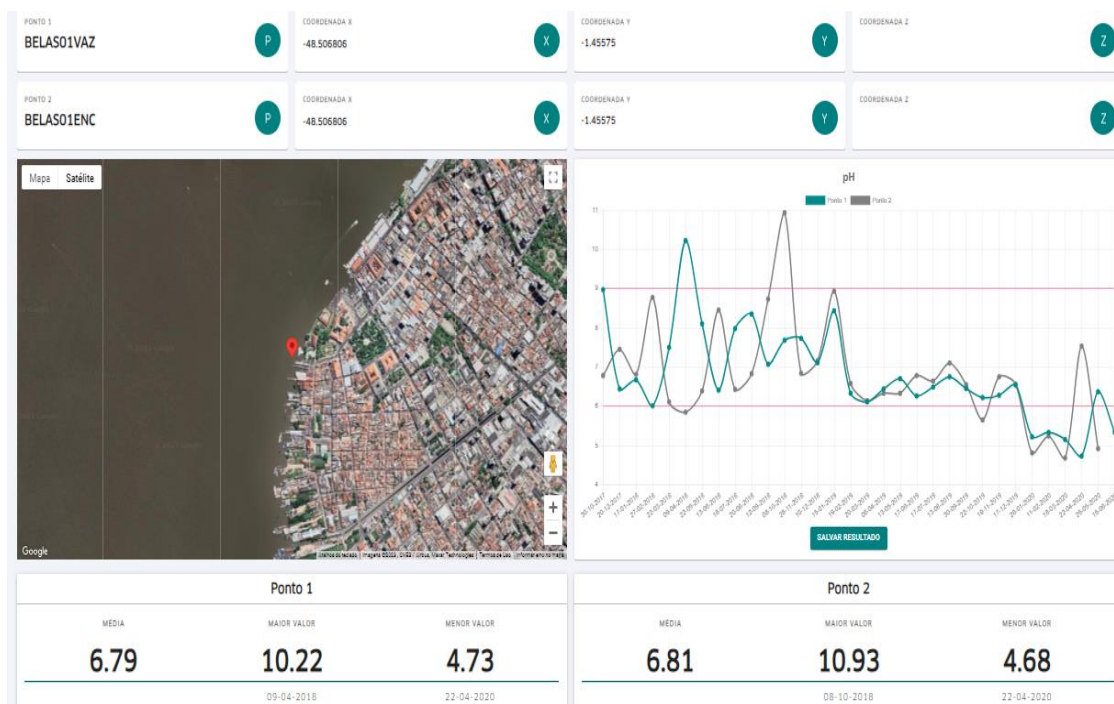
### 5.4.1 Série Histórica - pH

A partir das figuras 29, 30, 31 e 32 baixo, podemos contrapor os resultados de pH dos pontos vazante e enchente, durante todo o monitoramento, desta forma verifica-se a tendência decrescente em todos os pontos. Observou-se flutuações (picos) irregulares principalmente: em fevereiro e março de 2018 e 2020 e outubro de 2020 em todos os pontos e marés. A partir desse resumo dos resultados, podemos concluir nos meses com maior volume de precipitação fevereiro e abril há uma maior diferença de pH. No mês de outubro, as precipitações estão aumentando depois do período com menos precipitação (setembro), logo aumentando os valores de pH na enchente. Os resultados das médias de pH dos pontos de monitoramento



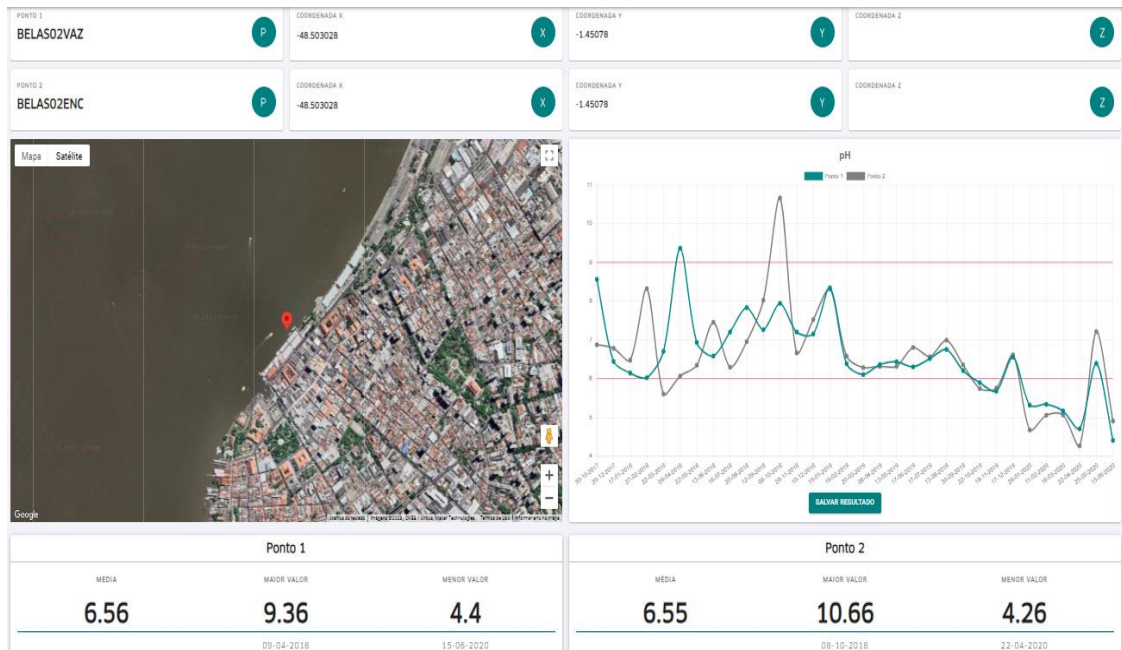
ficaram no intervalo entre 6,81 à 6,41. O ponto BELAS01 enchente, em outubro de 2018 obteve o maior valor de pH registrado 10,93. O ponto BELAS03 enchente, em abril de 2020 obteve o menor valor registrado nas campanhas de monitoramento 4,14. Podemos verificar também que no final do ano de 2019 e até o primeiro trimestre de 2020 os resultados de pH ficaram abaixo do valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005 – Classe 02, de acordo com este CONAMA a faixa de pH é entre 6 à 9.

Figura 29: Série histórica de pH ponto BELAS01



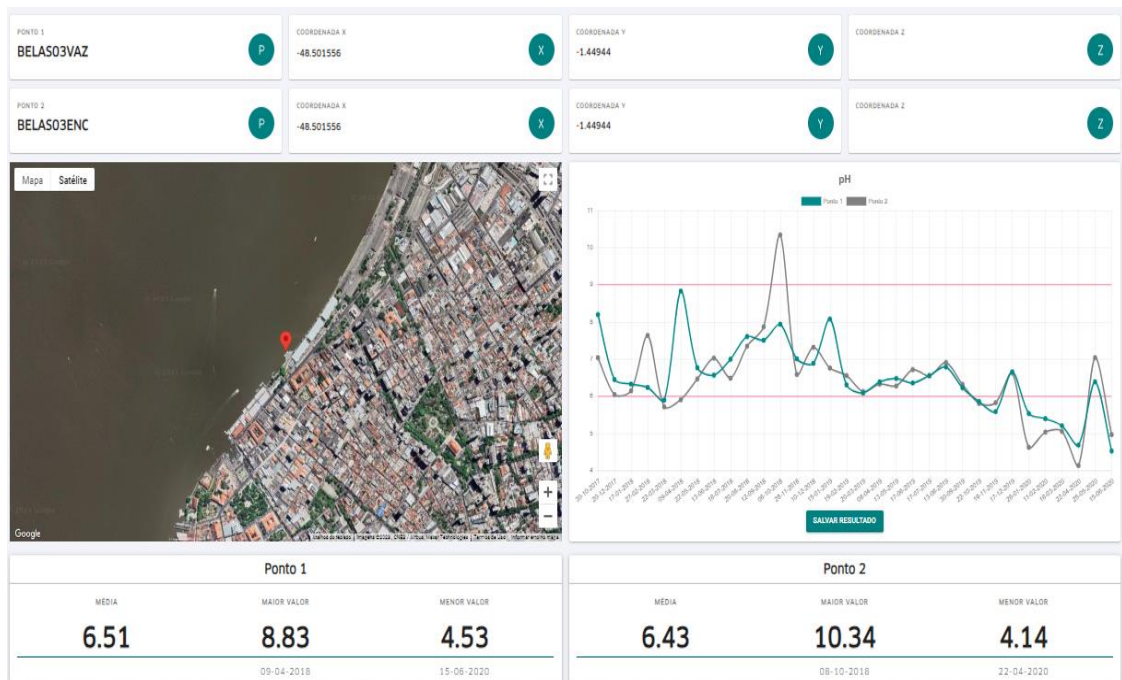
Fonte: Autor.

Figura 30: Série histórica de pH ponto BELAS02



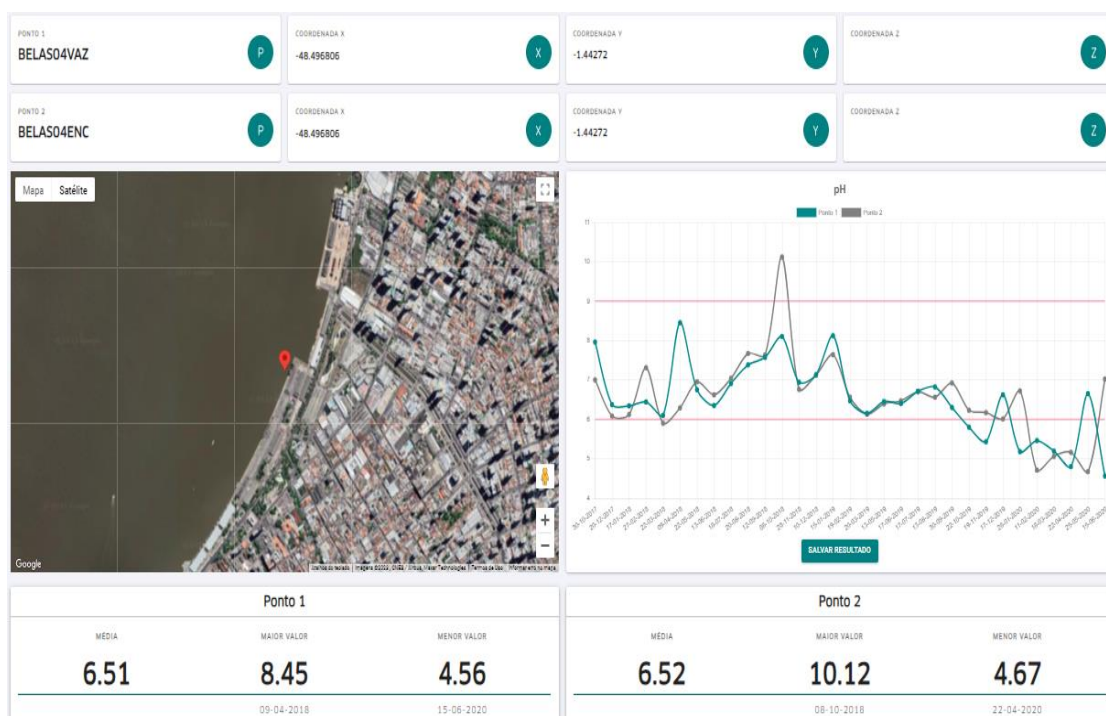
Fonte: Autor.

Figura 31: Série histórica de pH ponto BELAS03



Fonte: Autor.

Figura 32: Série histórica de pH ponto BELAS04

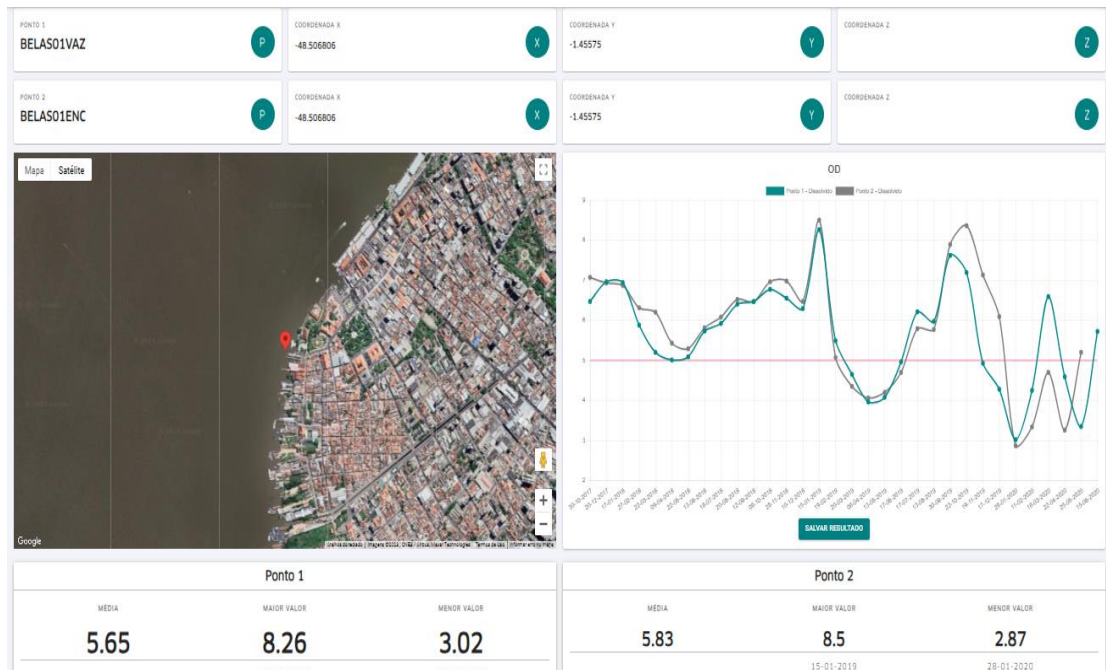


Fonte: Autor.

#### 5.4.2 Série Histórica – Oxigênio dissolvido

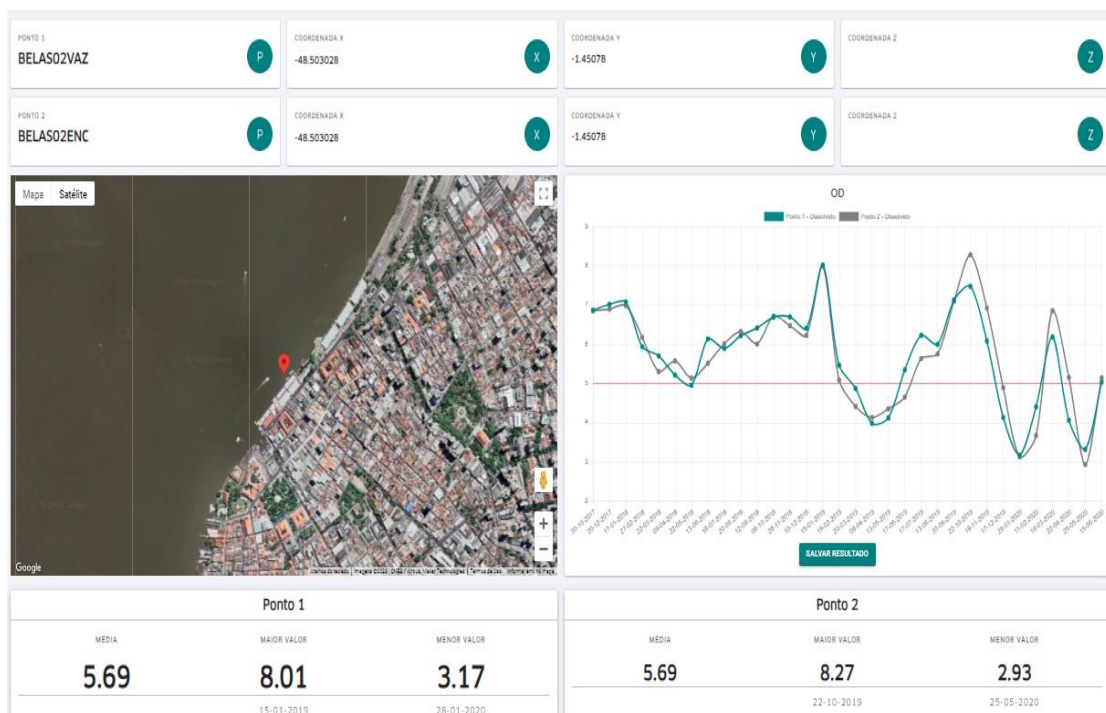
Os resultados de OD, na maré alta e baixa, ficaram próximas entre si. Entretanto, a série não apresenta uma tendência, e sim uma variação sistemática onde janeiro e março (períodos de maior incidência de chuva) apresentam flutuações superiores, enquanto em maio e junho flutuações inferiores durante os anos de monitoramento. Portanto, várias inversões da série são vistas, constatando variação cíclica. Os resultados das médias do oxigênio dissolvido ficaram no intervalo de 5,53 a 5,83. Os valores máximos encontrados, deste parâmetro, foi o ponto BELAS 01 (figura 33), na enchente em janeiro de 2019 com o valor de 8,5. O menor valor encontrado de OD foi o valor de 2,86 no ponto BELAS04 enchente em maio de 2020. Conforme o CONAMA 357/2005, os valores permitidos pela norma são de menores que 5 mg/L.

Figura 33: Série histórica de OD ponto BELAS01



Fonte: Autor

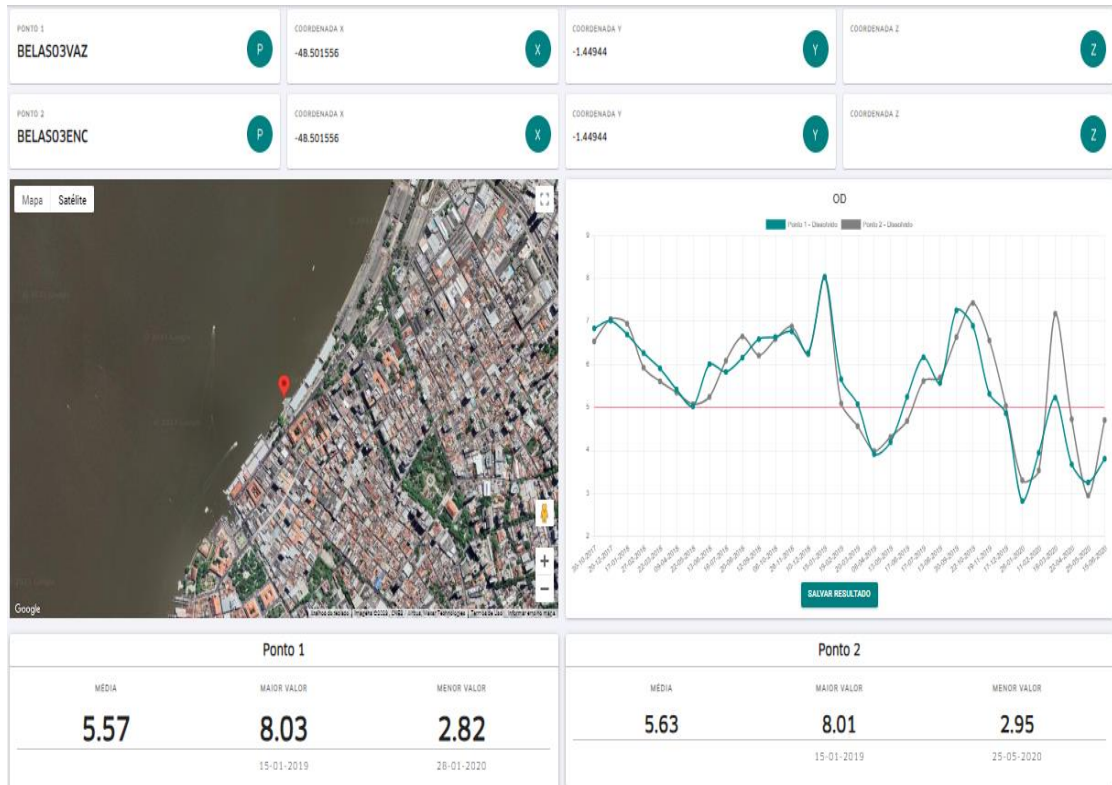
Figura 34: Série histórica de OD ponto BELAS02



Fonte: Autor.

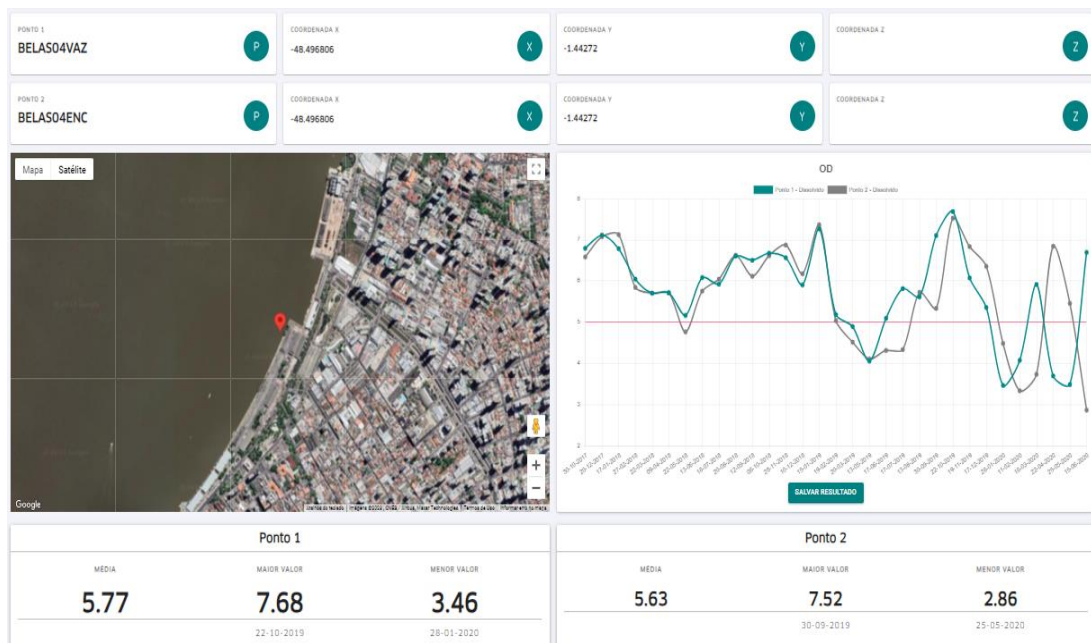


Figura 35: Série histórica de OD ponto BELAS03.



Fonte: Autor.

Figura 36: Série histórica de OD ponto BELAS04



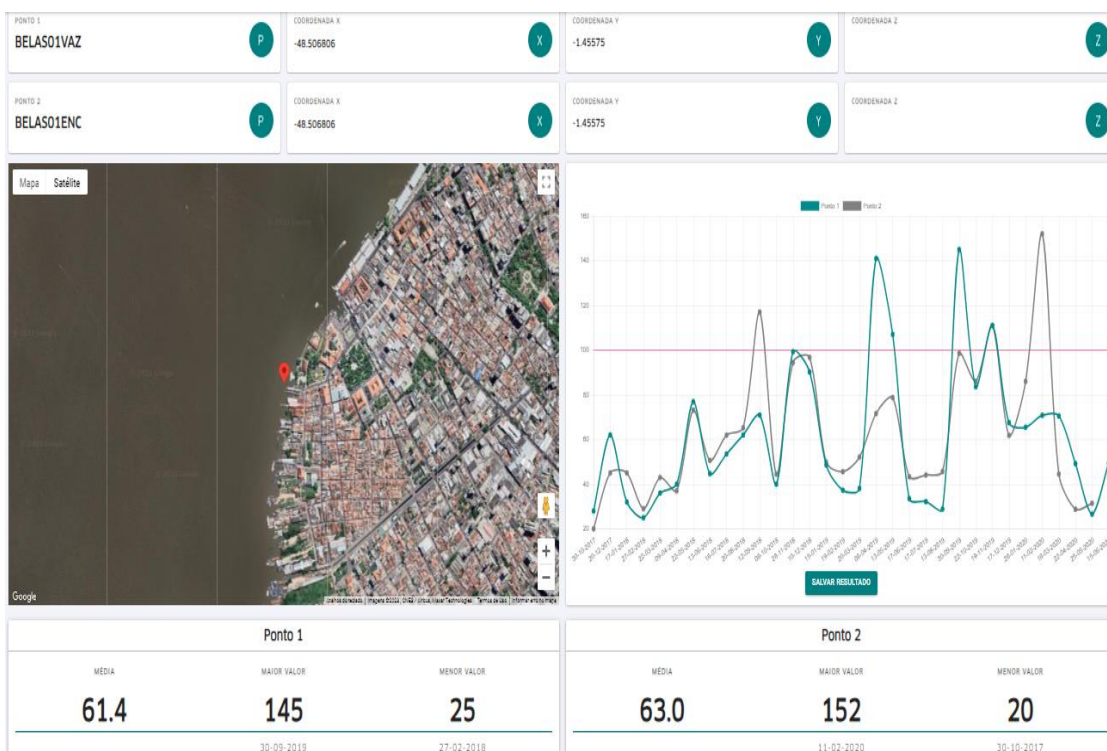
Fonte: Autor

### 5.4.3 Série Histórica – Turbidez

A partir do comportamento dos gráficos, podemos constatar a variação por ciclos sazonais durante todos os anos de monitoramento. Neste caso, no período de maior volume de precipitações os valores de turbidez de maré baixa obtiveram os maiores resultados, ou seja, flutuações superiores.

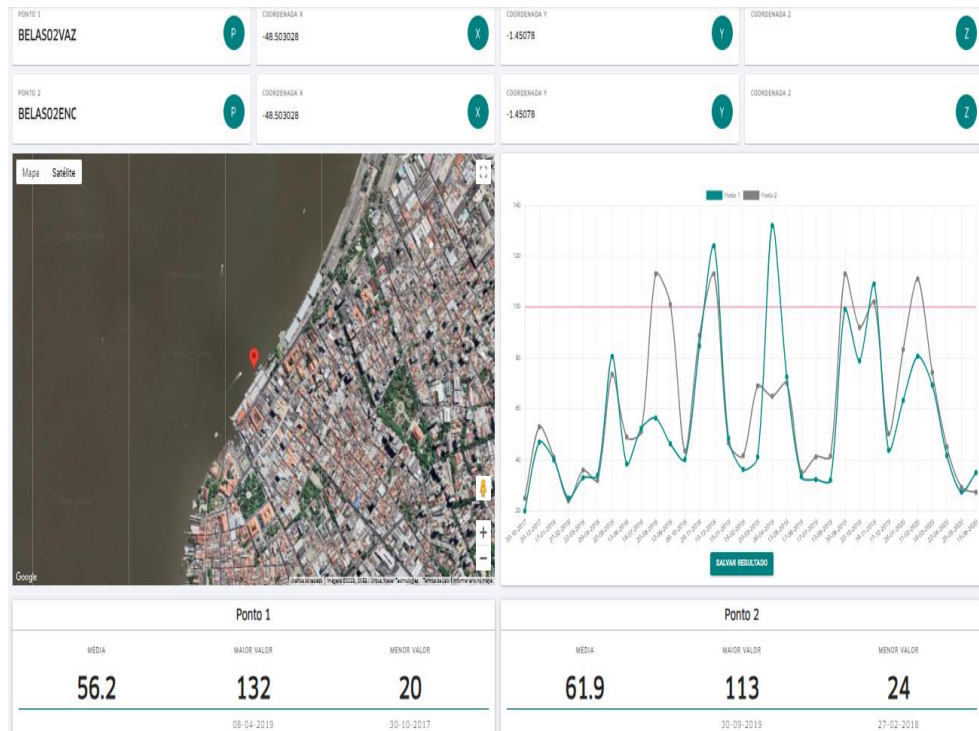
Os resultados da série histórica de turbidez obtiveram um intervalo médio entre 50 à 63. O valor mais elevado foi detectado no ponto BELAS04 enchente sendo igual 161NTU. O ponto mínimo identificado foi o BELAS04 vazante com o resultado de 11NTU. O CONAMA 357/2005 – Classe 02 possui o valor limite de 100 NTU.

Figura 37: Série histórica de turbidez ponto BELAS01



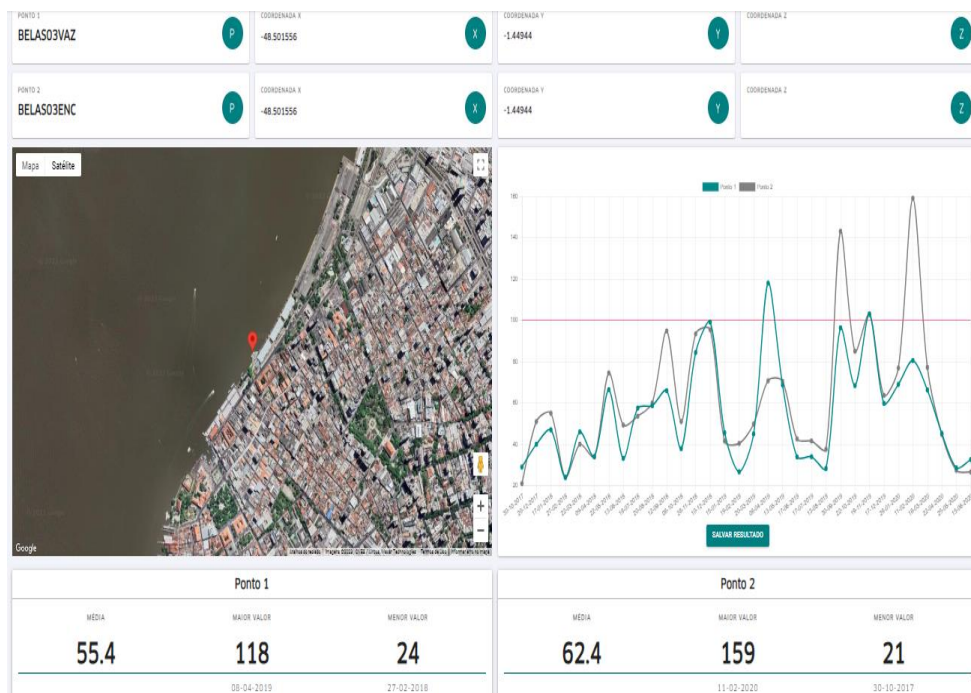
Fonte: Autor

Figura 38: Série histórica de turbidez ponto BELAS02



Fonte: Autor.

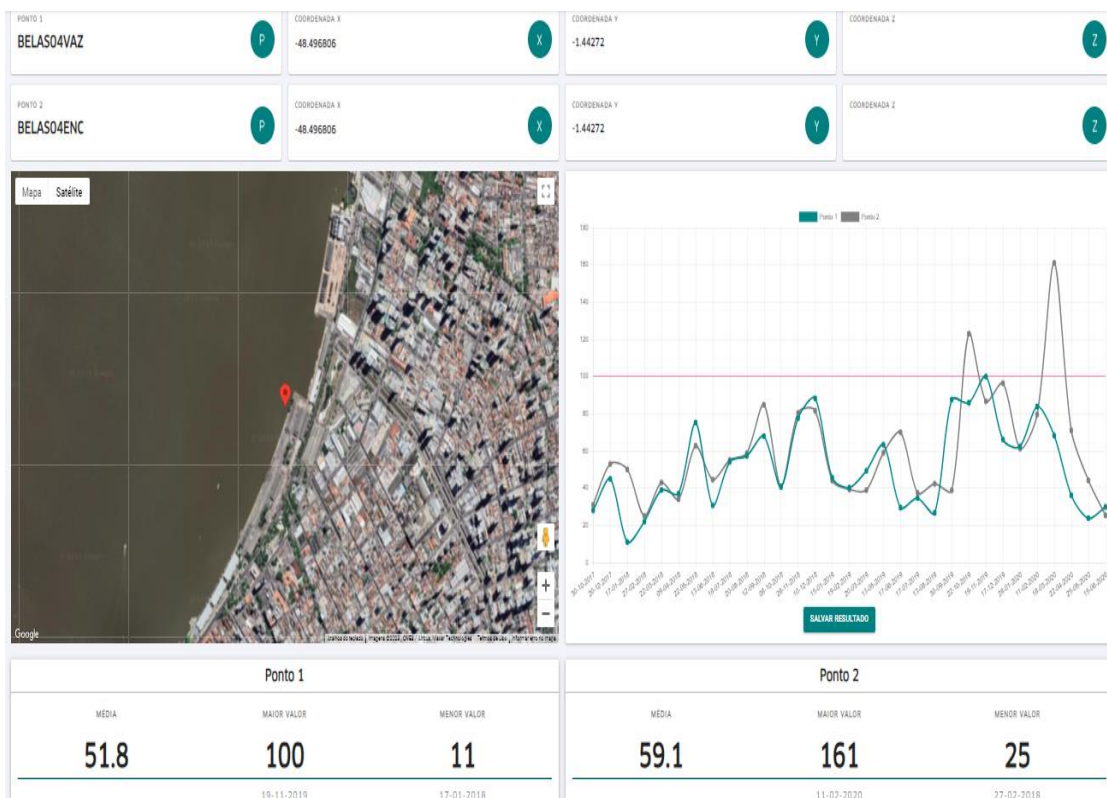
Figura 39: Série histórica de turbidez ponto BELAS03



Fonte: Autor



Figura 40: Série histórica de turbidez ponto BELAS04



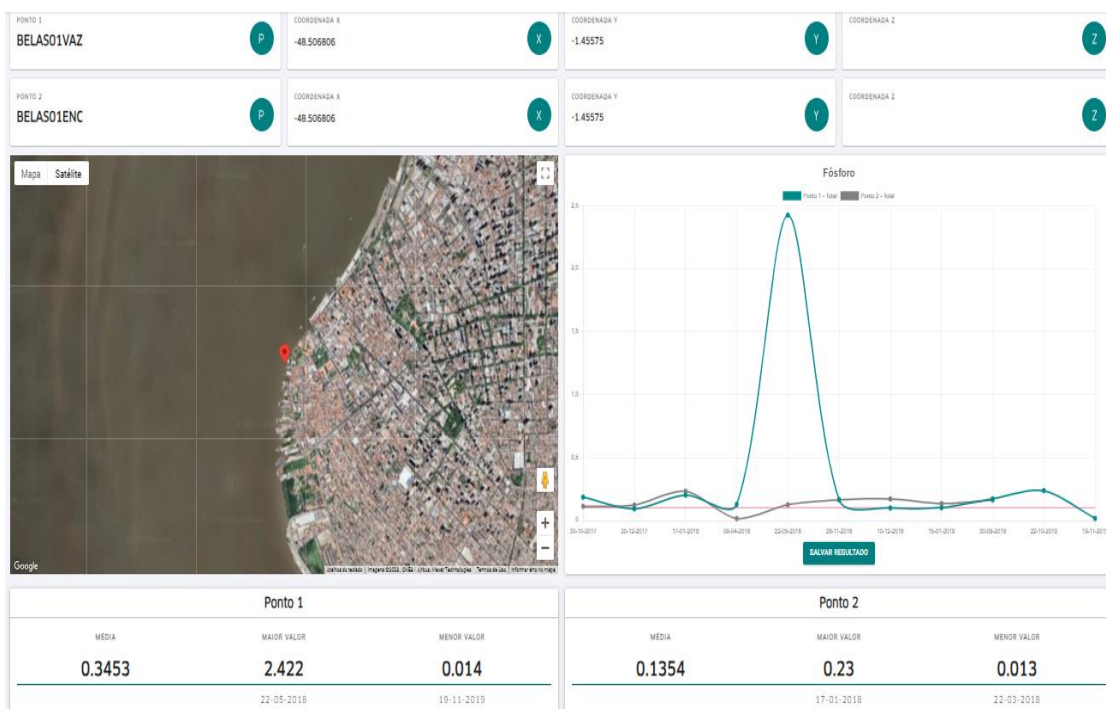
Fonte: Autor.

#### 5.4.4 Série Histórica – Fósforo total

Os resultados do ponto BELAS01 vazante no mês de maio (período com alto nível de precipitação) de 2018, apresentou uma anomalia pontual, já os outros pontos apresentaram uma variação sazonal durante o monitoramento. A média dos resultados de fósforo total estão acima do VMP do CONAMA 357/2005 – Classe 2. Em regiões com alta precipitação e presença de efluente doméstico, o fósforo pode ser transportado para os corpos d'água, aumentando sua concentração e favorecendo o desenvolvimento de algas e cianobactérias (MELIA,2006).

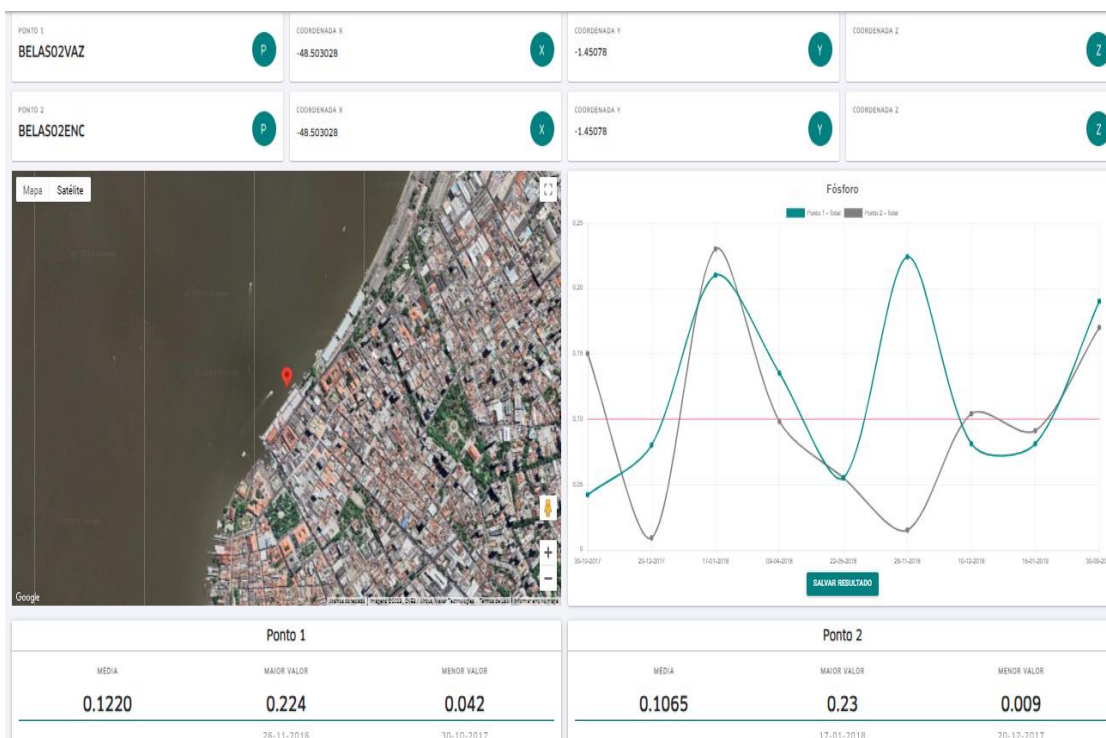
Diante dos valores das campanhas de monitoramento, os valores da média ocuparam a lacuna de 0,1068 a 0,3453 mg/L de fósforo total. O valor elevado foi verificado em maio de 2018 no ponto BELAS01 vazante. O menor ponto encontrado foi captado em dezembro de 2017 com resultado igual a 0,009 mg/L de fósforo total.

Figura 41: Série histórica de fósforo total ponto BELAS01



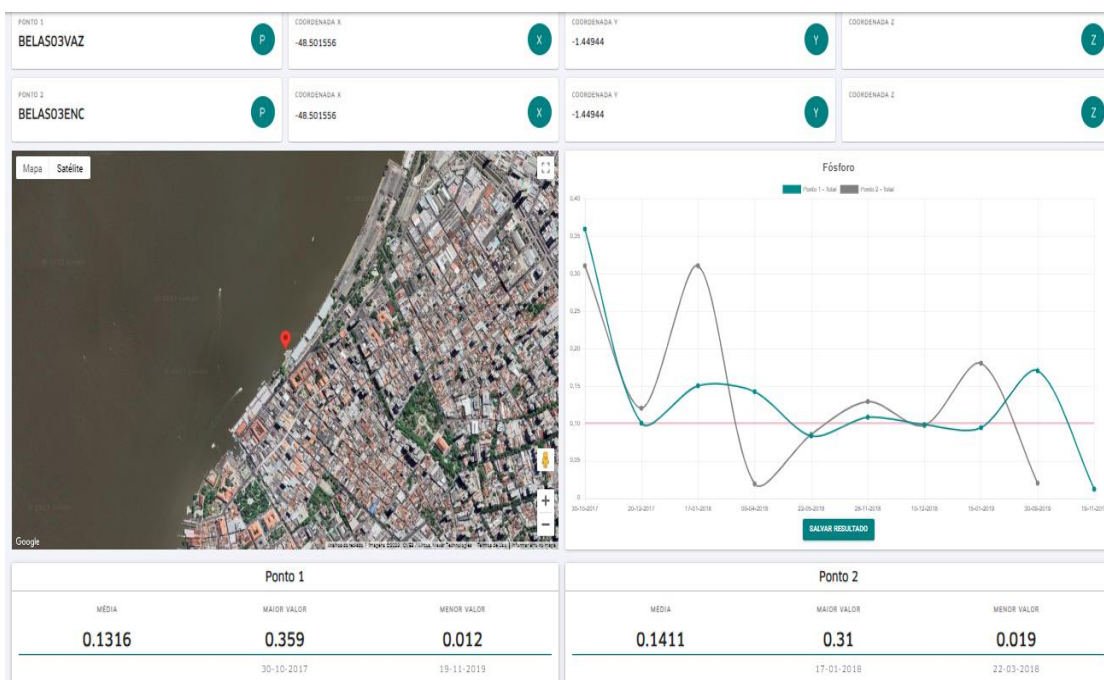
Fonte: Autor

Figura 42: Série histórica de fósforo total ponto BELAS02



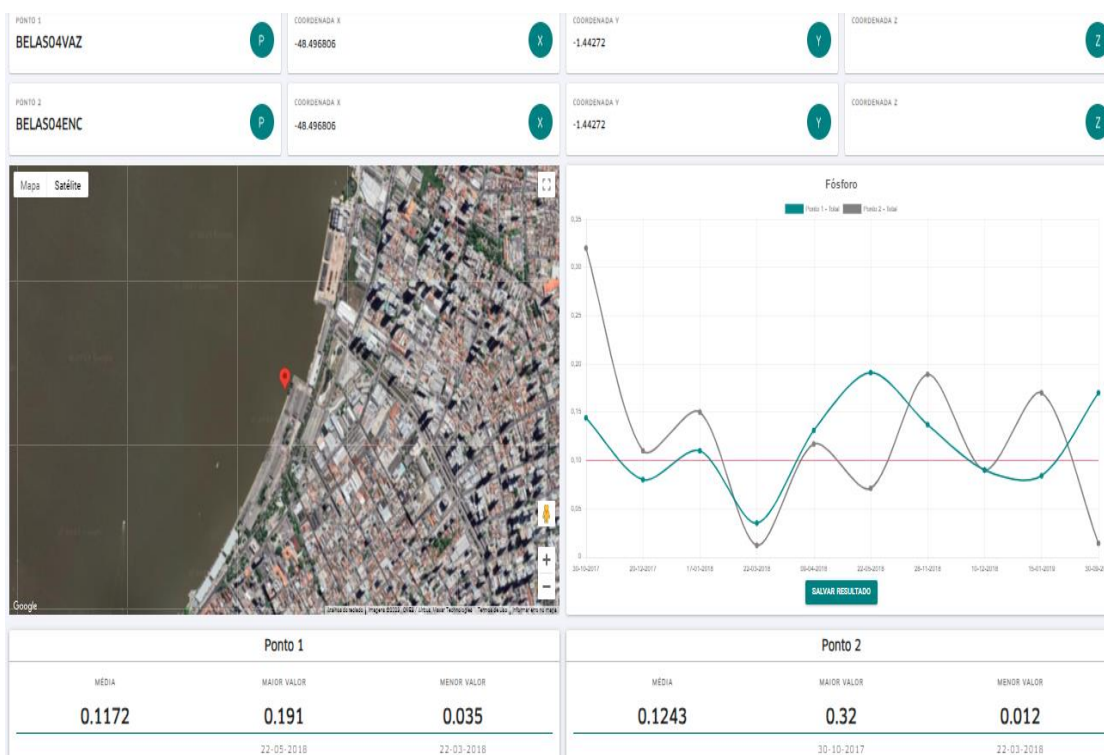
Fonte: Autor.

Figura 43: Série histórica de fósforo total ponto BELAS03



Fonte: Autor.

Figura 44: Série histórica de fósforo total ponto BELAS04



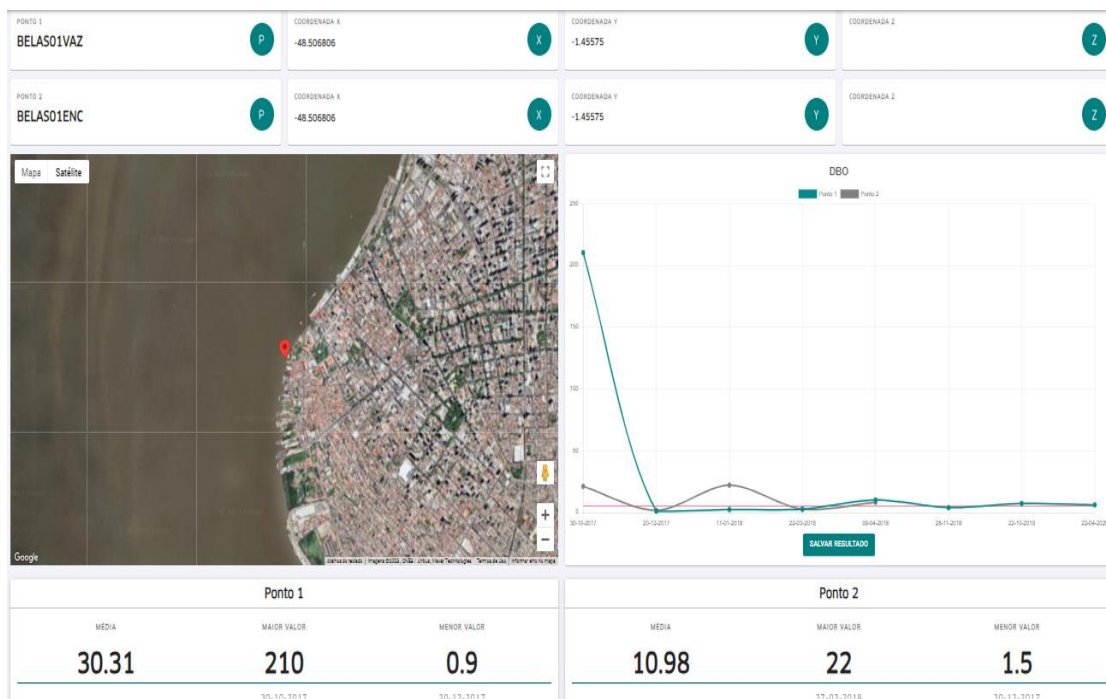
Fonte: Autor.

### 5.4.5 Série Histórica – Demanda bioquímica de oxigênio

No ponto BELAS01 vazante e BELAS03 enchente, no mês de outubro de 2017, apresentaram anomalias pontuais, os valores aferidos são maiores que o VMP de efluente (120 mg/L), ou seja, são resultados fortuitos.

A partir dos resultados das campanhas inseridas na plataforma podemos aferir que o intervalo das médias obteve 4,22 a 33,73 mg/L. O maior resultado da série foi 238 mg/L em outubro de 2017. Já os menores resultados apresentam os respectivos valores: BELAS01 vazante 0,9 mg/L em dezembro de 2017, BELAS02 vazante 0,2 mg/L em outubro de 2017, BELAS03 enchente 0,1 mg/L em dezembro de 2017 e BELAS 04 vazante 0,2 mg/L em janeiro de 2018. Além disso, os pontos BELAS 01ENCH, BELAS 02 VAZ e BELAS 04 ENCH, apresentaram menos dados durante os anos de monitoramento.

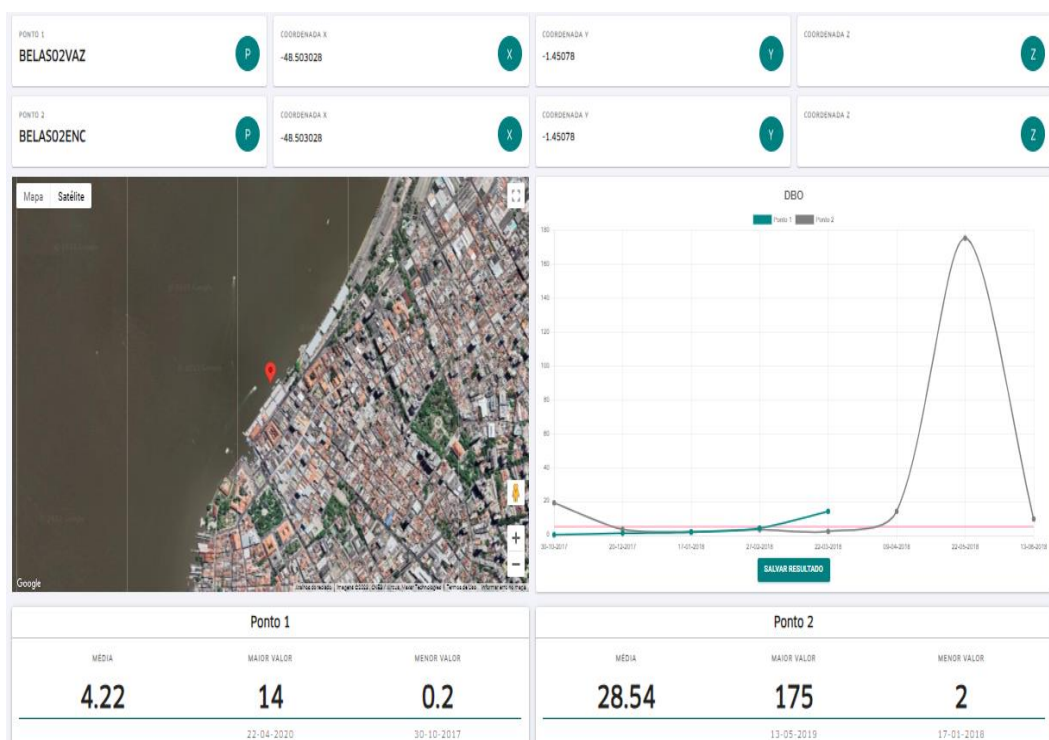
Figura 45: Série histórica de DBO ponto BELAS01



Fonte: Autor.

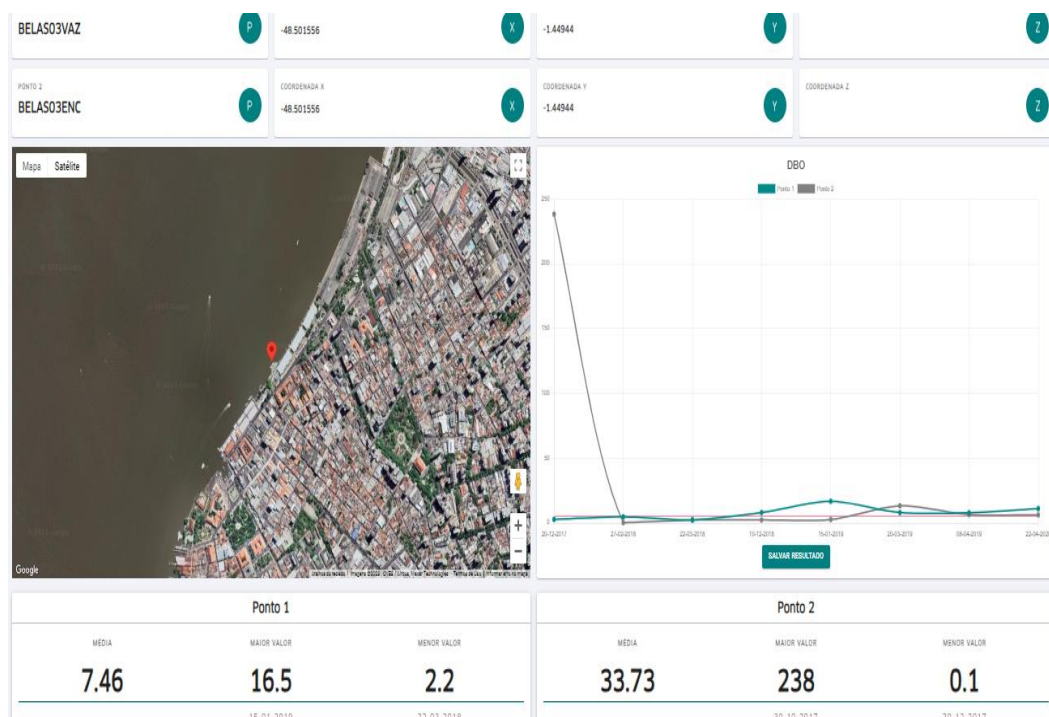


Figura 46: Série histórica de DBO ponto BELAS02



Fonte: Autor.

Figura 47: Série histórica de DBO ponto BELAS03



Fonte: Autor.

Figura 48: Série histórica de DBO ponto BELAS04

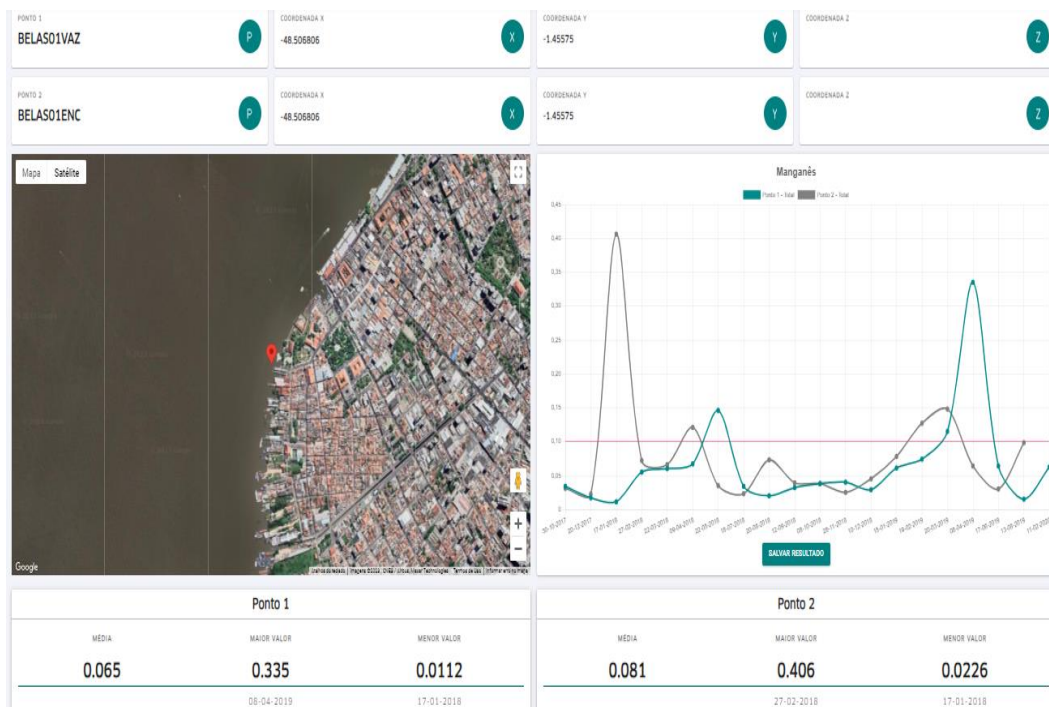


Fonte: Autor.

#### 5.4.6 Série Histórica – Manganês total

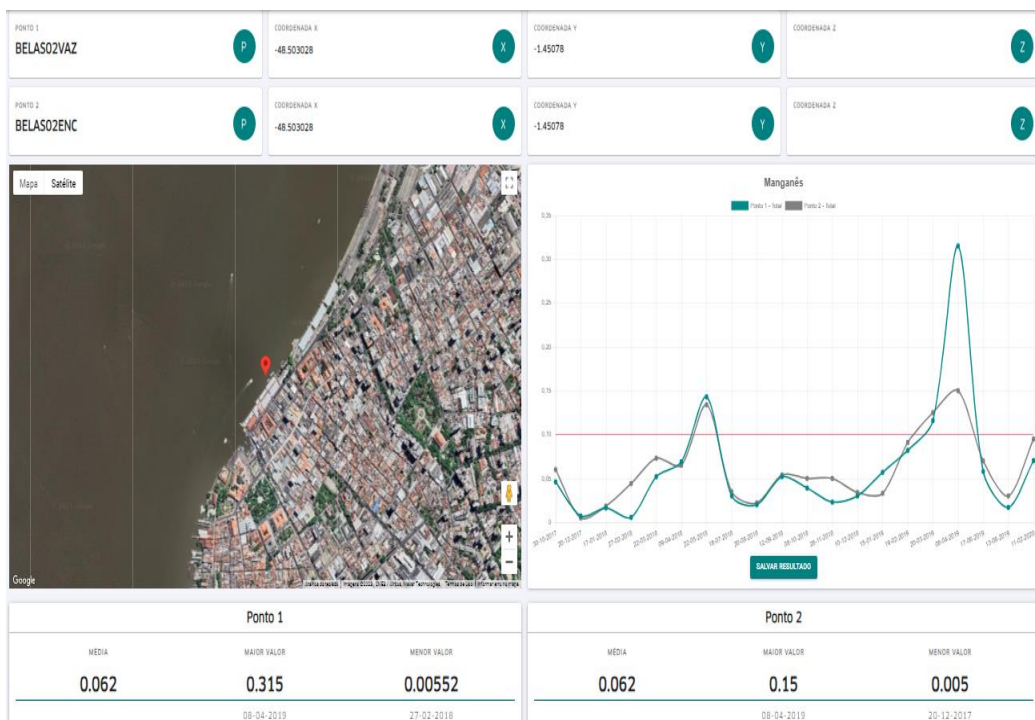
Os pontos de monitoramento BELAS 01 e 03, em ambas as marés apresentam comportamento semelhante, com anomalias pontuais nos mesmos períodos, no mês de fevereiro e abril (maior volume de chuvas). Em pH próximo ao neutro, o manganês tende a se oxidar e formar óxidos insolúveis que podem precipitar ou adsorver em partículas, desta maneira, evitando a toxicidade desse elemento para a vida aquática existente (FOY,1984). Os resultados de manganês durante os anos de monitoramento, podemos verificar o espaçamento das médias 0,058 a 0,094 mg/L.

Figura 49: Série histórica de Mn total ponto BELAS01



Fonte: Autor.

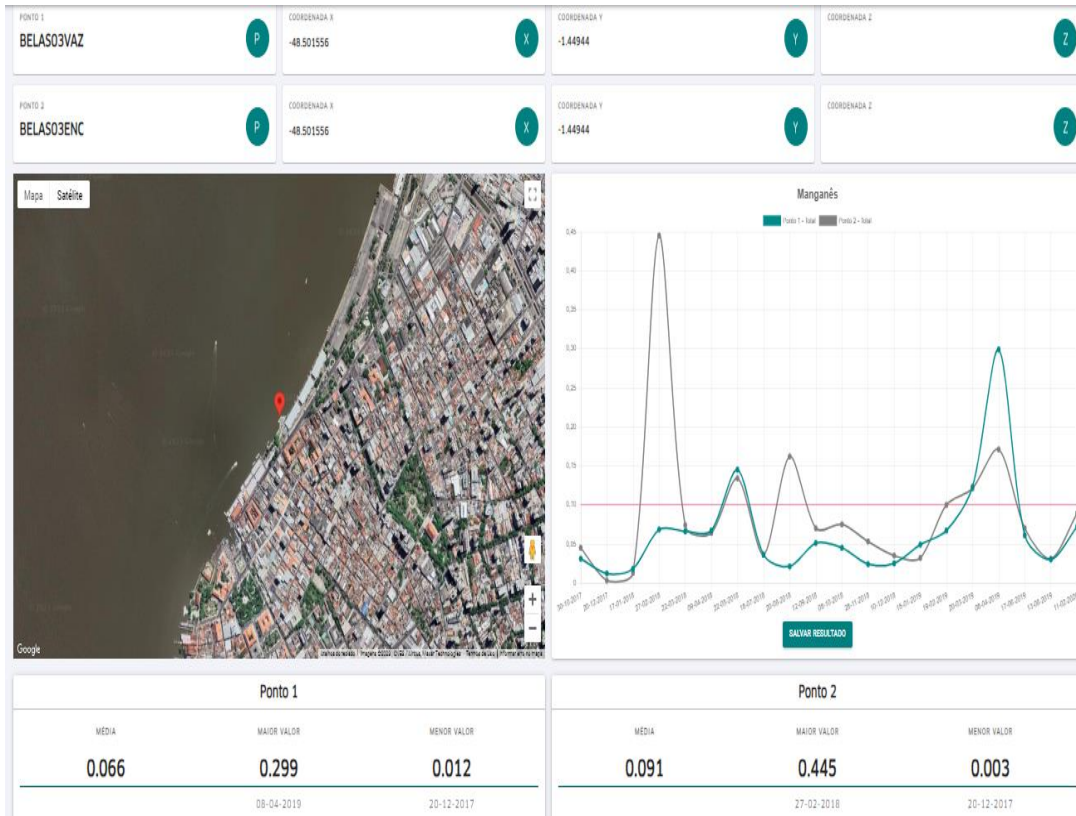
Figura 50: Série histórica de Mn total ponto BELAS02



Fonte: Autor.

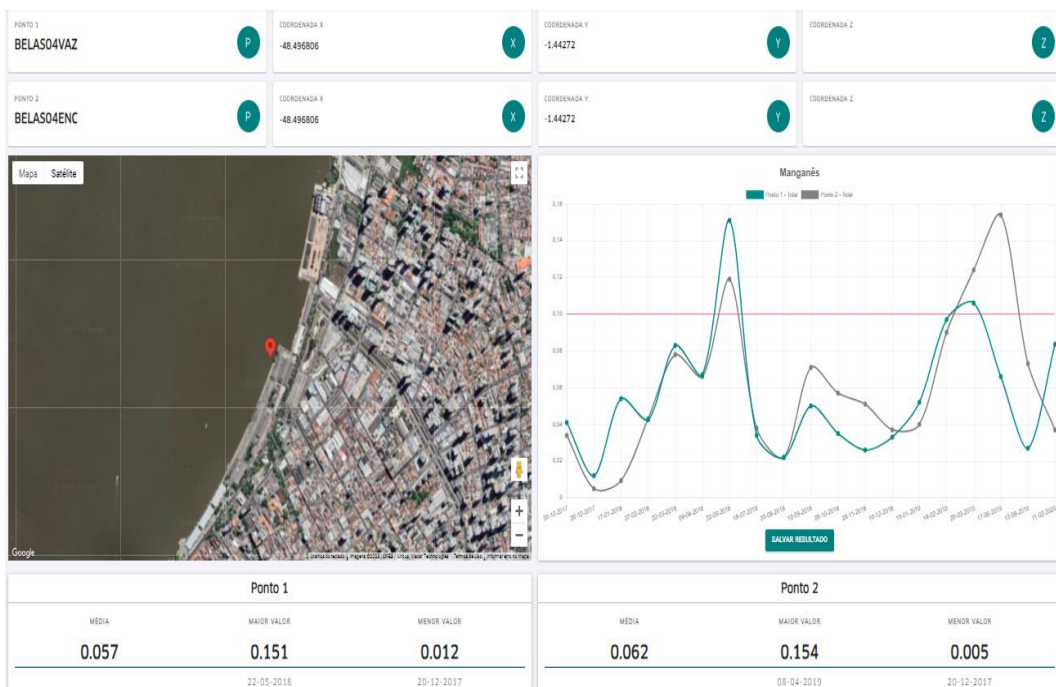


Figura 51: Série histórica de Mn total ponto BELAS03.



Fonte: Autor.

Figura 52: Série histórica de Mn total ponto BELAS04.



Fonte: Autor.

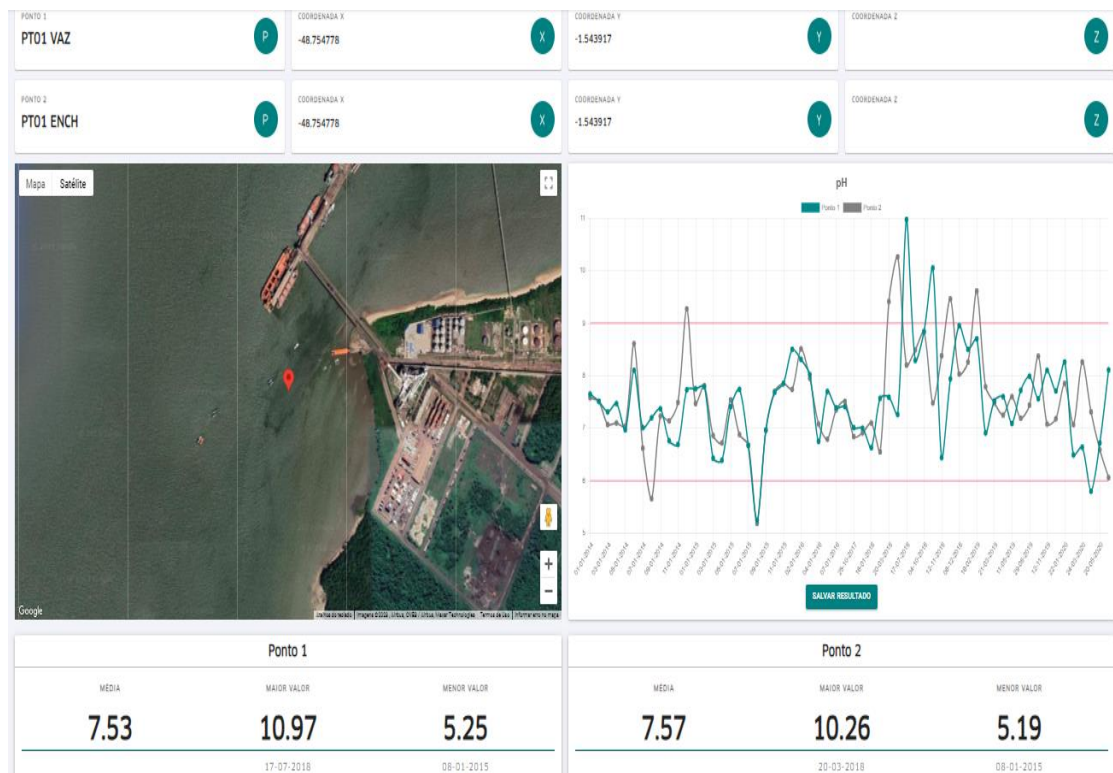
## 5.5 DADOS DA SÉRIE HISTÓRICA - PORTO VILA DO CONDE

Para verificar o comportamento da série histórica do Porto Vila do Conde, utilizou os dados de monitoramento dos anos de 2014 a 20220, para sumarizar os dados, buscou-se usar no mesmo gráfico o ponto avaliando-o na maré alta e baixa no mesmo gráfico.

### 5.5.1 Série Histórica – pH

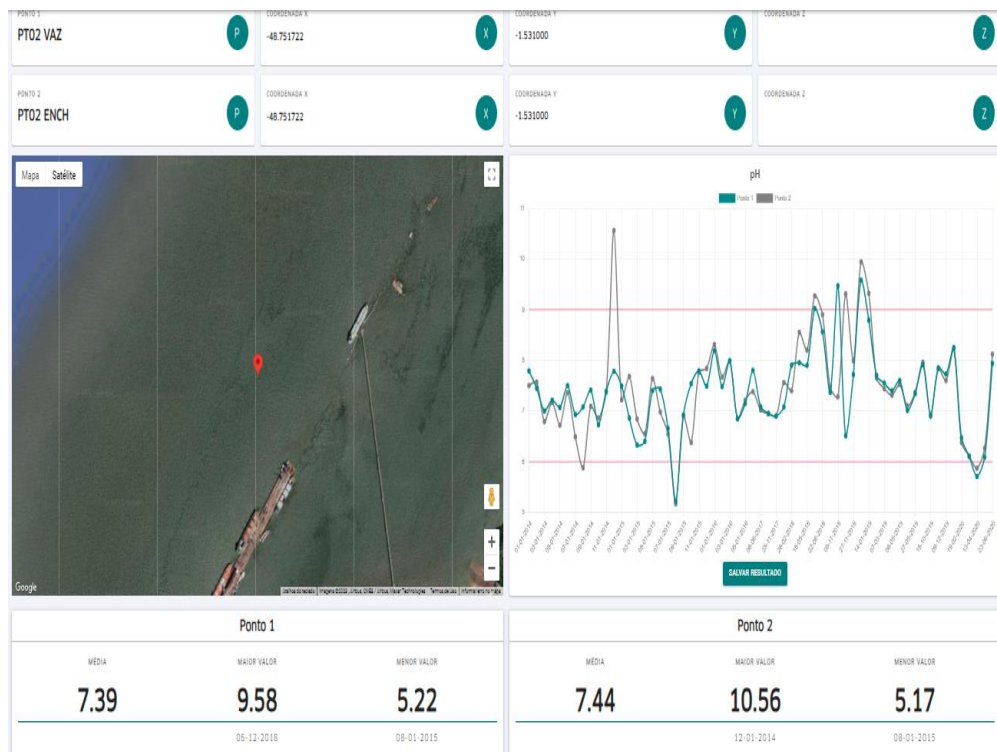
Sobre os resultados do monitoramento, pode-se aferir que nos pontos PT02, PT03, PT05 e PT07 enchente, encontram-se anomalias pontuais nos meses de janeiro fevereiro e dezembro, nos anos de 2014 e 2018, os outros pontos obtiveram uma tendência de variação sazonal. A média dos resultados de pH estão na faixa aceitável pelo CONAMA 357/2005 – Classe 2, VMP 6 a 9. O ponto PT05 ench, apresenta os maiores (12,54) e menores (5,15) valores do monitoramento.

Figura 53: Série histórica de pH ponto PT01



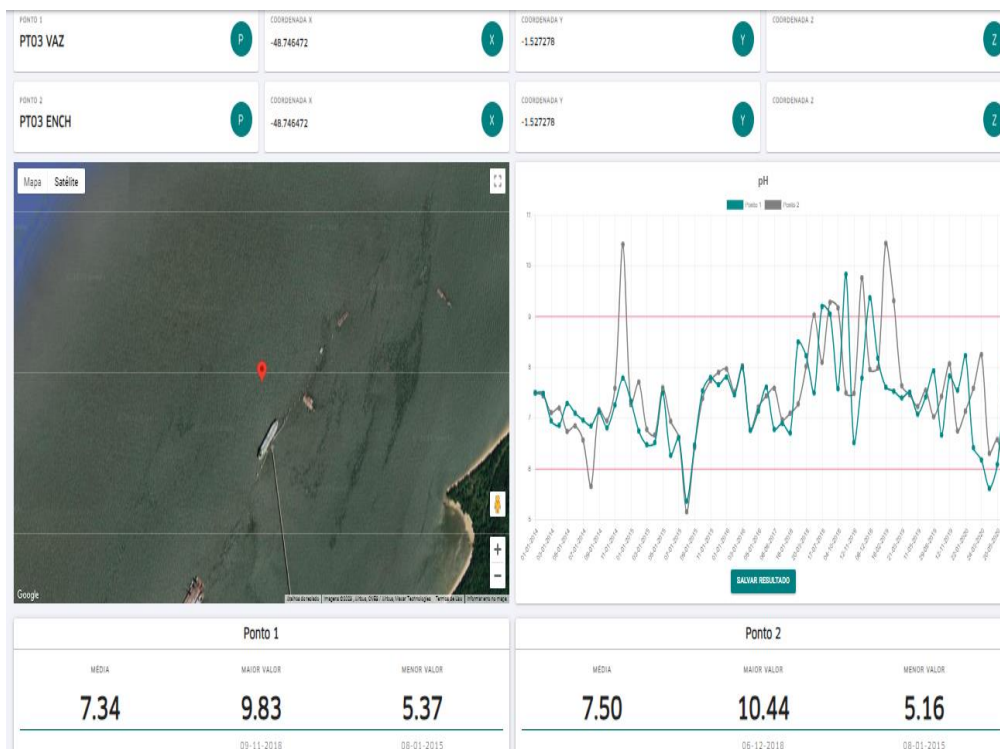
Fonte: Autor.

Figura 54: Série histórica de pH ponto PT02



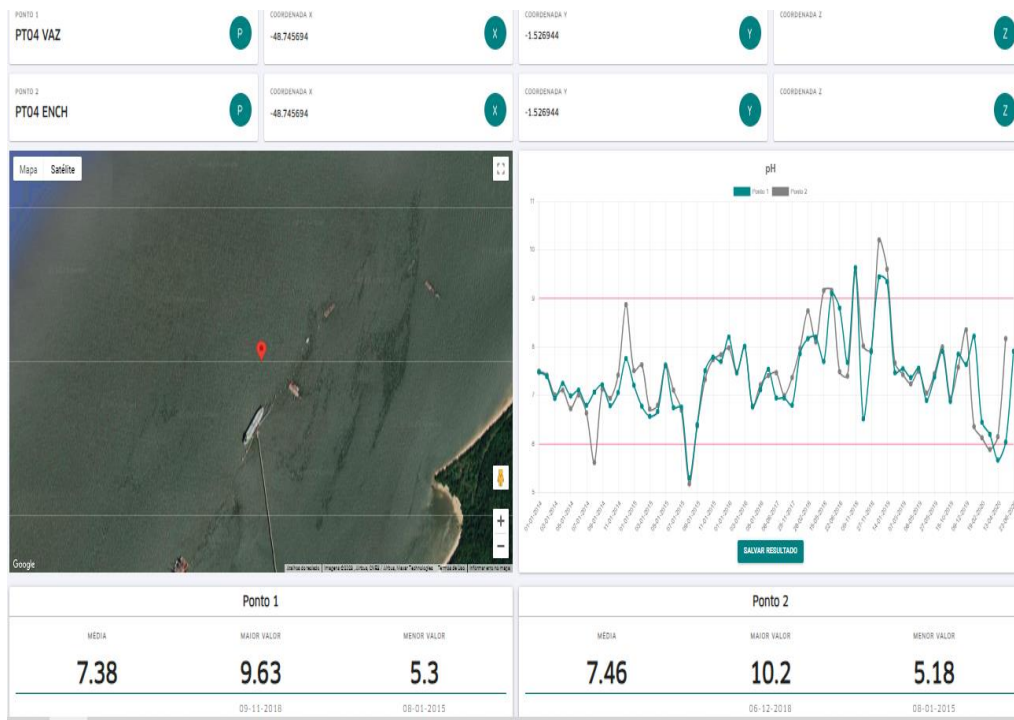
Fonte: Autor.

Figura 55: Série histórica de pH ponto PT03



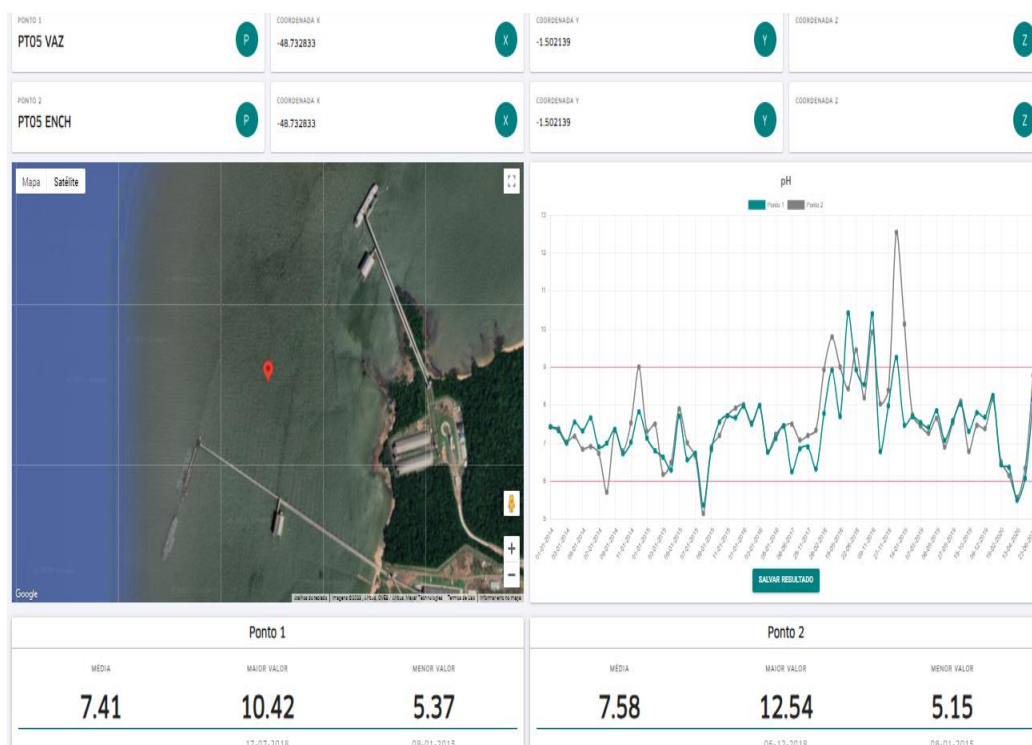
Fonte: Autor.

Figura 56: Série histórica de pH ponto PT04



Fonte: Autor.

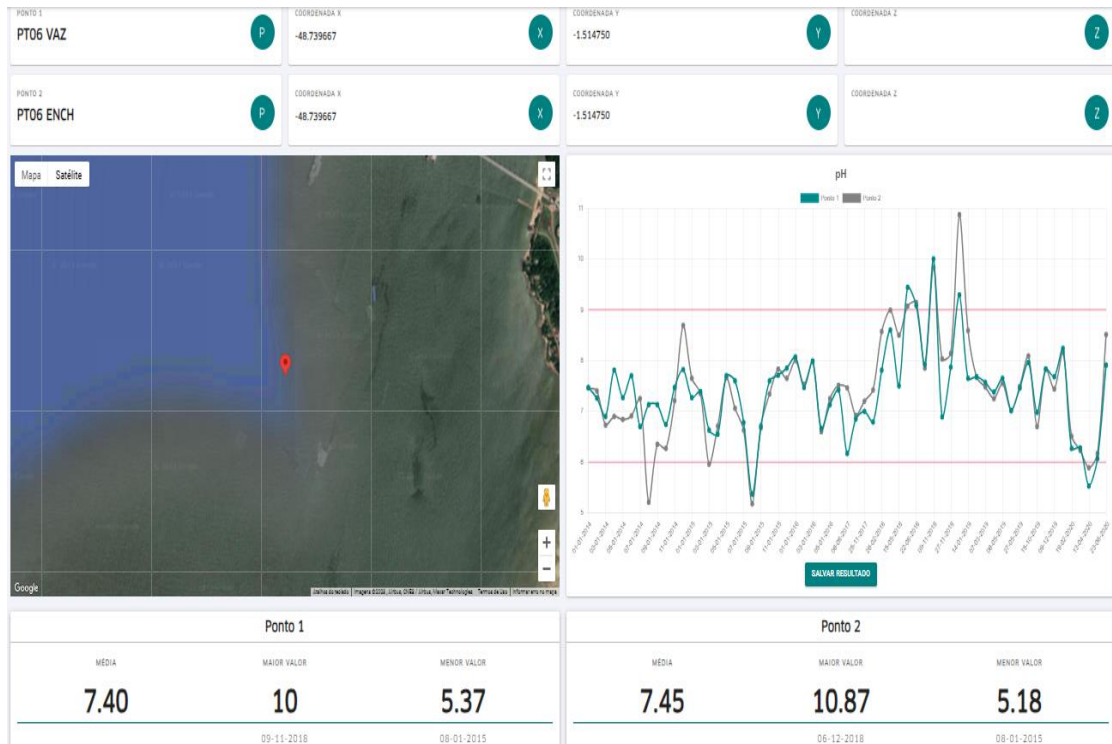
Figura 57: Série histórica de pH ponto PT05



Fonte: Autor.

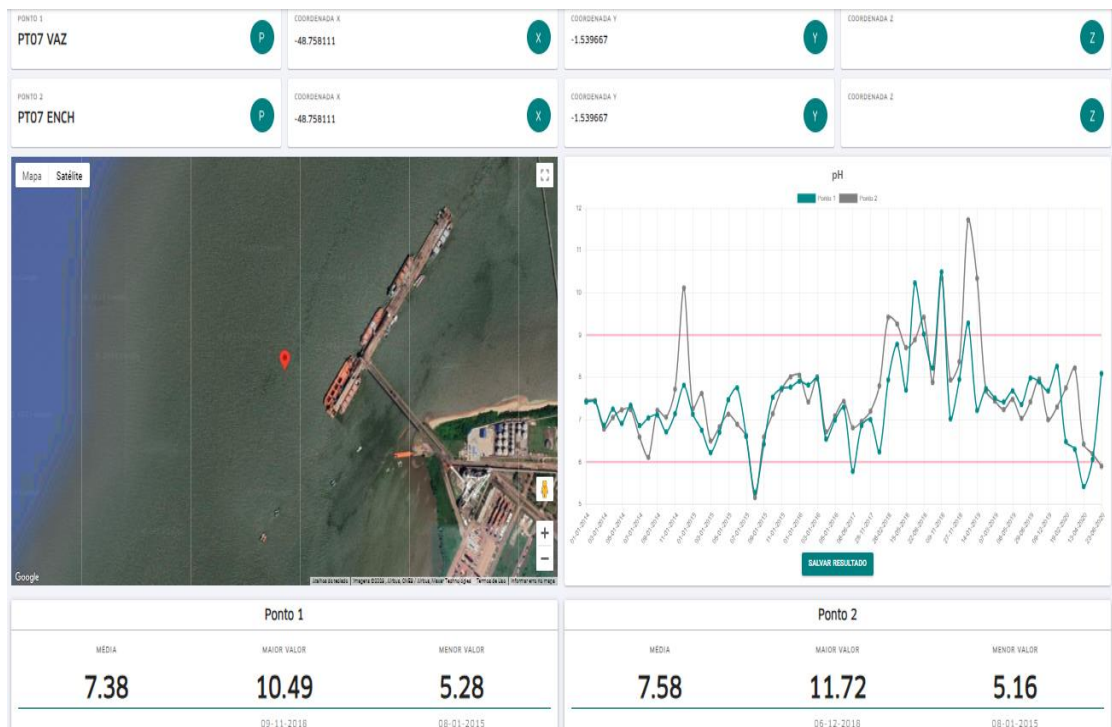


Figura 58: Série histórica de pH ponto PT06



Fonte: Autor.

Figura 59: Série histórica de pH ponto PT07

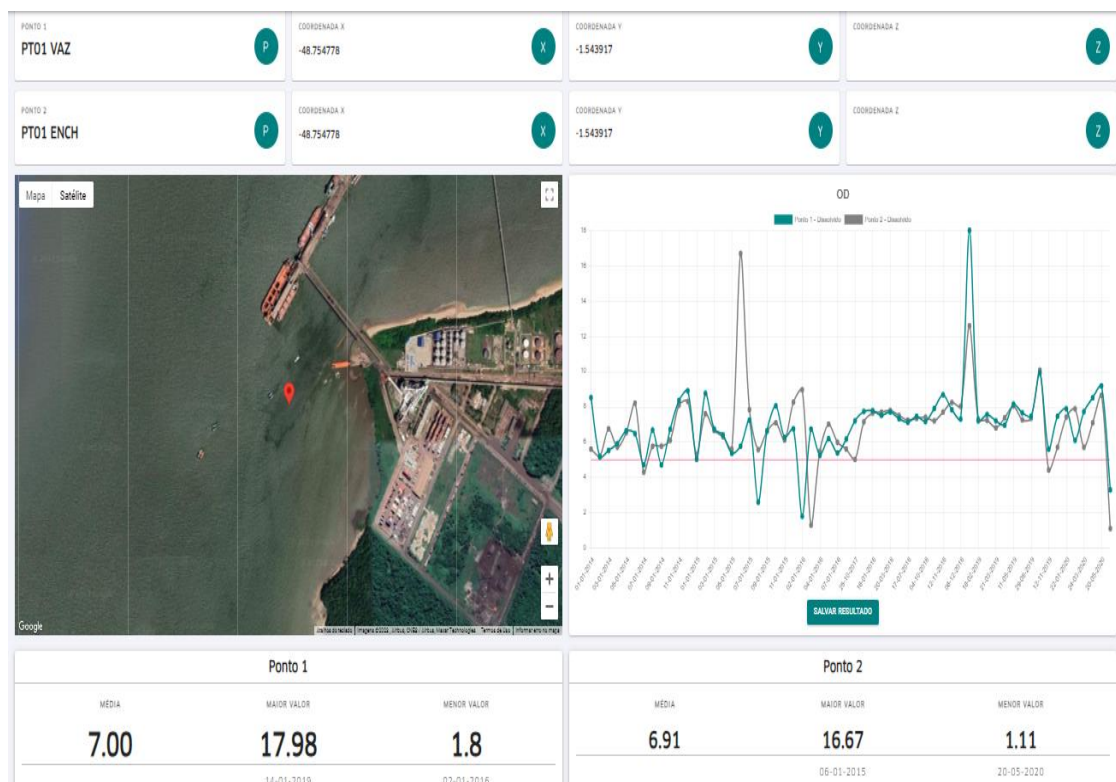


Fonte: Autor.

### 5.5.2 Série Histórica – oxigênio dissolvido

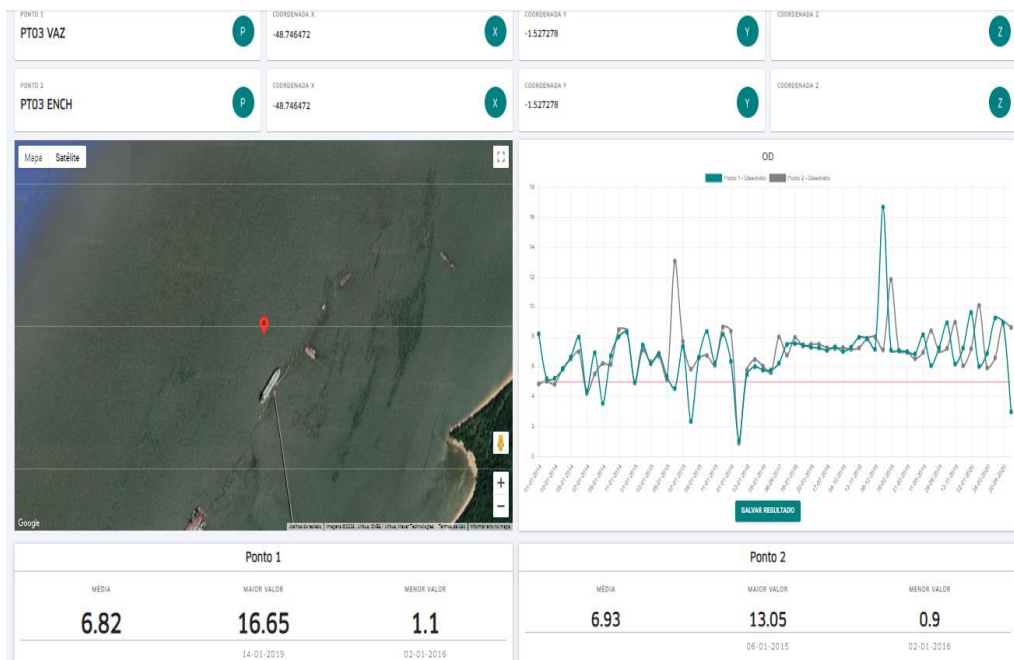
Os resultados desse parâmetro mostraram certa desconfiância dos resultados mínimo e máximo, apresentando valores que dificilmente poderiam ser vistos na região estudada, como por exemplo valores do PT-05 ENCH no dia 06 de janeiro de 2015 com valores de 28,44 mg/L e PT-02 ENCH no dia 02 de janeiro de 2016 com valores de 0,2 mg/L. Portanto, apresentando anomalias pontuais, ou seja, flutuações superiores e inferiores. Outro fator que precisa de atenção, em 2018, visualiza-se um platô de janeiro a outubro. O platô denomina-se uma área de estabilização ou não apresenta uma variação significativa da variável.

Figura 60: Série histórica de OD ponto PT01



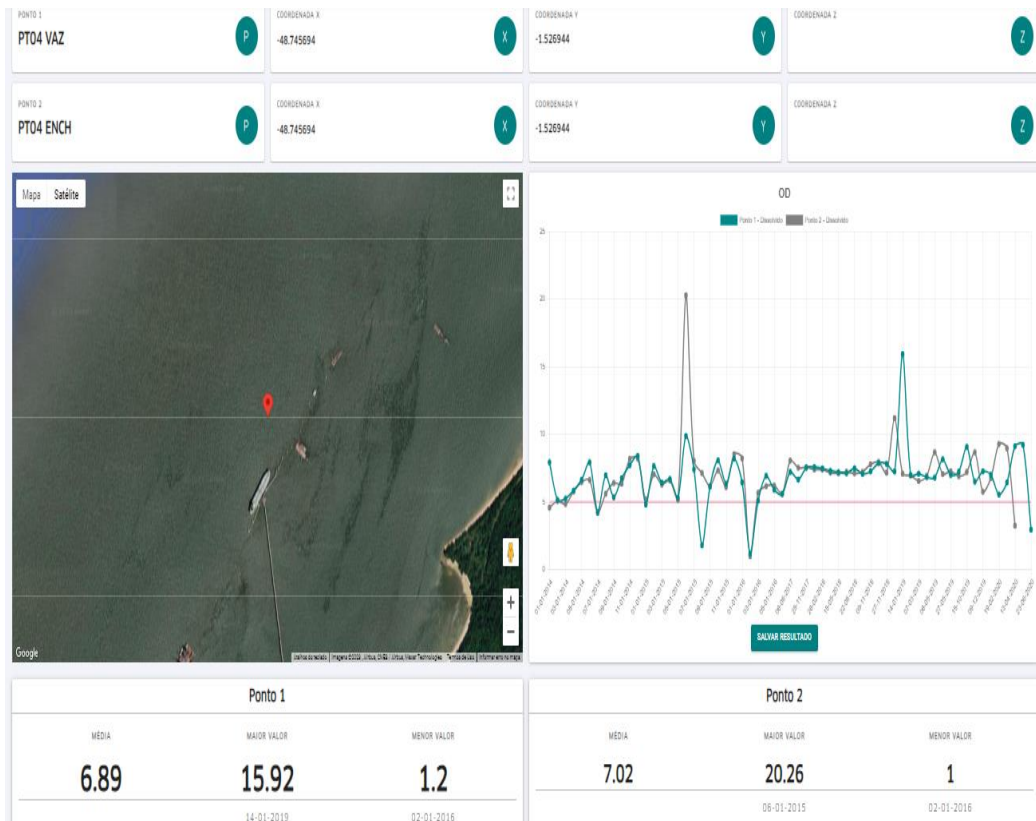
Fonte: Autor.

Figura 61: Série histórica de OD ponto PT02



Fonte: Autor.

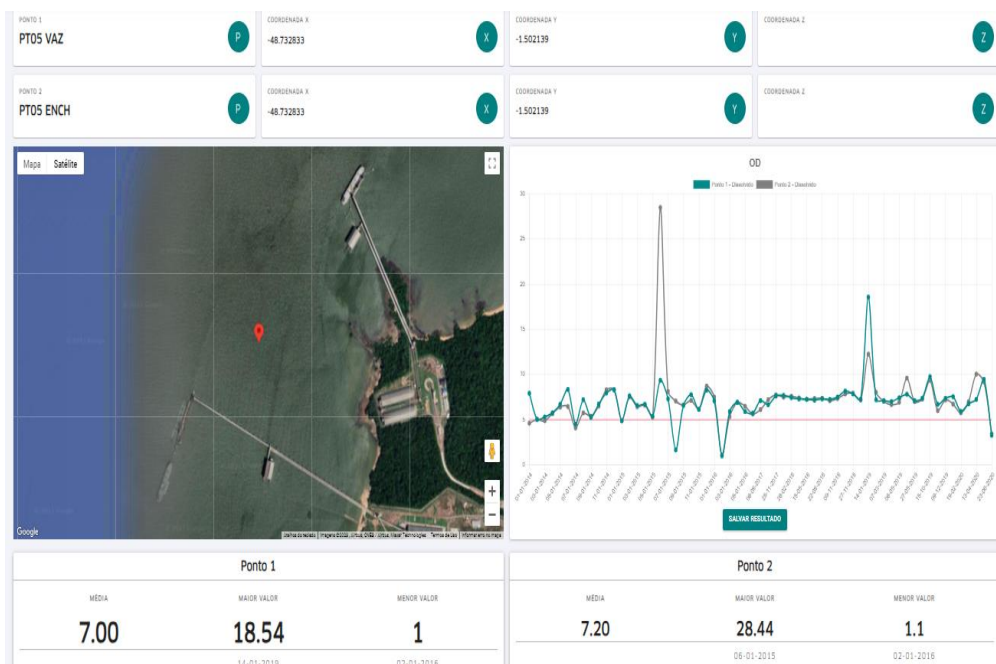
Figura 62: Série histórica de OD ponto PT04



Fonte: Autor.

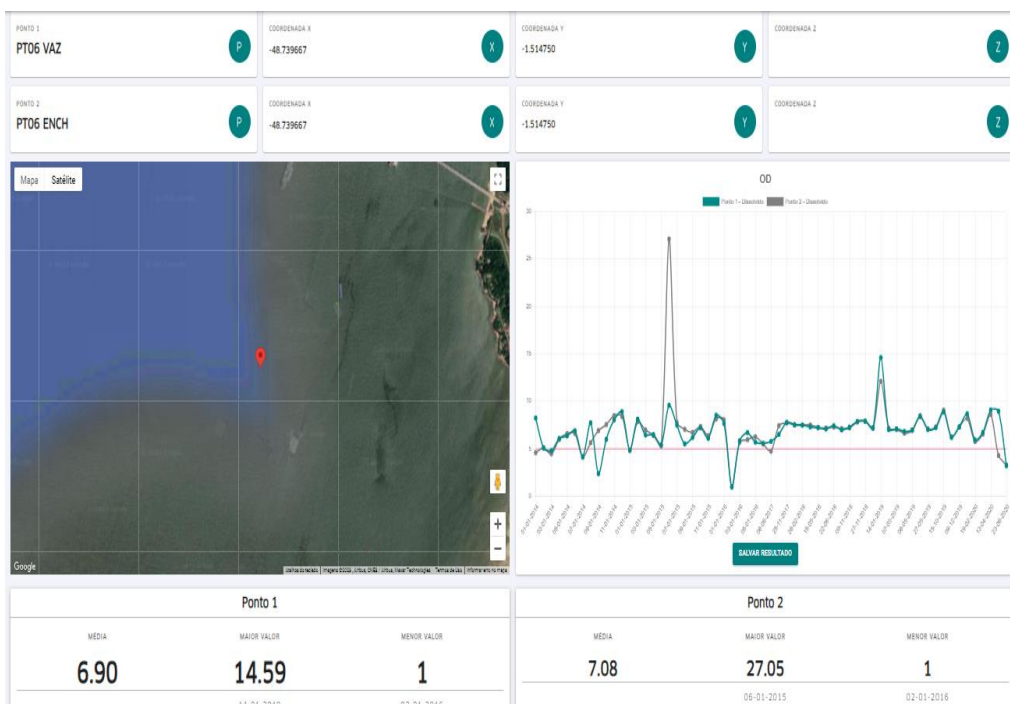


Figura 63: Série histórica de OD ponto PT05



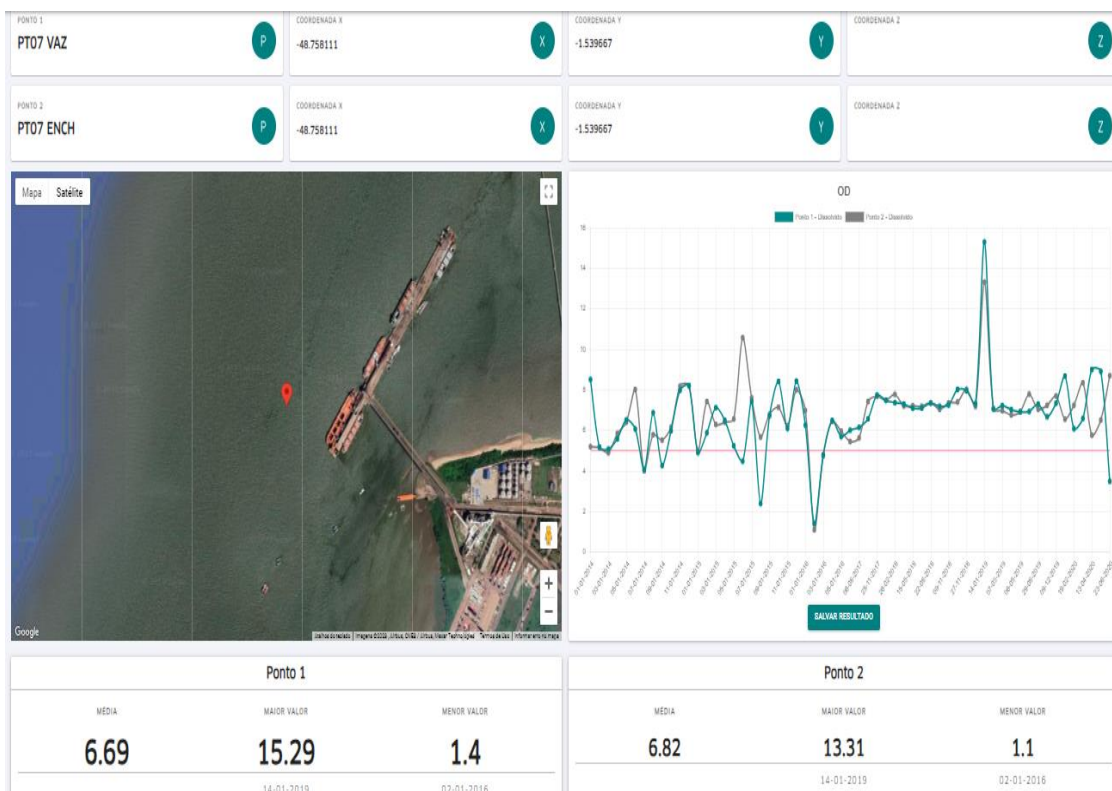
Fonte: Autor.

Figura 64: Série histórica de OD ponto PT06



Fonte: Autor.

Figura 65: Série histórica de OD ponto PT07

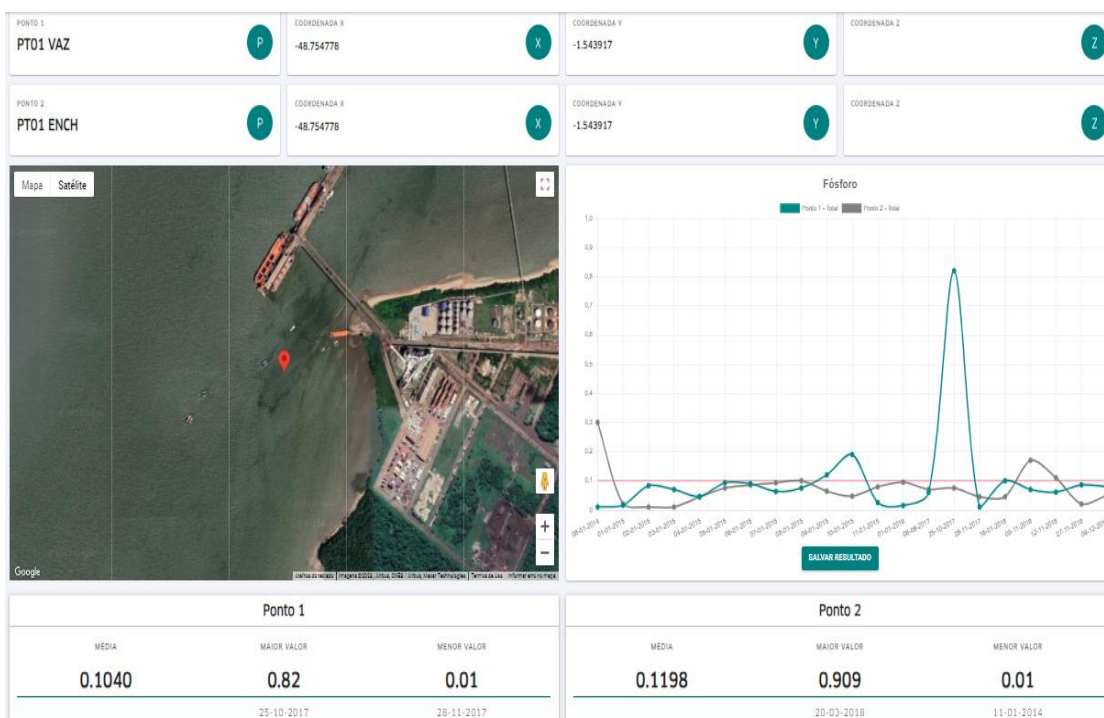


Fonte: Autor.

### 5.5.3 Série Histórica – Fósforo total

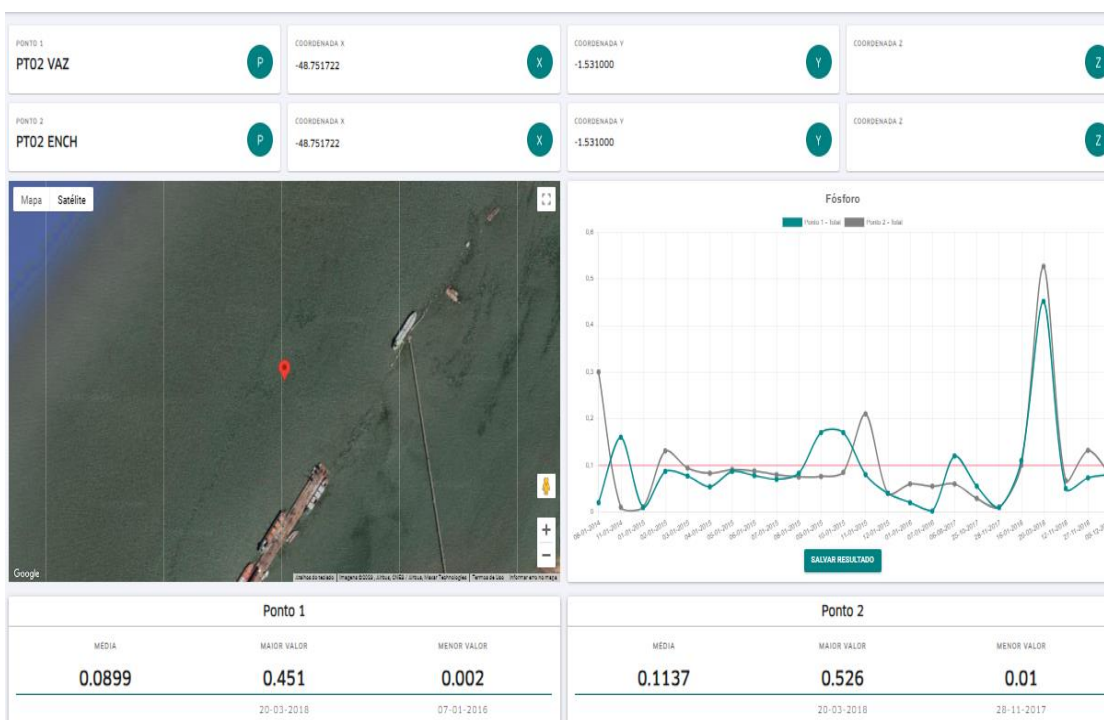
A média da maioria dos resultados dos pontos de monitoramento estão acima do VMP do CONAMA 357/2005 – 0,1 mg/L. Dentre os resultados apresentados vale destacar o ponto PT 04 ench, que obteve 37 mg/L de P em dezembro de 2018. Sobre os gráficos, grande parte das anomalias pontuais vistas durante todos os pontos foram no ano de 2018, com alguns casos em 2017. Nos casos dessas flutuações fora do padrão, a maioria aconteceu em março, no período de maior volume de chuvas.

Figura 66: Série histórica de Fósforo total ponto PT01



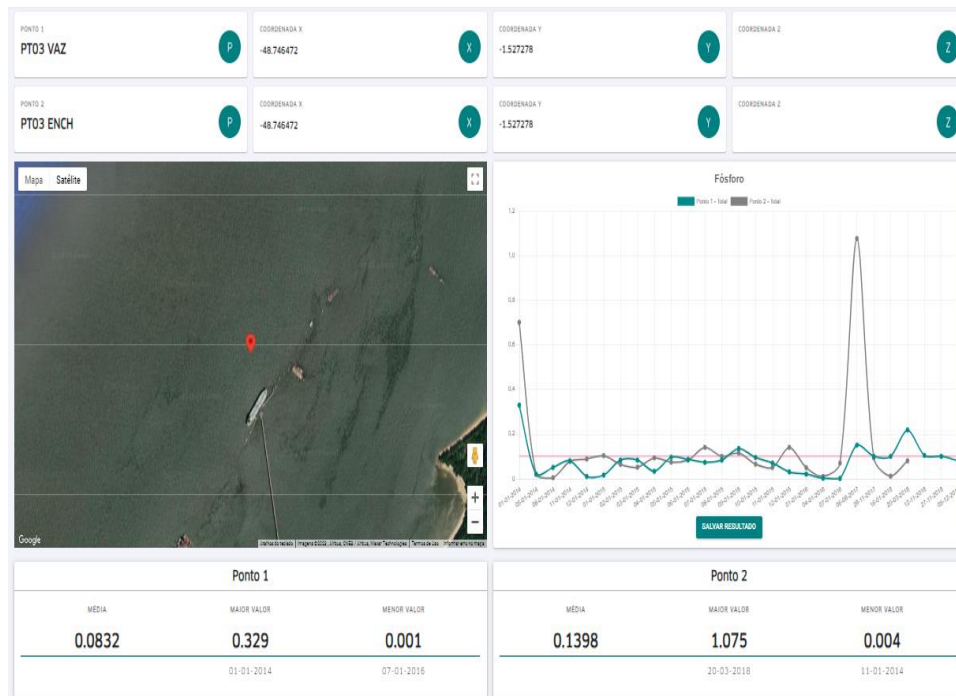
Fonte: Autor.

Figura 67: Série histórica de Fósforo total ponto PT02



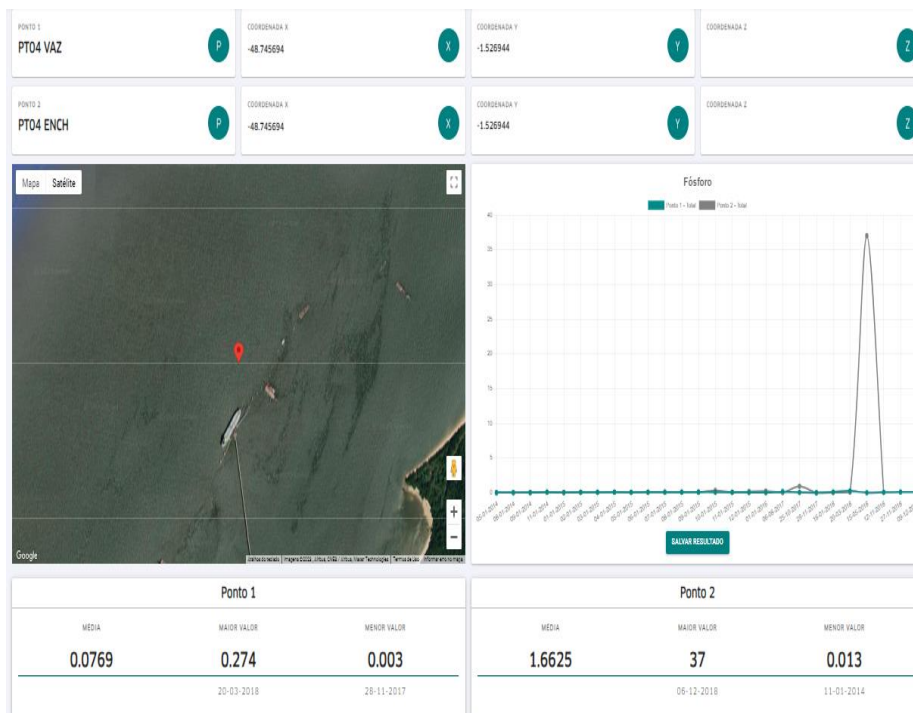
Fonte: Autor.

Figura 68: Série histórica de Fósforo total ponto PT03



Fonte: Autor.

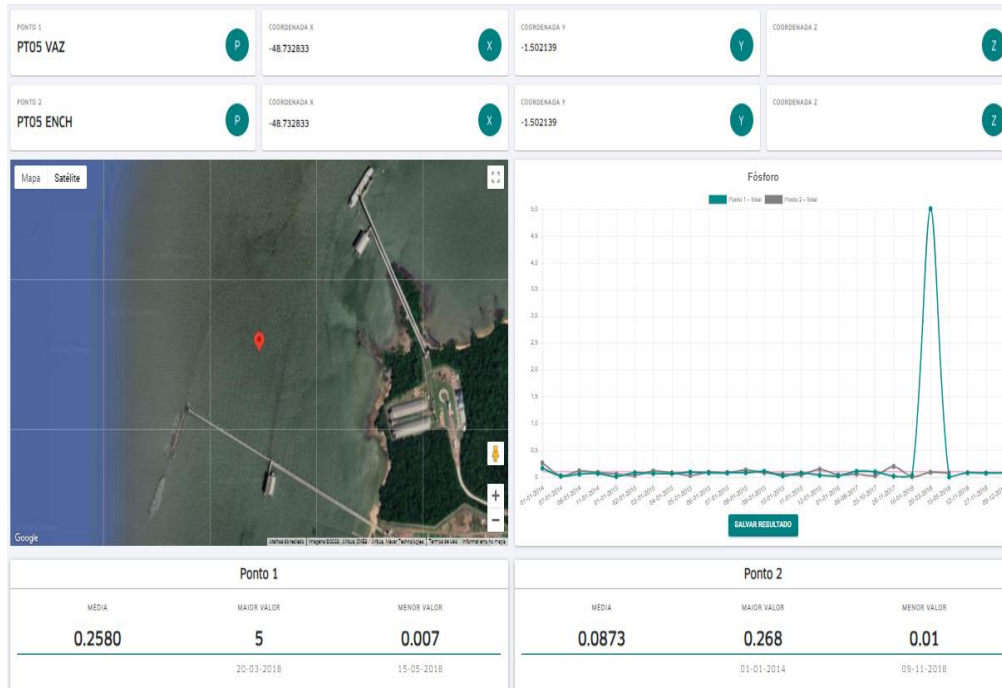
Figura 69: Série histórica de Fósforo total ponto PT04



Fonte: Autor.

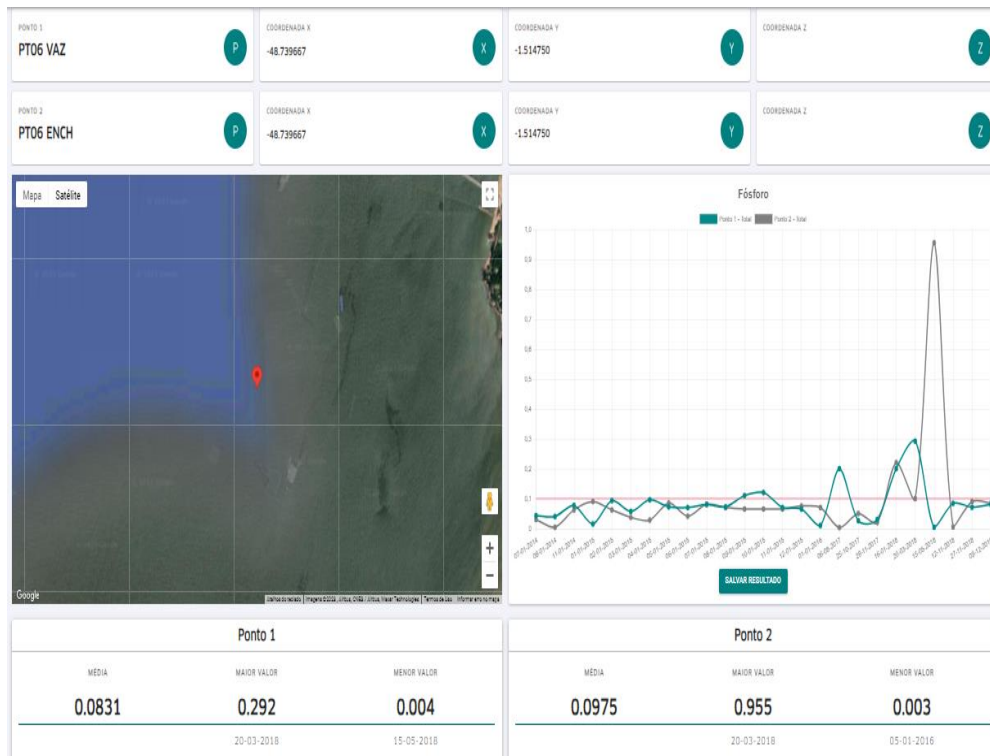


Figura 70: Série histórica de Fósforo total ponto PT05



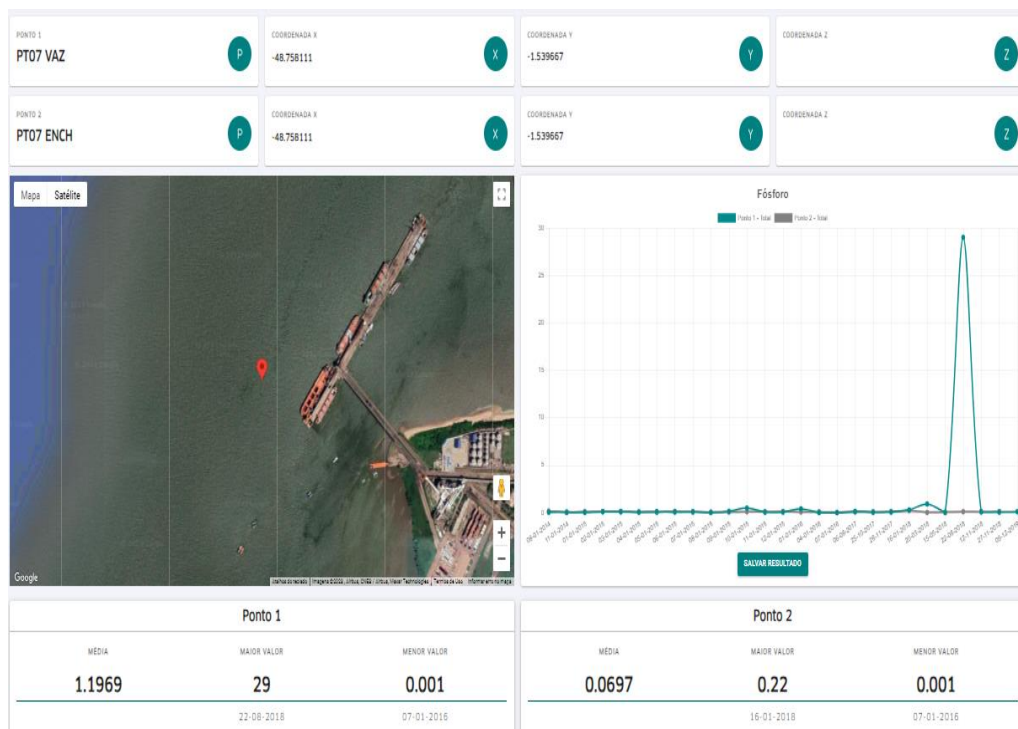
Fonte: Autor.

Figura 71: Série histórica de Fósforo total ponto PT06



Fonte: Autor.

Figura 72: Série histórica de Fósforo total ponto PT07

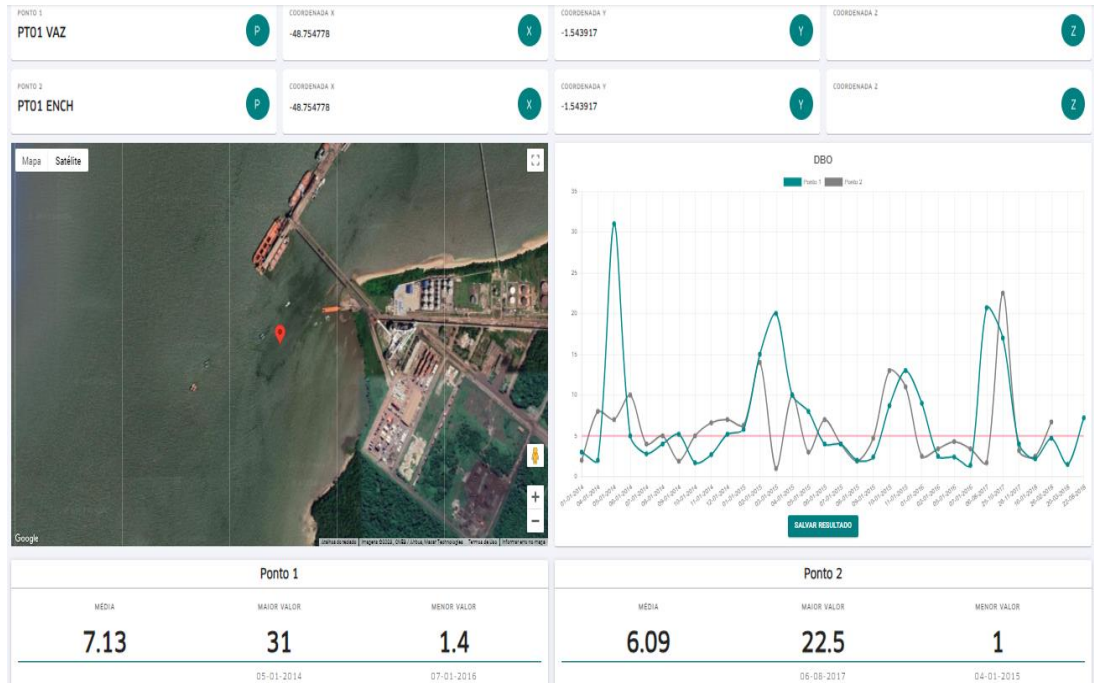


Fonte: Autor.

### 5.5.4 Série Histórica – Demanda bioquímica de oxigênio

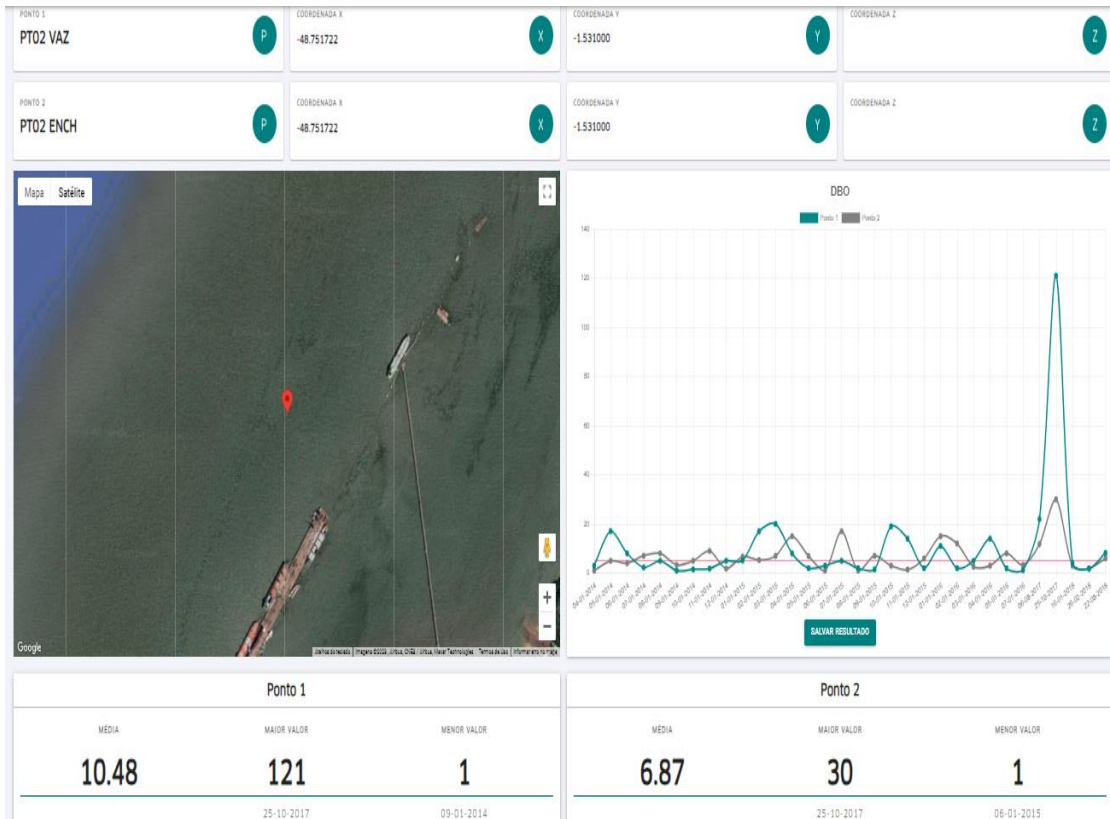
Os elevados valores de DBO são constantes durante todos os anos nos pontos de monitoramento. Onde a média da grande parte dos pontos de monitoramento está acima do VMP do CONAMA 357/2005 – 5 mg/L. Nos gráficos, há uma variação cíclica nas flutuações onde a verificamos a alternância de valores superiores e inferiores, além disso, alguns pontos apresentaram várias anomalias pontuais, portanto, demonstrando um padrão fora do comum propensos a mostrar um problema ou evento que precisa ser avaliado com cautela.

Figura 73: Série histórica de DBO ponto PT01



Fonte: Autor.

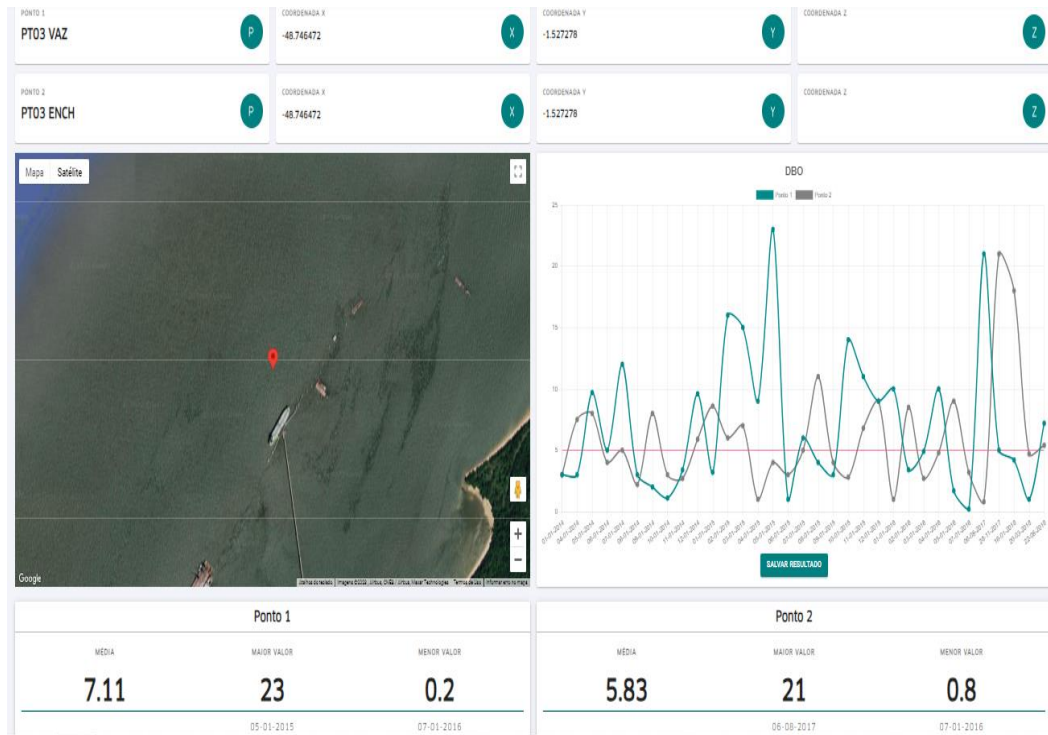
Figura 74: Série histórica de DBO ponto PT02



Fonte: Autor.

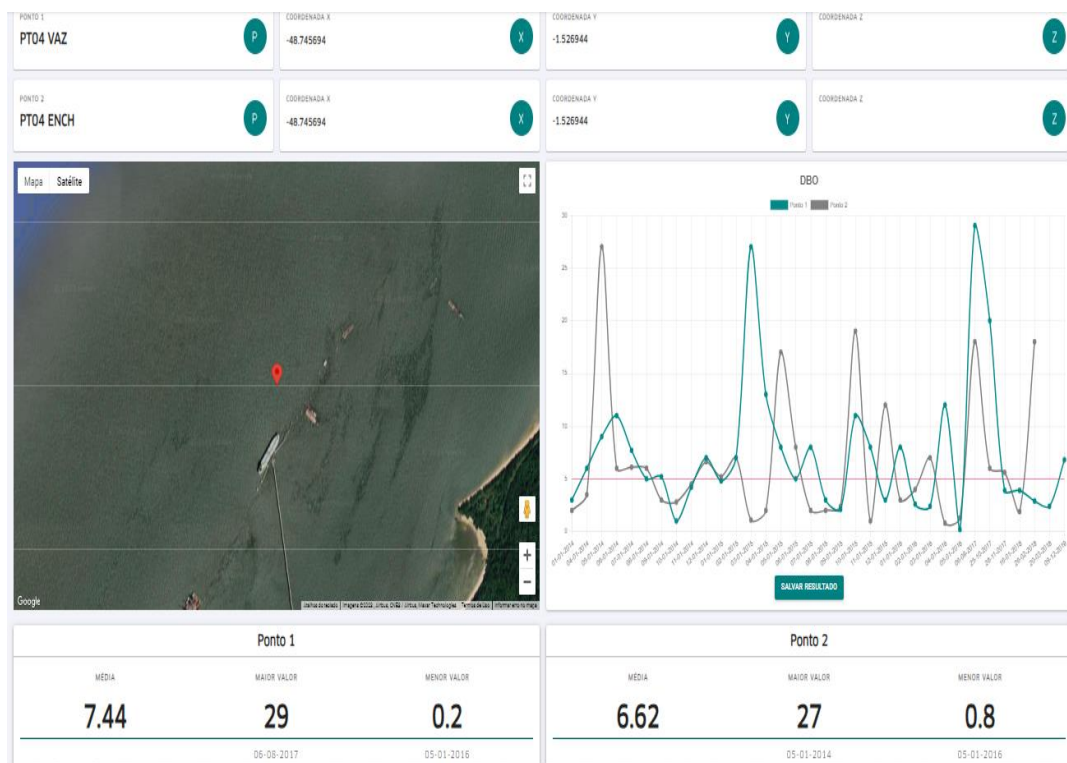


Figura 75: Série histórica de DBO ponto PT03



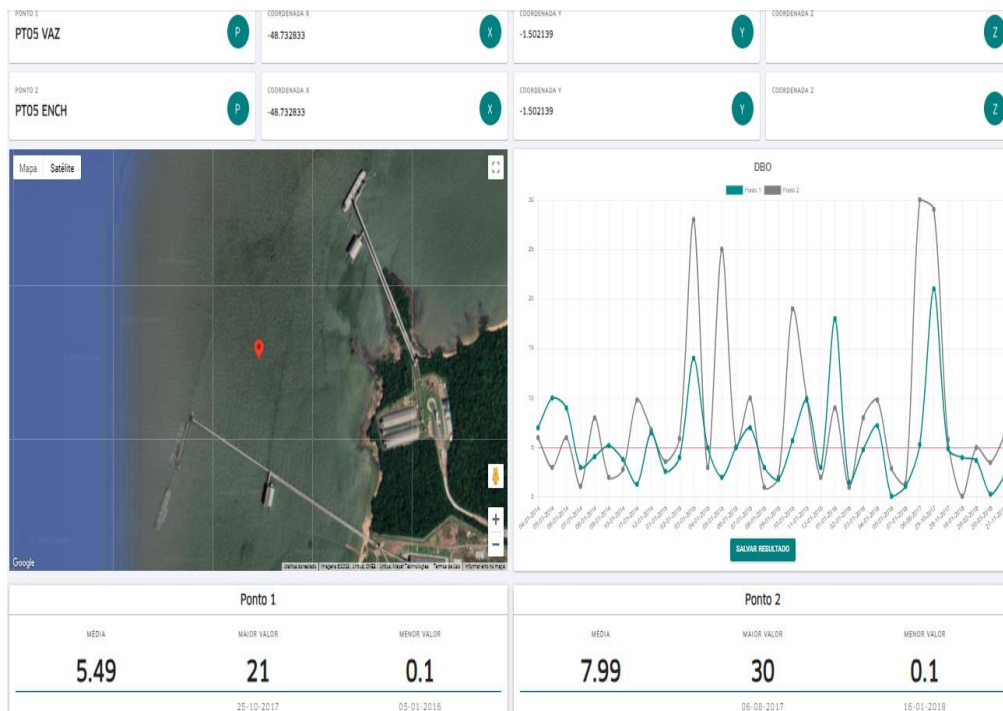
Fonte: Autor.

Figura 76: Série histórica de DBO ponto PT05



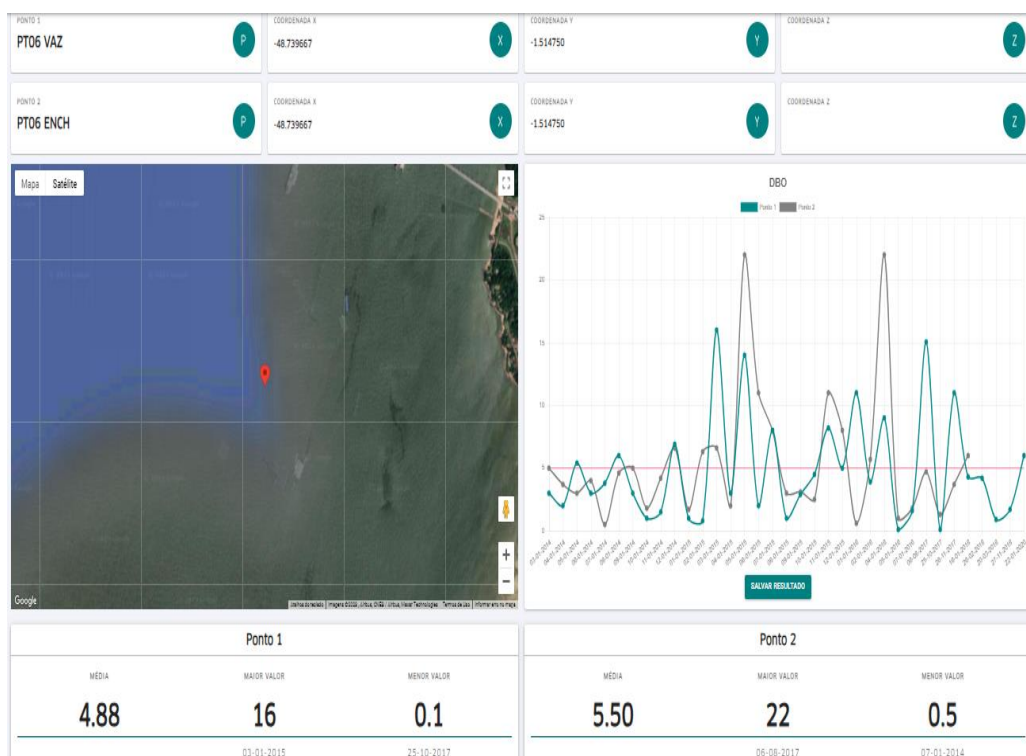
Fonte: Autor.

Figura 77: Série histórica de DBO ponto PT05



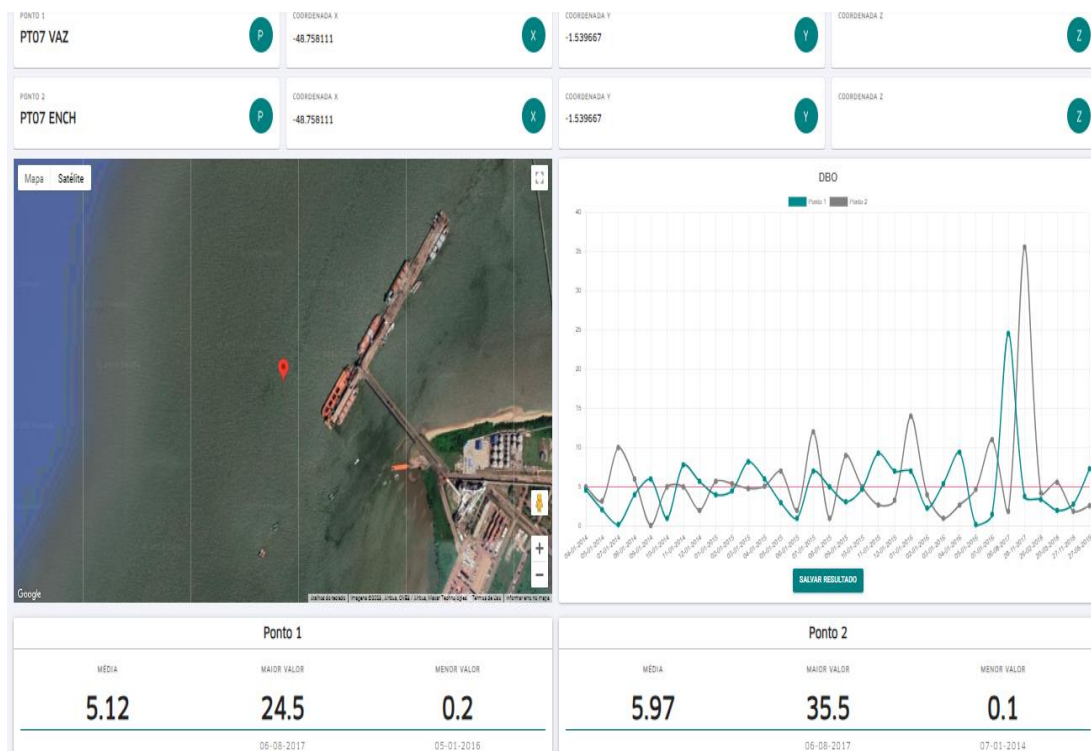
Fonte: Autor.

Figura 78: Série histórica de DBO ponto PT06



Fonte: Autor.

Figura 79: Série histórica de DBO ponto PT07



Fonte: Autor.

## 5.6 Série Histórica – SOBRE OS DADOS DOS PORTOS

Uma série histórica é um conjunto de dados ordenados cronologicamente que refletem o comportamento de uma variável ao longo do tempo. (BROCHWELL E DAVIS,2016). A partir dos resultados podemos aferir que somente o parâmetro pH no Porto de Belém obteve uma tendência decrescente de seus valores, isso significa que os valores da série estão diminuindo ao longo do tempo, logo, o pH está ficando mais ácido.

Os outros pontos e parâmetros apresentaram variações cíclicas e variações sazonais evidentes. A diferença essencial entre componentes sazonais e cíclicos é que o primeiro, sazonal, tem movimento facilmente previsível, ocorrendo em intervalos regulares. Os movimentos cíclicos são muitas vezes irregulares e ocorrem durante longos períodos. (SOUZA E CAMARGO, 2004).

Durante o monitoramento ficou evidenciados várias anomalias, anomalia é um ponto no tempo em que o comportamento do sistema é incomum e significativamente diferente do comportamento normal. Dentre os tipos de anomalias, verificou-se inúmeras situações no

monitoramento de anomalias pontuais, uma anomalia pontual é um valor que se desvia muito da tendência ou do padrão esperado da série. Além disso, retratou-se na série histórica pontos com várias anomalias pontuais, ou seja, apresenta muitos valores atípicos ou incomuns, que podem indicar eventos extraordinários ou problemas na coleta ou na mensuração dos dados. (CHANDOLA et al., 2009).

À vista dos resultados de comportamento da série histórica constatamos a importância da chuva nos resultados. Mesmo obtendo precipitações durante o ano todo, há certos períodos com maior abundância de chuvas e estiagem. A chuva é um fenômeno natural que tem impactos importantes no ciclo da água e na qualidade dos recursos hídricos. Portanto, dar importância aos dados climáticos amparam os prognósticos de fenômenos, para avaliação de dados de série histórica e medidas preventivas em vários campos de estudo, como por exemplo a gestão ambiental. (BABA, 2014).

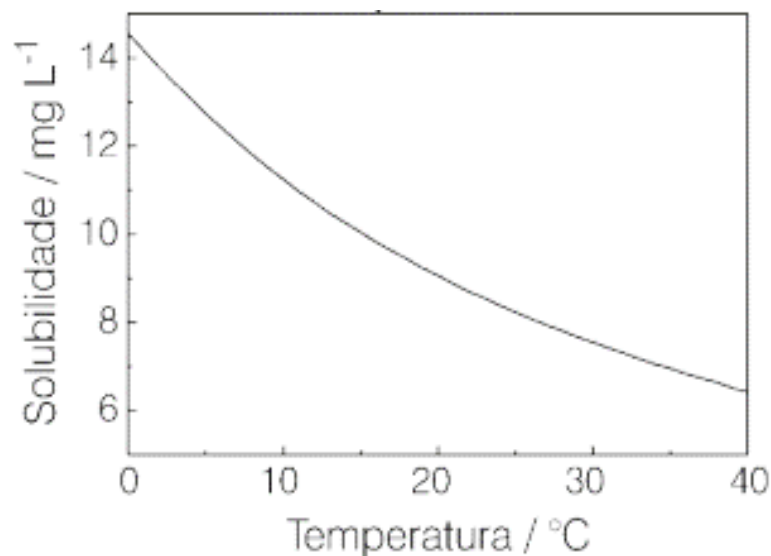
As partículas suspensas na atmosfera desempenham um papel importante na composição final da água da chuva. O pH da chuva pode variar de acordo com a interação dos íons em suspensão. A presença e quantidade desses íons é resultado da fonte de emissão e das condições de circulação do ar atmosférico. O pH das águas e chuvas podem variar de acordo com a quantidade de chuva amostrada durante o mesmo evento chuvoso. (DA CUNHA et al., 2009).

Segundo, MAIER 1987, com o aumento das chuvas o pH tende a ficar próximo da neutralidade, e quando a chuva cai, ela traz consigo o oxigênio do ar, que se dissolve na água e aumenta o seu nível de oxigênio dissolvido. A chuva também ajuda a diluir os poluentes e nutrientes que podem afetar o equilíbrio ecológico da água. Nesse sentido, um pH próximo à neutralidade, como os encontrados dos monitoramentos avaliados, favorece a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Além disso, evita a toxicidade de elementos como o ferro, alumínio e o manganês. Em águas superficiais com influência de maré, o pH tende a se aproximar da neutralidade, pois a água do mar tem um pH em torno de 8,1. Assim, processos físicos de mistura e renovação com água mais oxigenada resulta em um pH próximo a 7, o que indica um equilíbrio químico entre os íons hidrogênio  $H^+$  e hidroxila  $OH^-$  (WEBB, 1982).

A relação entre temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido é um fator importante para a vida aquática. A temperatura afeta a capacidade da água de reter oxigênio, sendo que águas mais quentes têm menor solubilidade de oxigênio do que águas mais frias. A salinidade

também influencia a solubilidade de oxigênio, pois quanto maior a concentração de sais na água, menor é a disponibilidade de oxigênio para os organismos. O oxigênio dissolvido é essencial para a respiração celular dos seres vivos, e sua quantidade varia de acordo com a profundidade, a turbulência, a fotossíntese e a decomposição da matéria orgânica. (ANA,2016). Na Figura 79, verificamos o gráfico da solubilidade do oxigênio com os fatores temperatura e salinidade.

Figura 80: Comportamento da variação de oxigênio dissolvido com salinidade e temperatura

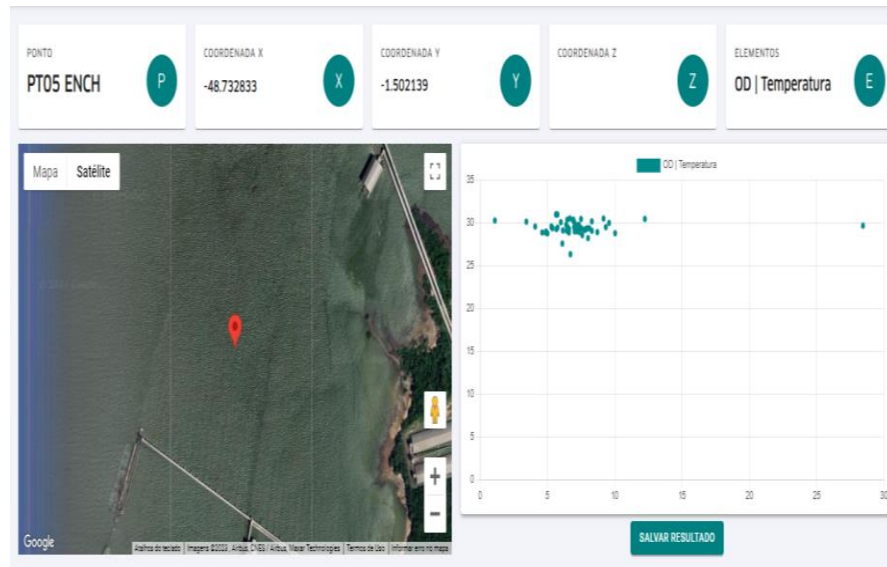


Fonte: ANA,2016.

Portanto, os valores elevados e alguns baixos, de oxigênio dissolvido no monitoramento são questionáveis, à vista da perspectiva dos valores de temperatura e salinidade. A plataforma permite a utilização de uma ferramenta de comparação entre dois parâmetros para o mesmo ponto. A partir disso, podemos verificar a relação entre OD e temperatura, e OD e salinidade dos pontos com os maiores e menores valores encontrados, dos dois pontos, nas figuras a seguir.

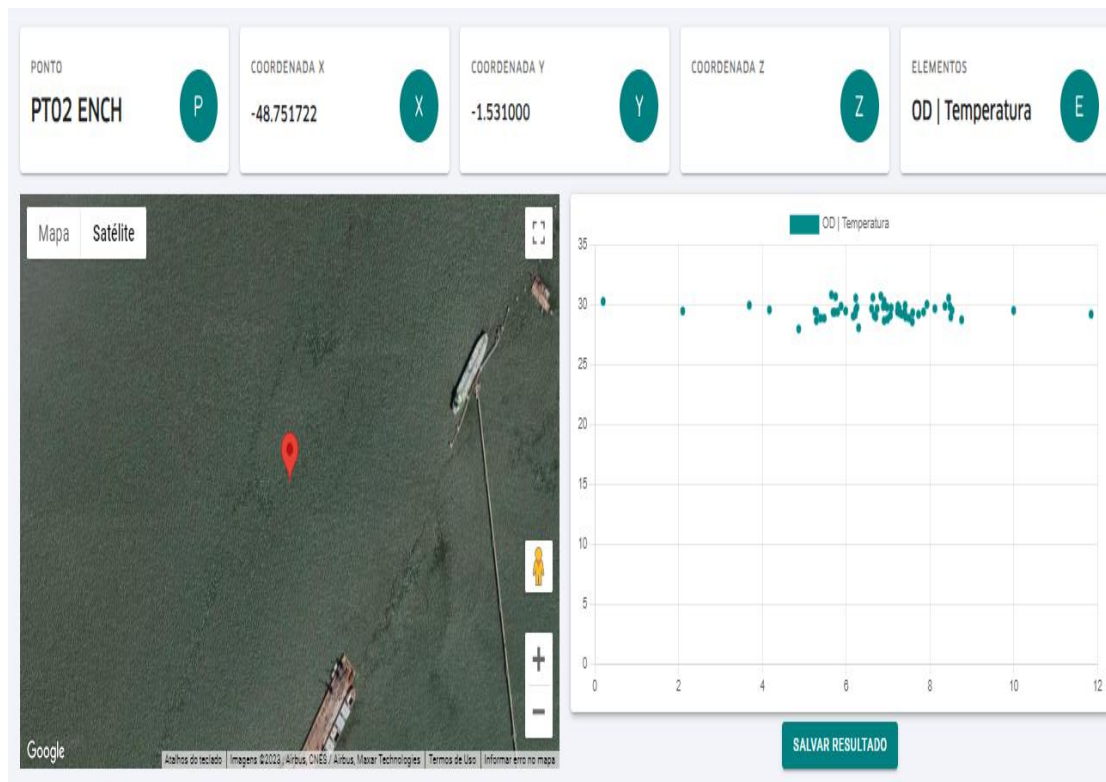


Figura 81: Relação entre OD e temperatura do ponto com o maior valor de OD – Porto Vila do Conde



Fonte: Autor.

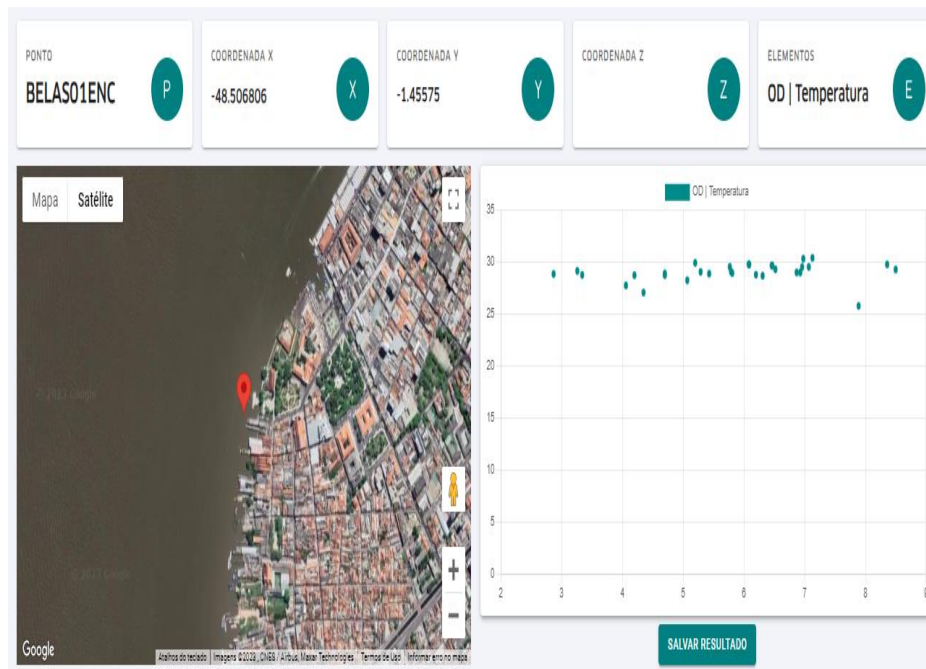
Figura 82: Relação entre OD e temperatura do ponto com o menor valor de OD – Porto vila do Conde



Fonte: Autor.

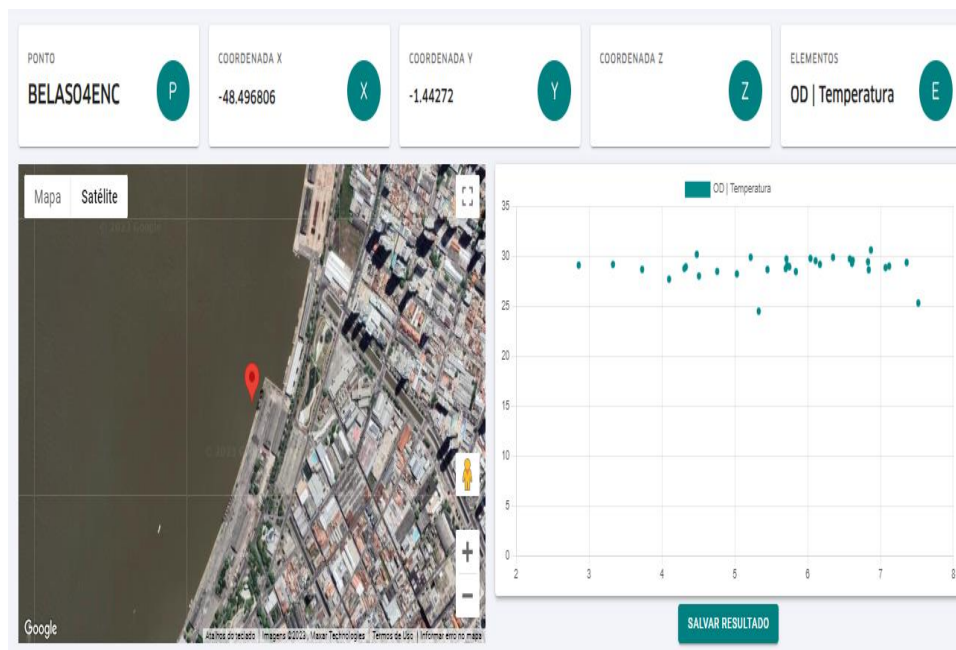


Figura 83: Relação entre OD e temperatura do ponto com o maior valor de OD – Porto Belém



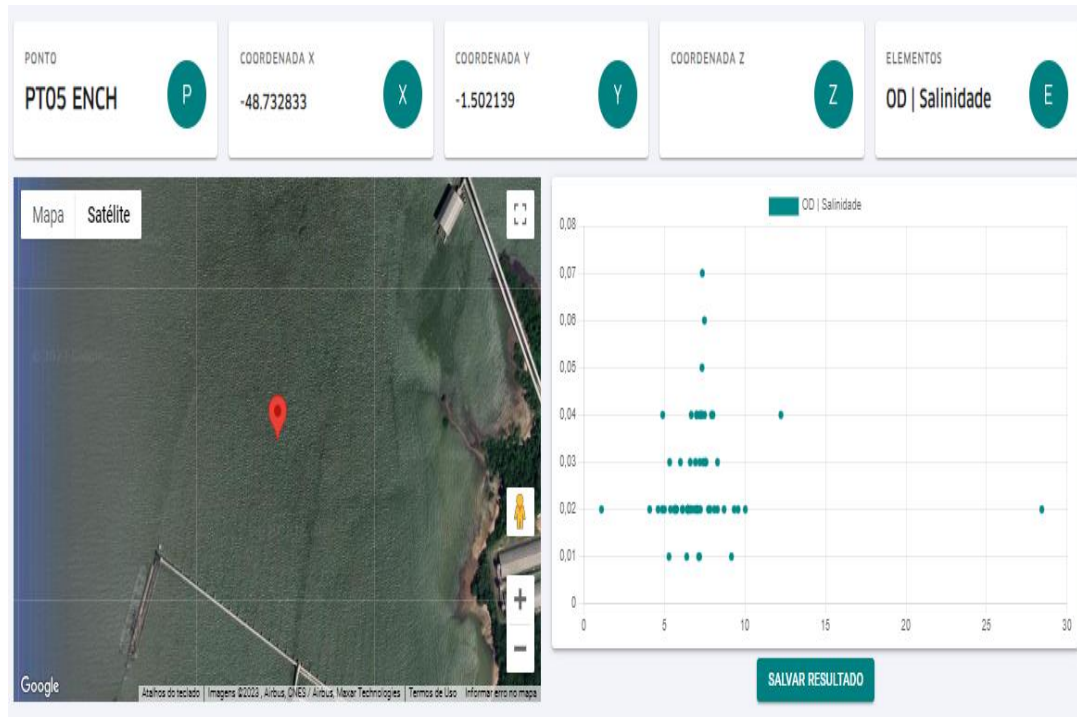
Fonte: Autor.

Figura 84: Relação entre OD e temperatura do ponto com o menor valor de OD – Porto Belém



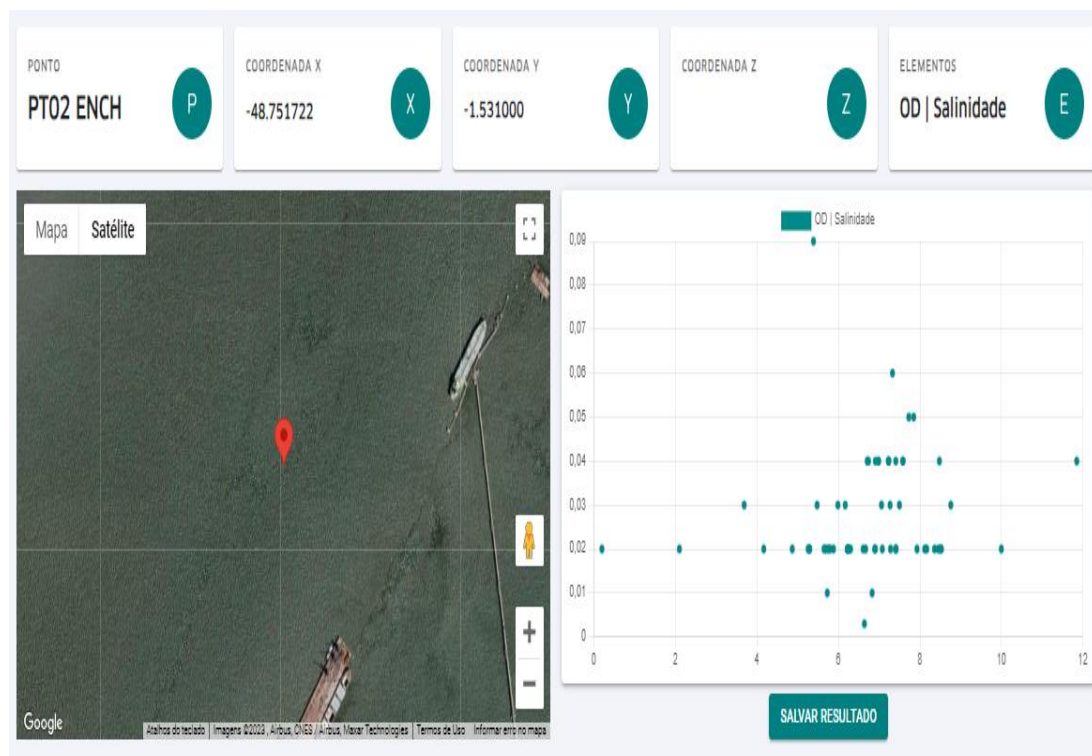
Fonte: Autor.

Figura 85: Relação entre OD e salinidade do ponto com o maior valor de OD – Porto Vila do Conde



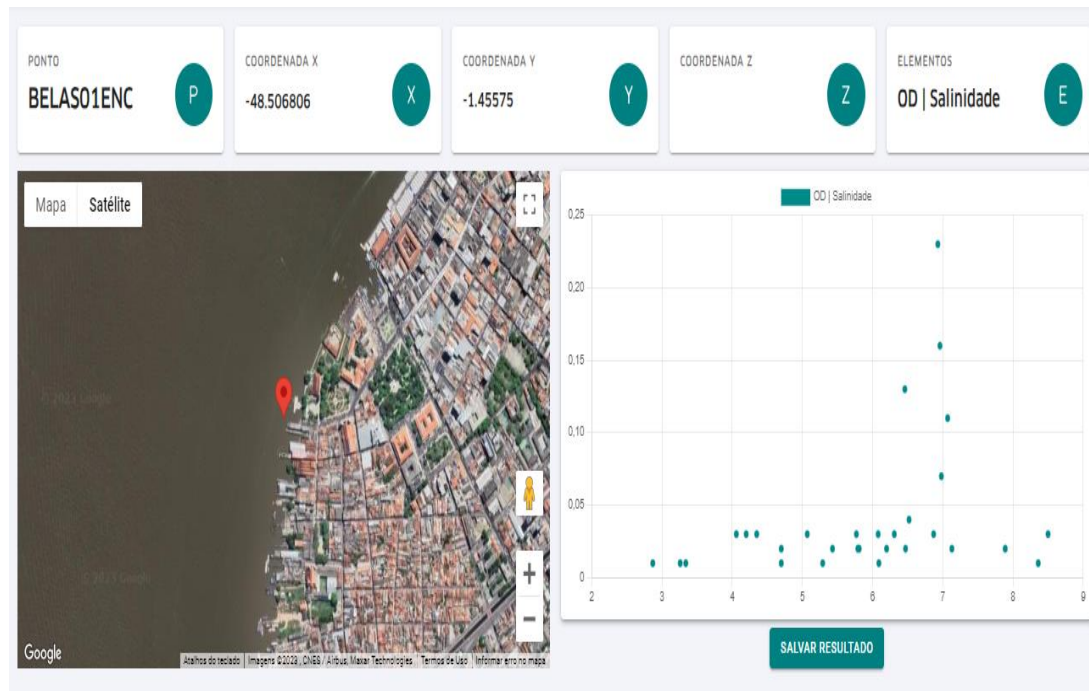
Fonte: Autor.

Figura 86: Relação entre OD e salinidade do ponto com o menor valor de OD – Porto Vila do Conde



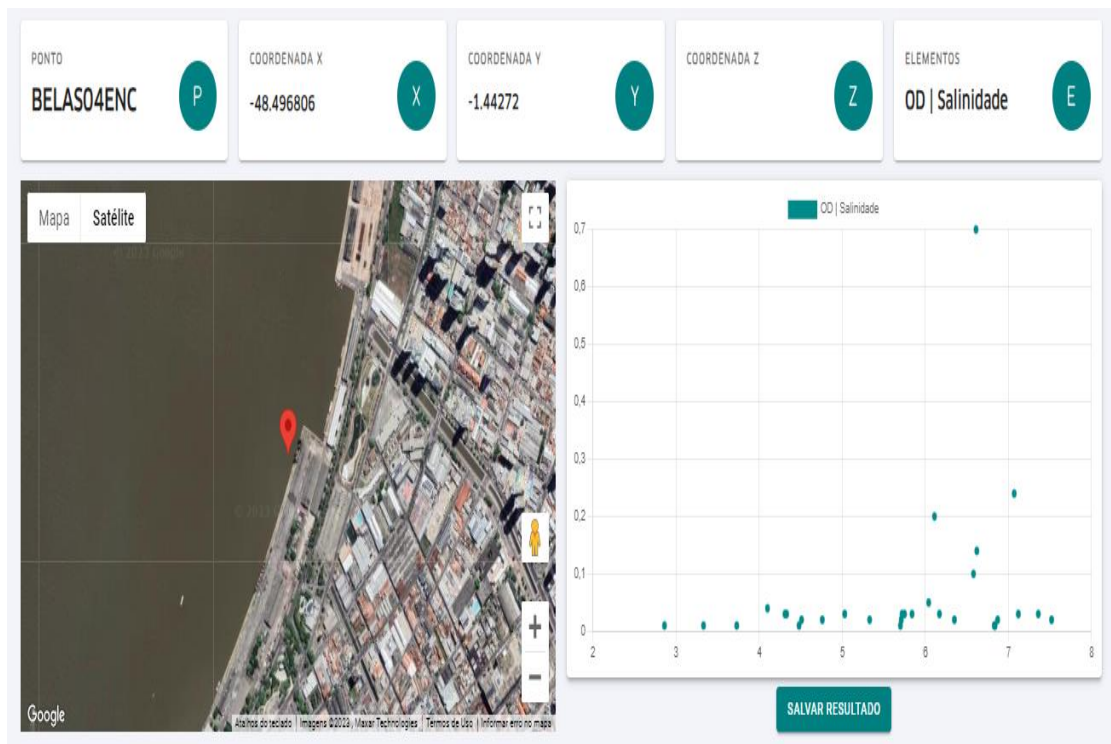
Fonte: Autor.

Figura 87: Relação entre OD e salinidade do ponto com o maior valor de OD – Porto Belém



Fonte: Autor.

Figura 88: Relação entre OD e salinidade do ponto com o menor valor de OD – Porto Belém



Fonte: Autor.

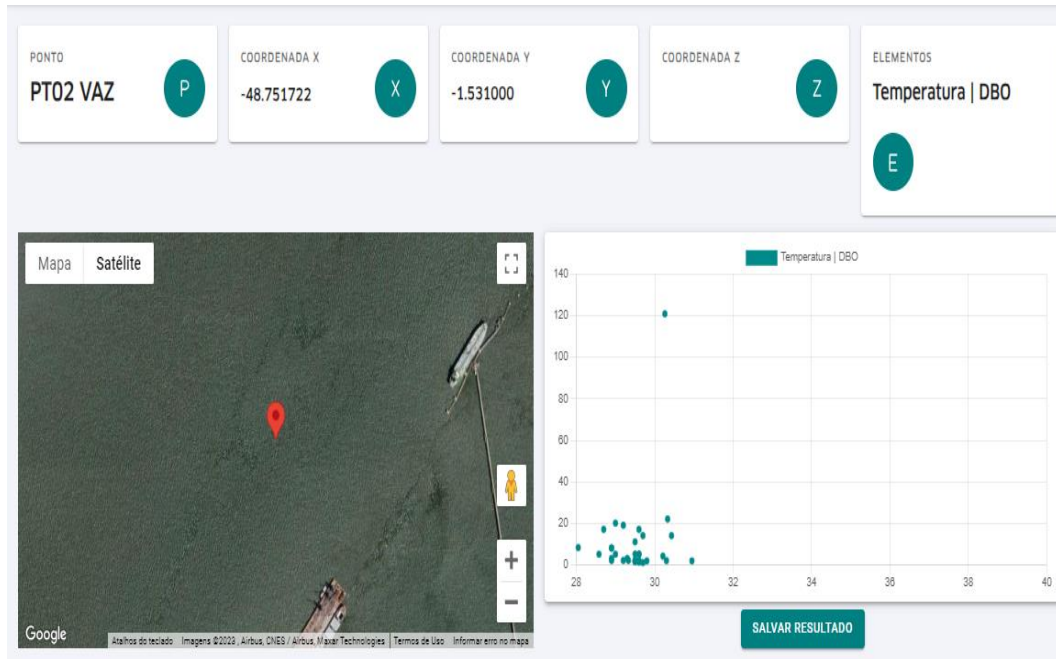
Outro parâmetro que obteve valores superiores foi DBO. Segundo ANA, 2016, a demanda bioquímica de oxigênio é uma medida da quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos na decomposição da matéria orgânica em um corpo de água. Para comparar a DBO de diferentes corpos de água, é preciso considerar alguns fatores físico-químicos que influenciam na sua determinação, tais como:

- Temperatura: a temperatura afeta a taxa de respiração dos microrganismos e a solubilidade do oxigênio na água. Em geral, quanto maior a temperatura, maior a DBO.
- pH: o pH afeta o metabolismo dos microrganismos e a disponibilidade de nutrientes na água. Em geral, quanto mais próximo da neutralidade (pH 7), maior a DBO.
- Oxigênio dissolvido: o oxigênio dissolvido é o oxigênio disponível para os microrganismos na água. Quanto menor o oxigênio dissolvido, maior a DBO.
- Matéria orgânica: a matéria orgânica é o substrato para os microrganismos na água. Quanto maior a quantidade e a biodegradabilidade da matéria orgânica, maior a DBO.

Se utilizarmos a ferramenta da plataforma de comparação de parâmetros, DBO com temperatura, pH e OD, verificamos certa compatibilidade dos resultados, exceto alguns valores de OD. Nas figuras abaixo, algumas comparações pertinentes. A comparação DBO e temperatura são pertinentes visto que a temperatura se manteve entre 30 °C com DBO elevado. Na comparação entre pH e DBO mostra-se o pH próximo a 7 e com valores acima do VMP do CONAMA 357/2005 para DBO. A relação de OD e DBO, em grande parte dos resultados não apresentaram semelhança, visto o valor elevado de OD quanto de DBO.

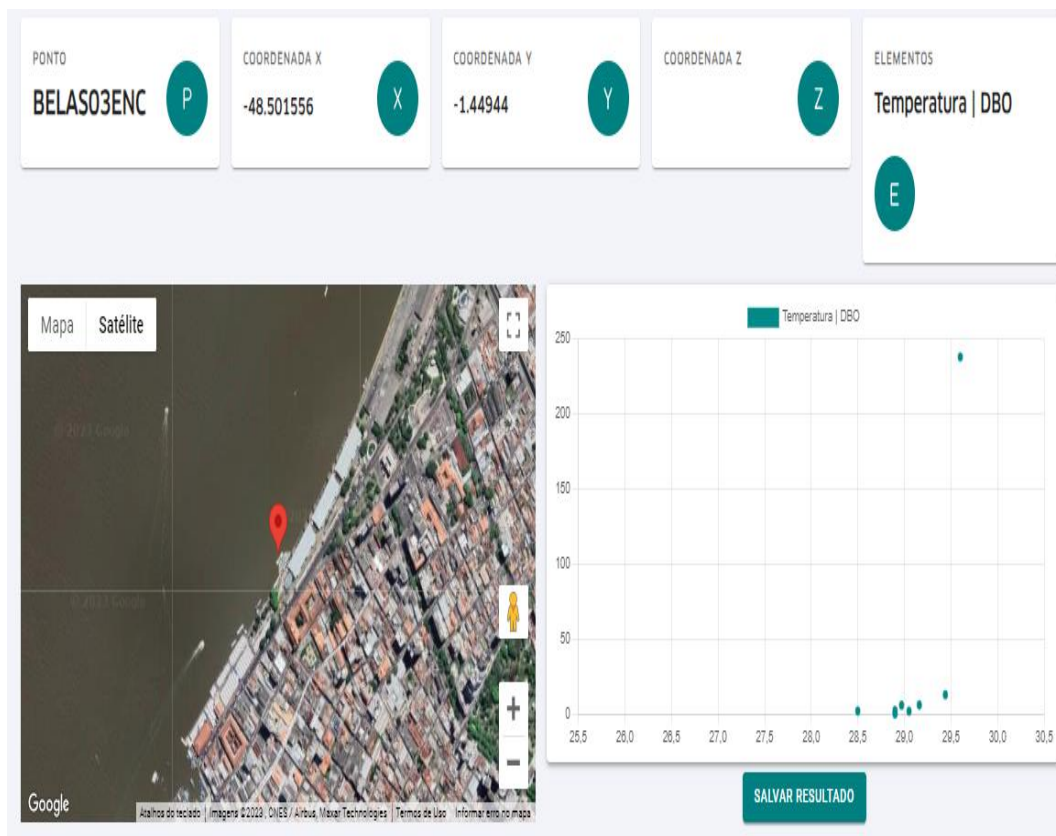


Figura 89: Relação entre DBO e Temperatura do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde



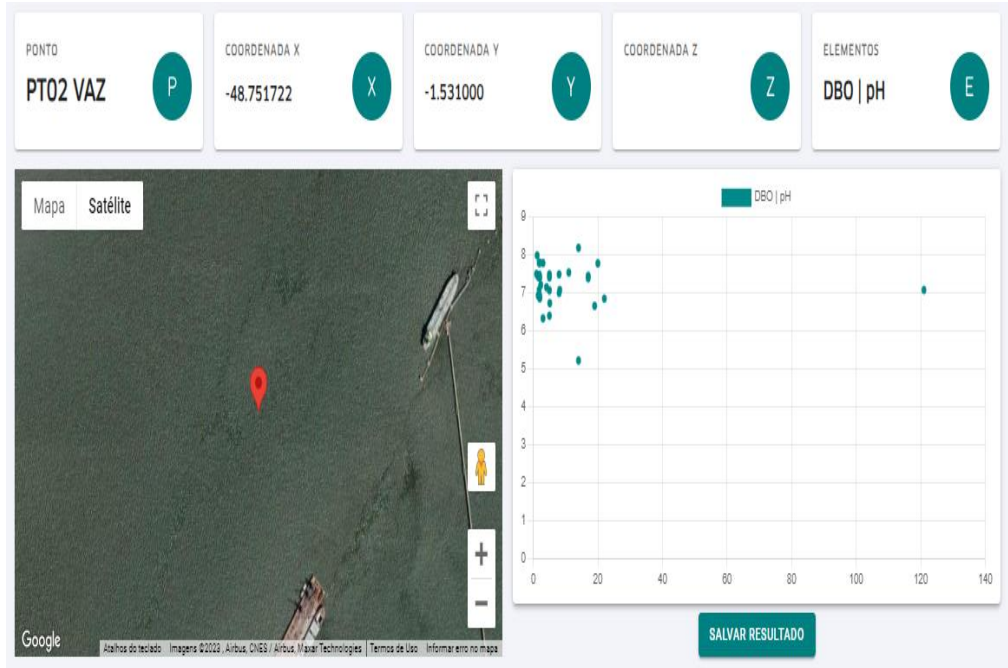
Fonte: Autor.

Figura 90: Relação entre DBO e Temperatura do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém



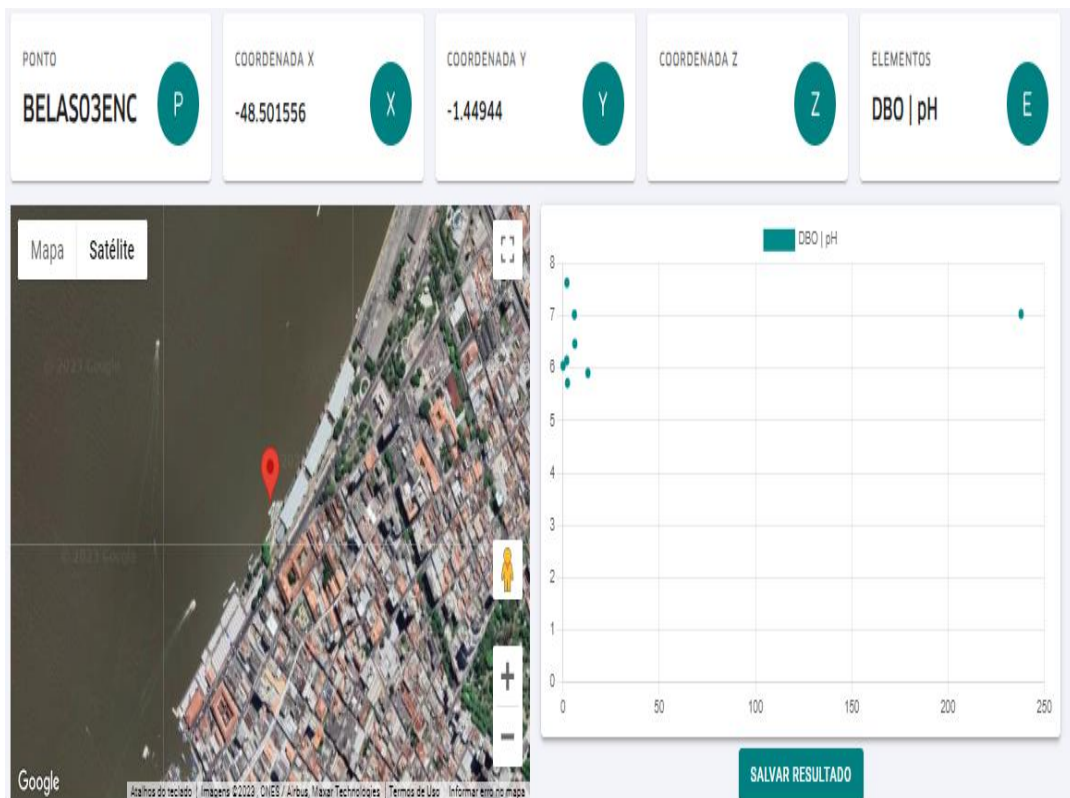
Fonte: Autor.

Figura 91: Relação entre pH e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde



Fonte: Autor.

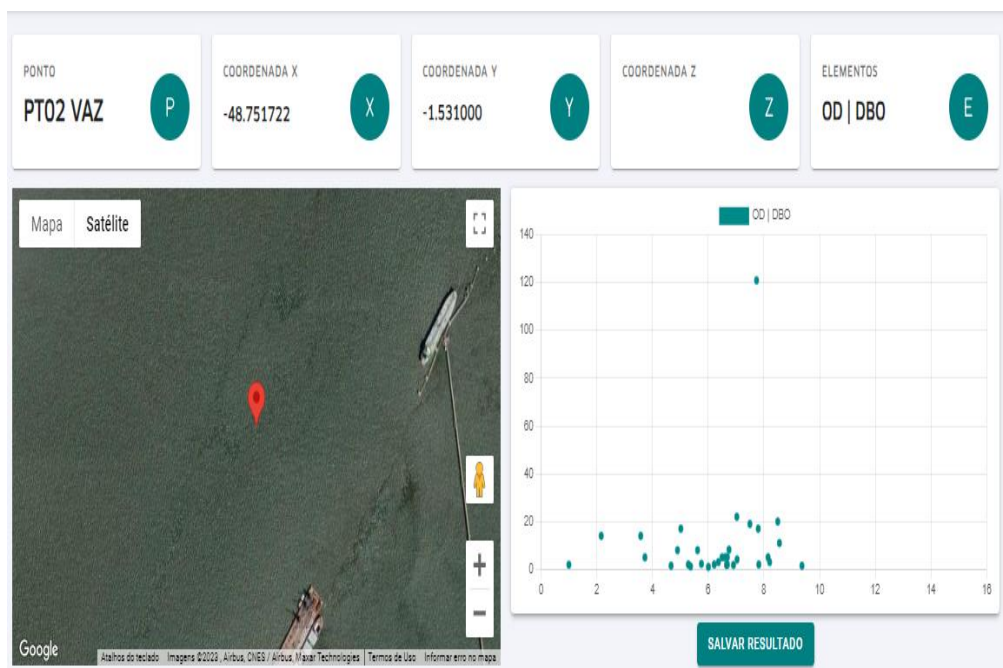
Figura 92: Relação entre pH e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém



Fonte: Autor.

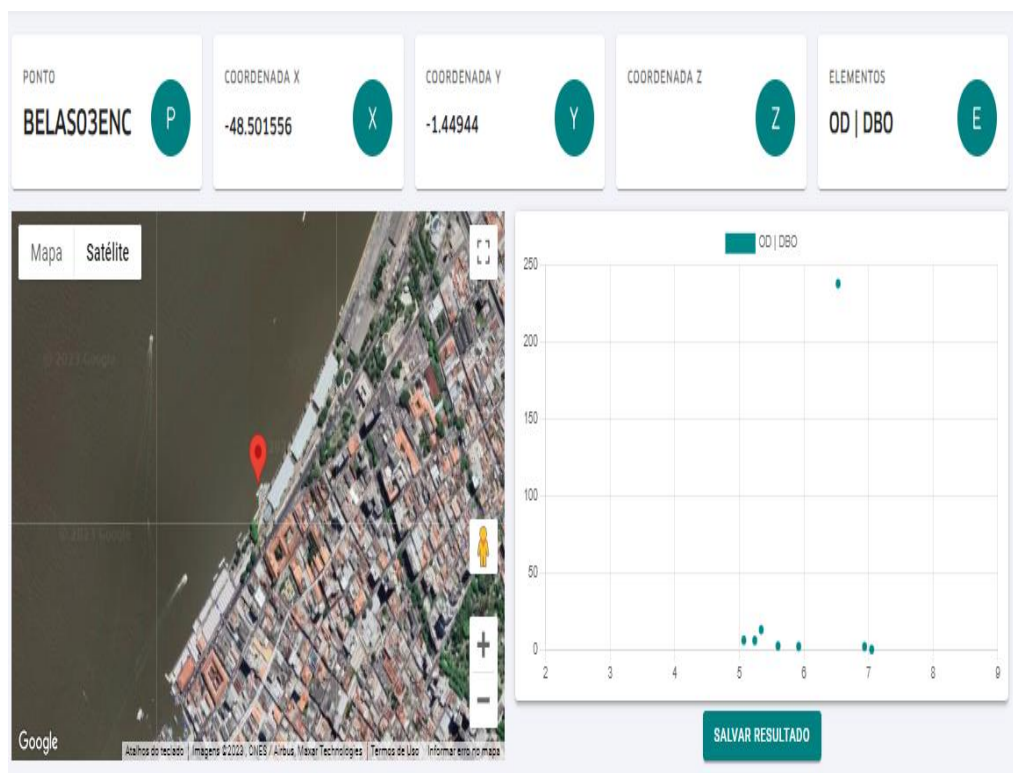


Figura 93: Relação entre OD e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Vila do Conde



Fonte: Autor.

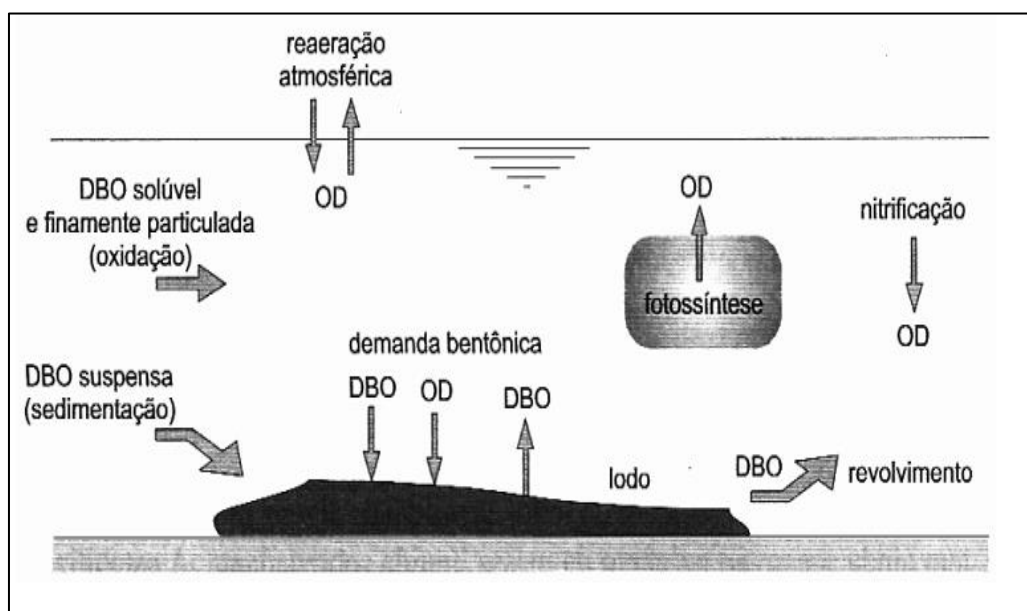
Figura 94: Relação entre OD e DBO do ponto com o maior valor de DBO – Porto Belém



Fonte: Autor.

Mesmo alcançando níveis elevados de OD e DBO no monitoramento, os corpos d'água produzem naturalmente a autodepuração, devido a decomposição dos poluentes. Na Figura 94, podemos verificar as principais fontes de consumo e produção de oxigênio. No qual, os principais fenômenos que consomem oxigênio são: oxidação da matéria orgânica (respiração), demanda bentônica (lodo de fundo) e nitrificação (oxidação da amônia). Já os que produzem oxigênio são: a reaeração atmosférica e a fotossíntese. (PAULA, 2011).

Figura 95: principais fontes de produção e consumo de oxigênio



Fonte: VON SPERLING, 2007.

Dentre os fenômenos mencionados sobre consumo de oxigênio, levando em consideração os dados apresentados, segundo VON SPERLING, 2007:

- A oxidação da matéria orgânica, de forma resumida, em corpos d'água é um processo natural que envolve a decomposição de substâncias orgânicas por microrganismos aeróbios. Esse processo consome oxigênio dissolvido na água e pode reduzir a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, especialmente se houver excesso de matéria orgânica proveniente de fontes antrópicas, como por exemplo esgotos. A oxidação da matéria orgânica é aferida pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica em um determinado período;

- Demanda bentônica, em suma, em corpos d'água é a quantidade de oxigênio consumida pelos organismos que vivem no fundo, por exemplo os lodos, dos rios e lagos;
- Nitrificação, resumidamente, consiste na oxidação de compostos de nitrogênio, como a amônia, em formas mais oxidadas, como o nitrato. Esse processo é realizado por bactérias nitrificantes, que utilizam a amônia ou o nitrito como fonte de energia e liberam o nitrato como produto final. A nitrificação é importante para o ciclo do nitrogênio, pois permite a reciclagem desse elemento nos ecossistemas aquáticos;

Sobre os fenômenos mencionados sobre produção de oxigênio, levando em consideração os dados apresentados, segundo VON SPERLING, 2007:

- Reaeração atmosférica, de forma sucinta, é um fenômeno que envolve a transferência de oxigênio do ar para a água. Esse fenômeno depende de vários fatores, como a temperatura, a turbulência, a área superficial e a concentração de oxigênio dissolvido na água. A reaeração atmosférica pode ser por difusão molecular ou turbulenta;
- Fotossíntese, de forma breve, é um processo biológico que permite aos organismos autotróficos clorofilados, como as plantas, algas e algumas bactérias, sintetizar a matéria orgânica a partir de dióxido de carbono, água e energia luminosa. Nos corpos d'água, ocorre principalmente na zona fótica, que é a camada superficial da água onde há luz suficiente para a realização desse processo.

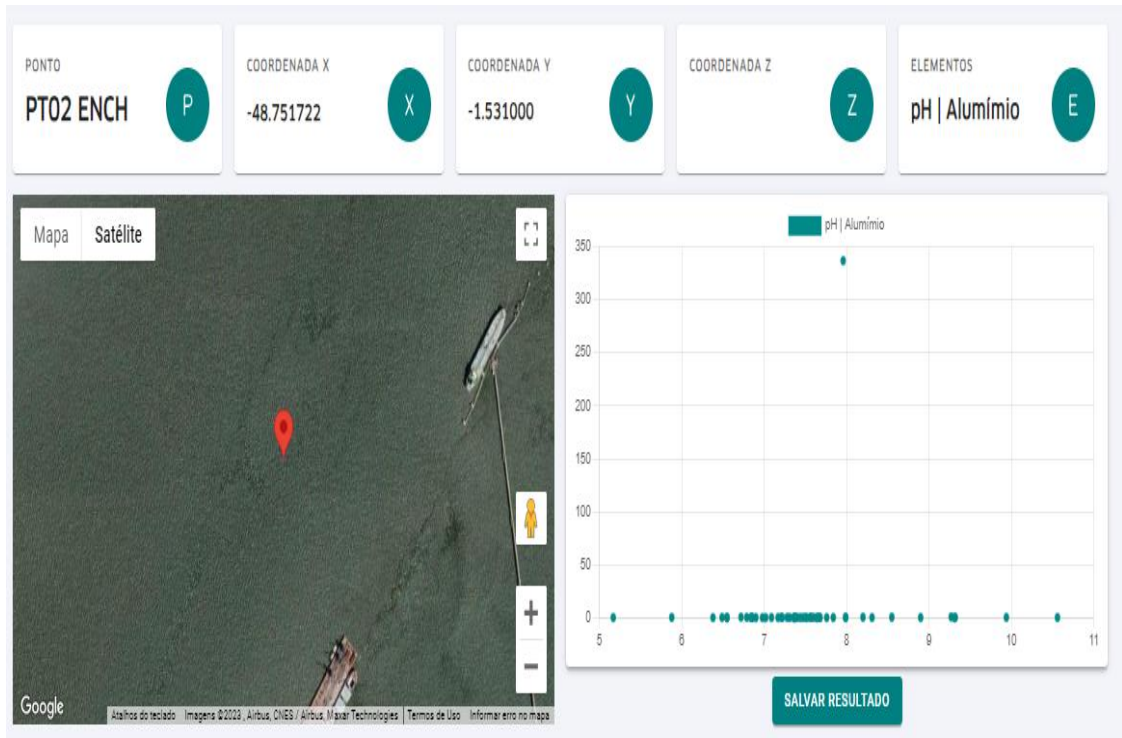
A partir dos resultados de monitoramento e as características das áreas investigada, vale evidenciar as características geológicas das áreas. A parte dos portos, Belém e Barcarena (Vila do Conde), originam o arranjo dos sedimentos da Formação Pirabas que tem um padrão geral progradacional, manifestado como uma sobreposição de fácies de plataforma aberta com fácies litorâneas. Vale destacar, que foram reconhecidos vales estuarinos incisivos, através da abundância de depósitos formados sob influência de processos de marés em ambientes canalizados, típicos de estuários. Estes depósitos sedimentares são caracterizados por litologias típicas de gradações, prolificamente correlacionado com uma variedade de outros depósitos comuns a sistemas estuarinos, destacando-se particularmente delta de maré, baía/laguna estuarina, planície de maré e mangue. (TÁVOLA, 2010).



Consequente a geologia, podemos caracterizar os principais solos das áreas estudadas. As regiões investigadas possuem em grande parte solos lateríticos. Esses solos têm uma grande quantidade de óxidos de ferro e alumínio. Os latossolos, encontrados em Belém (latossolo amarelo) e Barcarena (latossolo vermelho-amarelo) por exemplo, são subtipos de solo que foram laterizados com o tempo, esses solos são formados pela decomposição de rochas cristalinas e sedimentares, sob a influência do clima quente e úmido da região. Esses solos estão associados a presença de chuvas e são caracterizados em regiões de clima tropical. Segundo ESPINDOLA 2008, o termo “laterita” é utilizado para atribuir a depósitos residuais endurecidos descendente do intemperismo de rochas e materiais superficiais em suspensão, estabelecidos em variadas posições de relevo regional. Portanto, sendo um dos fatores para as características físico-químicas dos rios dos portos estudados.

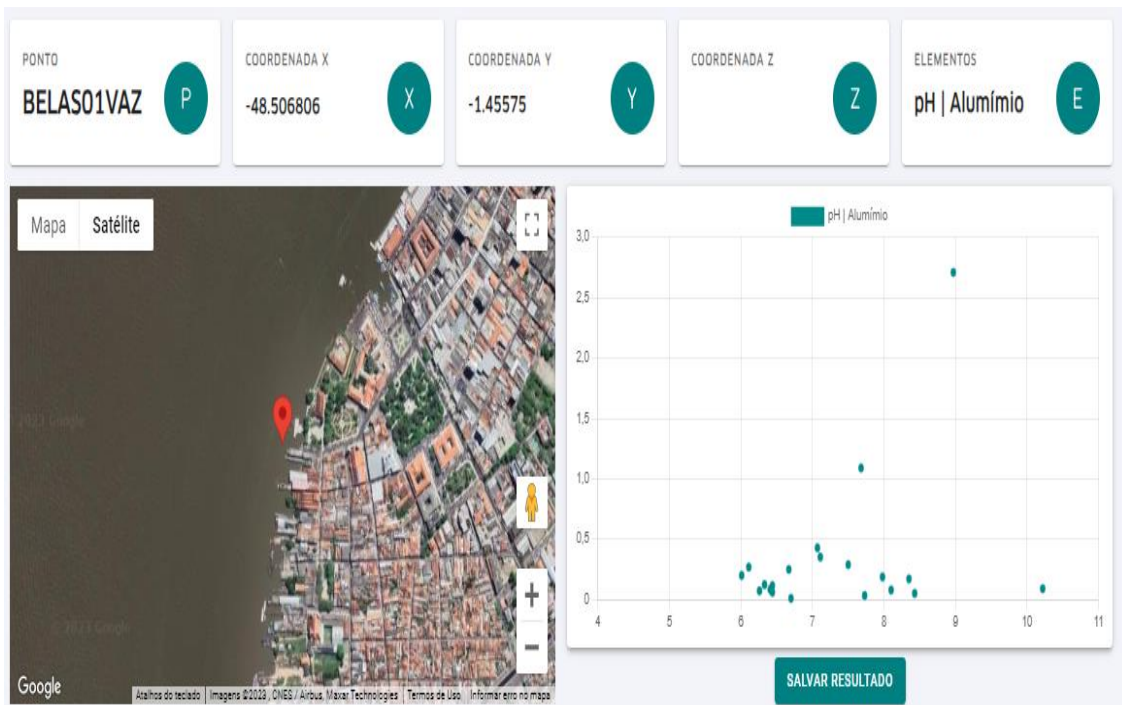
Se verificarmos os resultados de alumínio e ferro, observamos valores elevados naturalmente, a partir da geologia e pedologia, enquanto alguns que precisam ser vistos com mais cautela. No monitoramento os parâmetros mencionados estão na forma total, logo, não são comparados com o CONAMA 357/2005 devido a norma vigente pedir sua forma dissolvida. Os valores elevados não são sinônimos de toxicidade eminente, a toxicidade dos metais na água depende do grau de oxidação de um determinado íon metálico, além de outros fatores como por exemplo pH e como isso ocorre. Em geral, a forma iônica do metal é a mais tóxica. (USEPA,1995). O pH próximo da neutralidade (entre 6,5 e 8,5) é considerado ideal para a maioria dos organismos aquáticos, pois evita a corrosão ou a precipitação de metais, como o ferro e alumínio como já supracitado. Abaixo algumas comparações de pH e dos metais ferro e alumínio, nelas podemos ver a incoerência da concentração de alumínio (337 mg/L) em relação ao pH (7,96) no ponto PT-02 ENCH, entretanto, este é um valor da fração total, a sua forma dissolvida seria relevante para a discussão.

Figura 96: Relação de pH e alumínio total ponto Porto Vila do Conde.



Fonte: Autor.

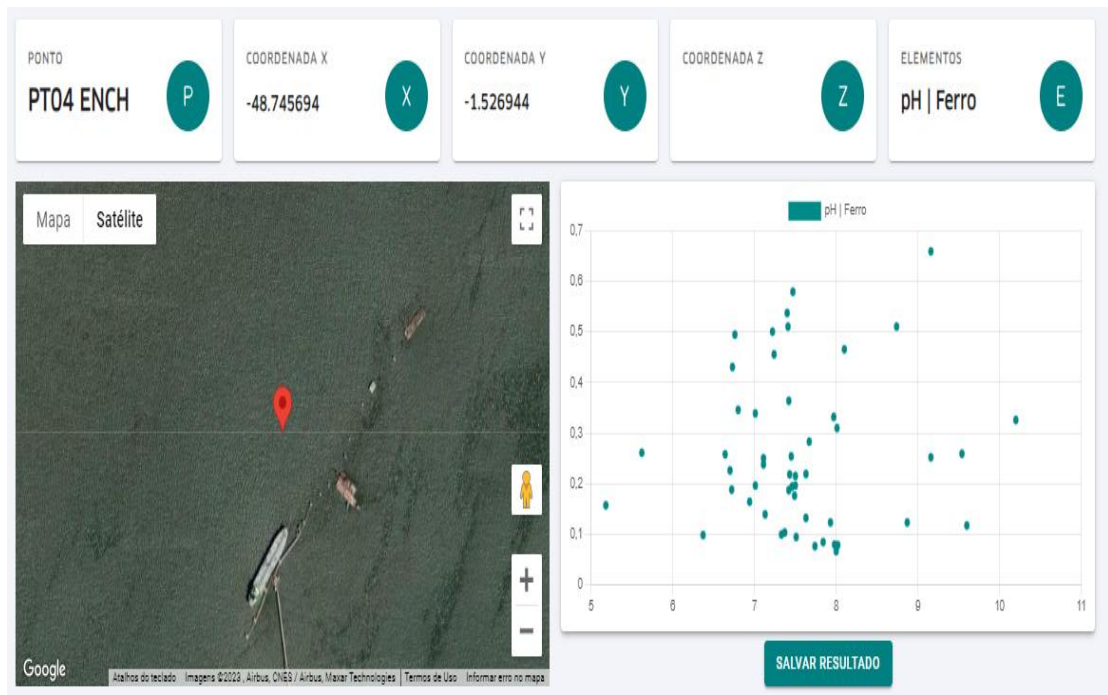
Figura 97: Relação de pH e alumínio total ponto Porto Belém.



Fonte: Autor.

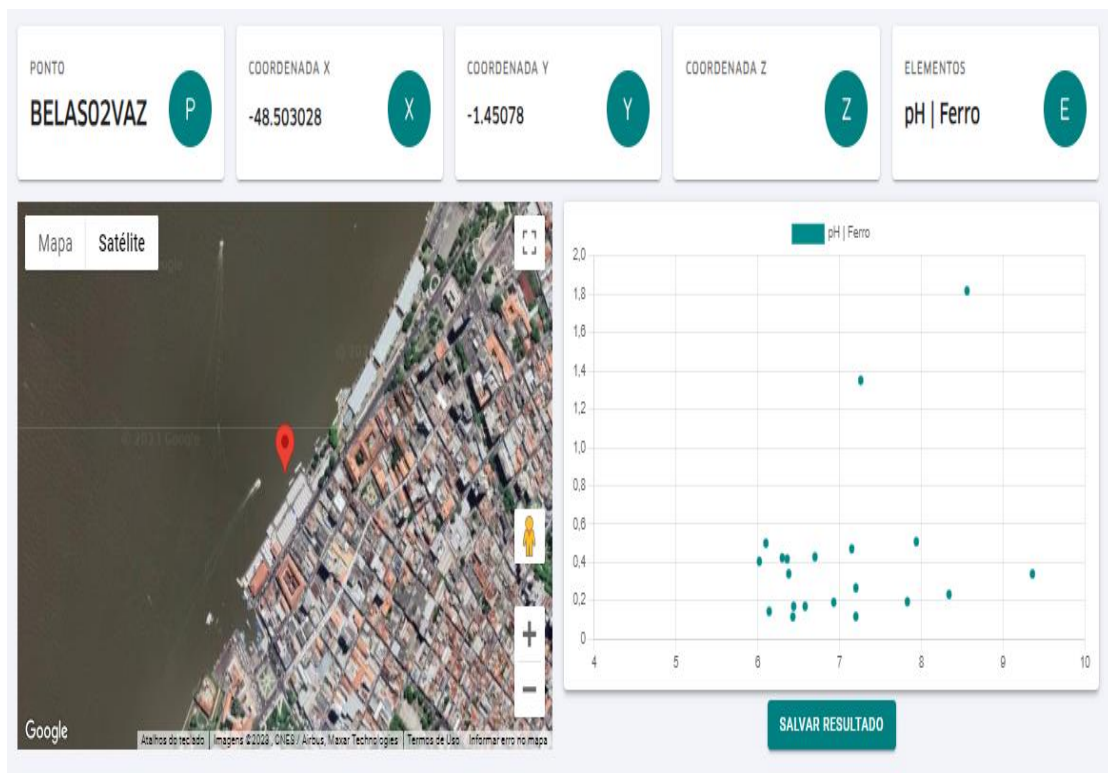


Figura 98: Relação pH e ferro total ponto Porto Vila do Conde



Fonte: Autor.

Figura 99: Relação pH e ferro total ponto Porto Belém.

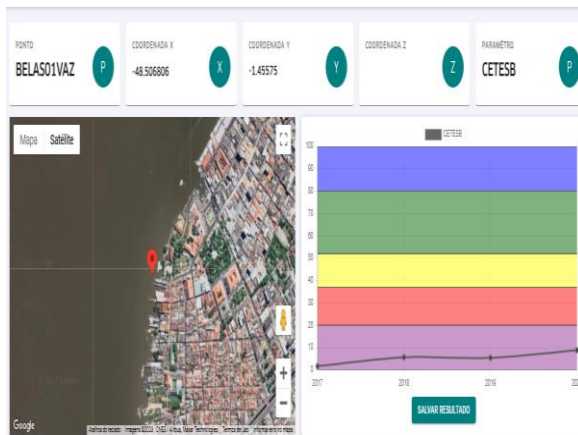


Fonte: Autor.

## 5.7 IQA - PORTO DE BELÉM

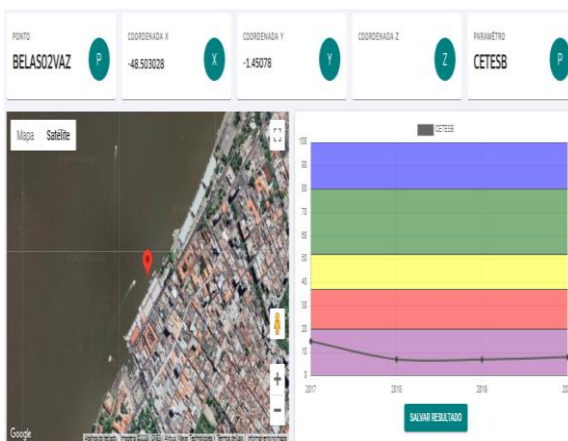
A partir dos resultados das variáveis coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo sólido e oxigênio dissolvido o IQA foi calculado e a classificação de todos os pontos de monitoramento, na maré alta e baixa, ficou na categoria péssima em todos os anos.

Figura 100: Resultados de IQA BELAS01 vazante.



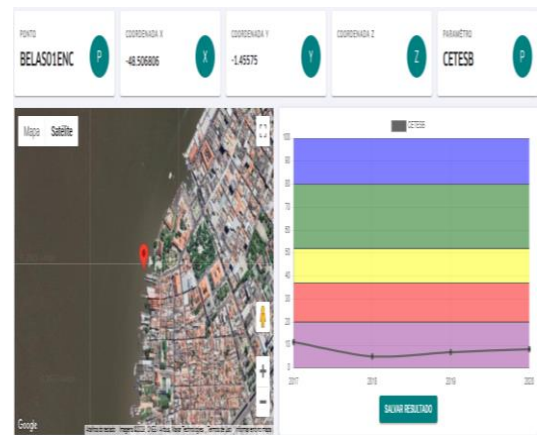
Fonte: Autor.

Figura 102: Resultados de IQA BELAS02 vazante.



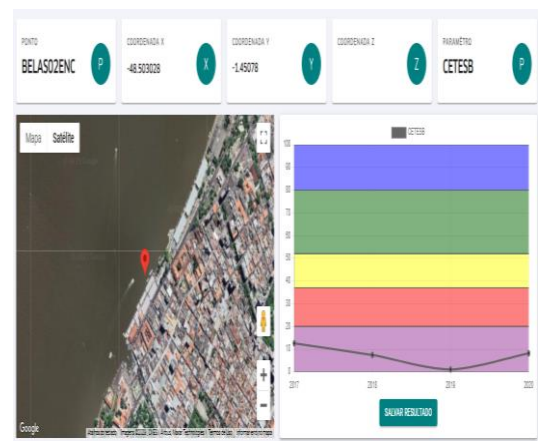
Fonte: Autor.

Figura 101: Resultados de IQA BELAS01 enchente.



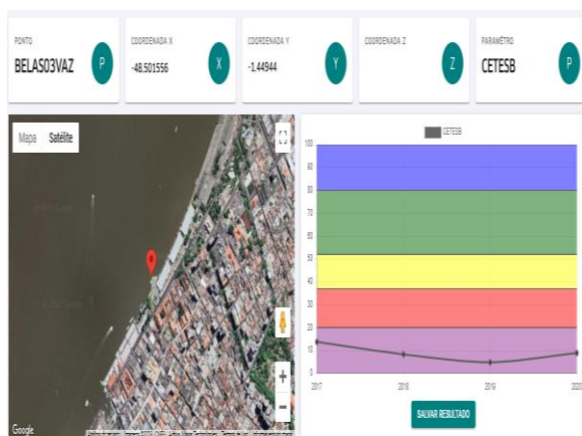
Fonte: Autor.

Figura 103: Resultados de IQA BELAS02 enchente.



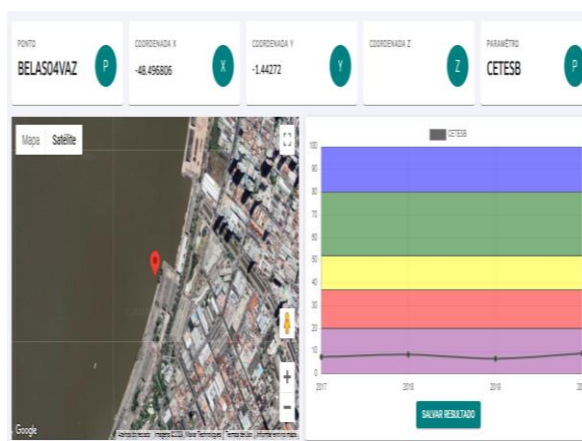
Fonte: Autor.

Figura 104: Resultados de IQA BELAS03 vazante.



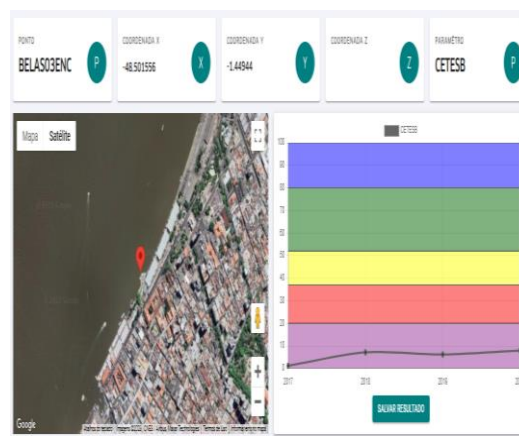
Fonte: Autor.

Figura 106: Resultados de IQA BELAS04 vazante.



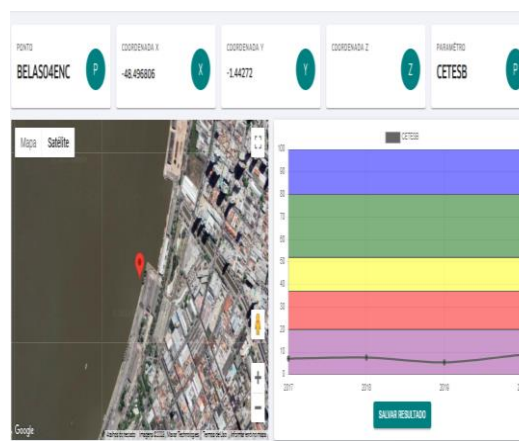
Fonte: Autor.

Figura 105: Resultados de IQA BELAS03 enchente.



Fonte: Autor.

Figura 107: Resultados de IQA BELAS04 enchente.



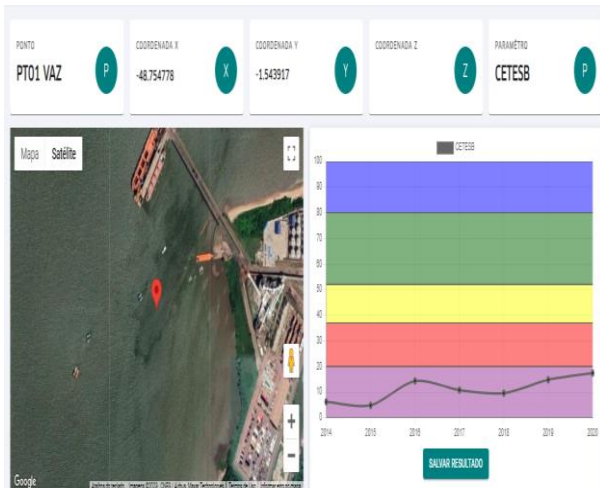
Fonte: Autor.

## 5.8 IQA – Vila do Conde

Com base dos resultados das variáveis para o cálculo do índice da qualidade da água, IQA, aferiu-se que em a classificação péssima foi constante durante todo o monitoramento, a única exceção foi no ano de 2020 que resultou em ruim.

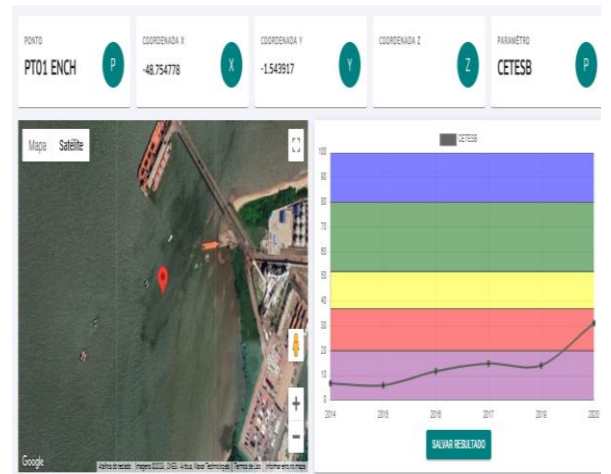


Figura 108: Resultados de IQA PT01 vazante.



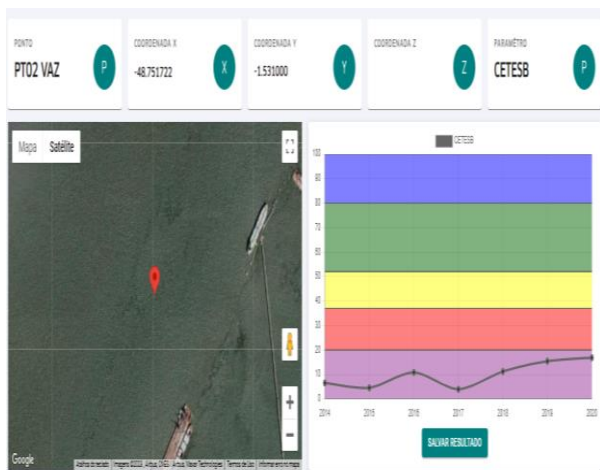
Fonte: Autor.

Figura 109: Resultados de IQA PT01 enchente.



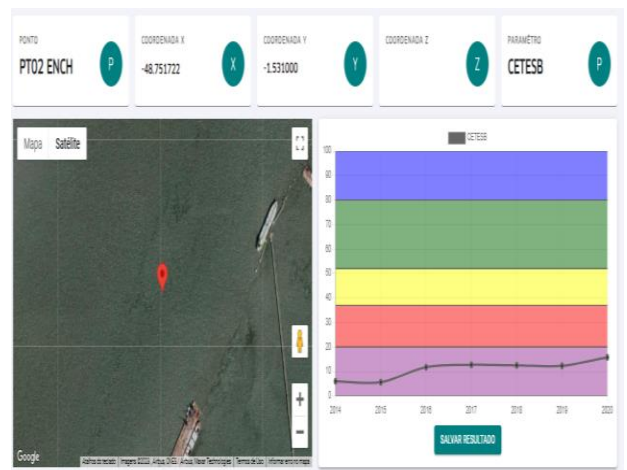
Fonte: Autor.

Figura 110: Resultados de IQA PT02 vazante.



Fonte: Autor.

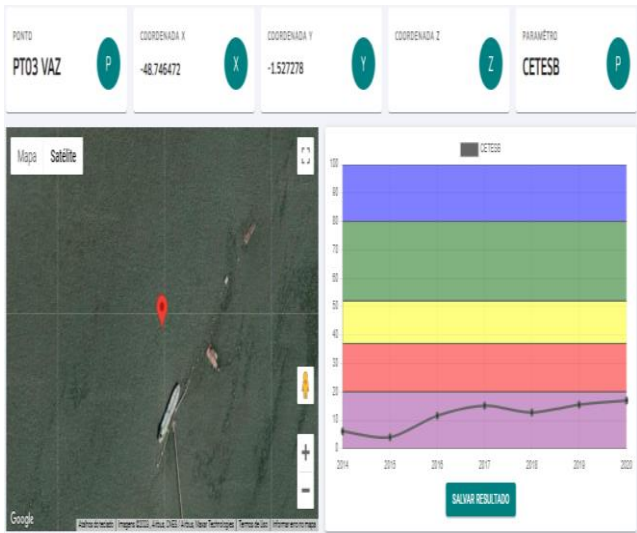
Figura 111: Resultados de IQA PT02 enchente.



Fonte: Autor.

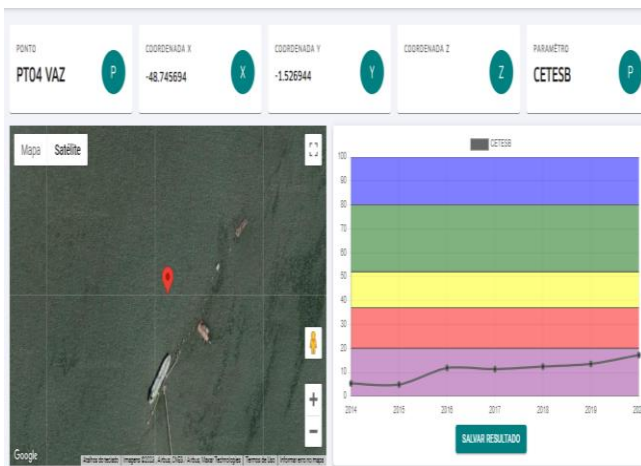
Figura 112: Resultados de IQA PT03 vazante.

Figura 113: Resultados de IQA PT03 enchente.



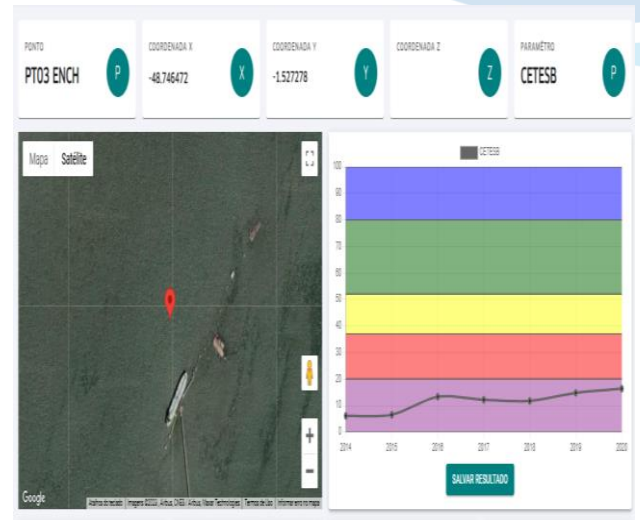
Fonte: Autor.

Figura 114: Resultados de IQA PT04 vazante.



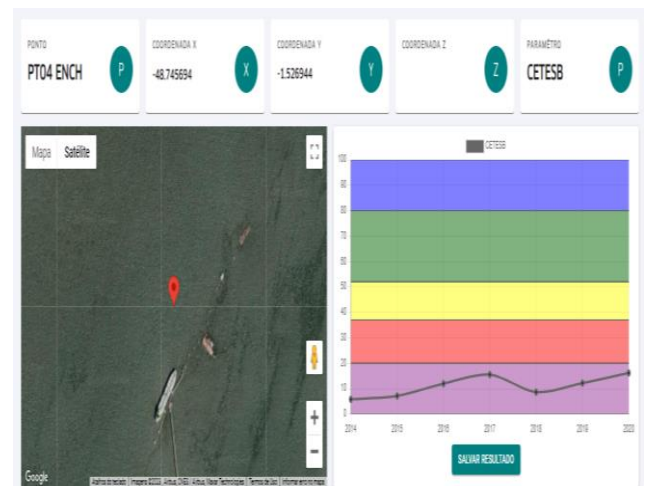
Fonte: Autor.

Figura 116: Resultados de IQA PT05 vazante.



Fonte: Autor.

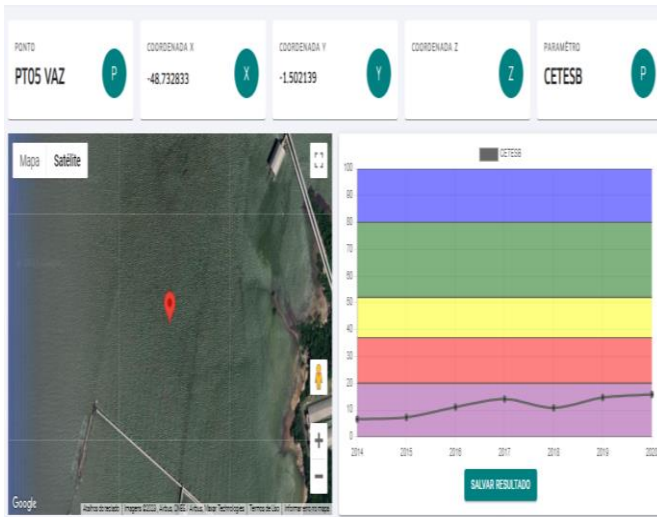
Figura 115: Resultados de IQA PT04 enchente.



Fonte: Autor.

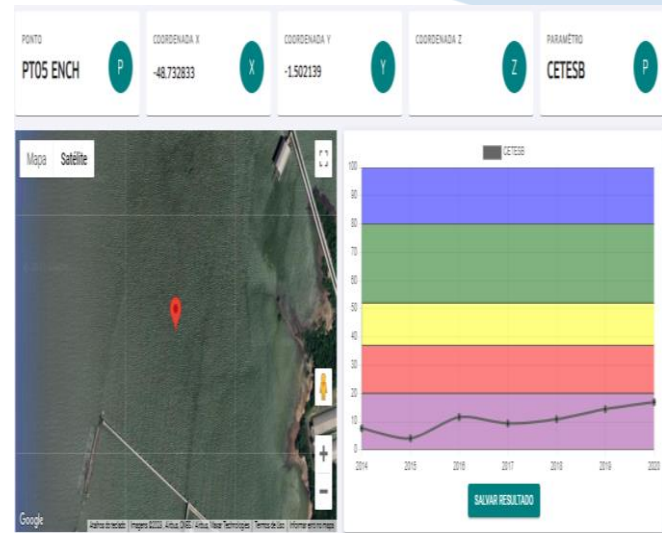
Figura 117: Resultados de IQA PT05 enchente.





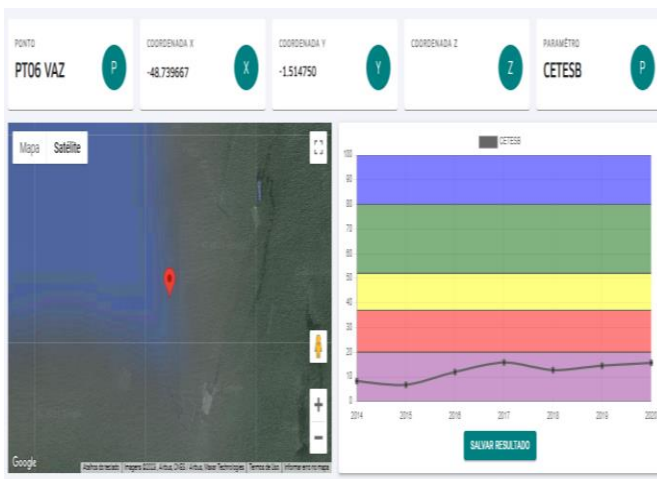
Fonte: Autor.

Figura 118: Resultados de IQA PT06 vazante.



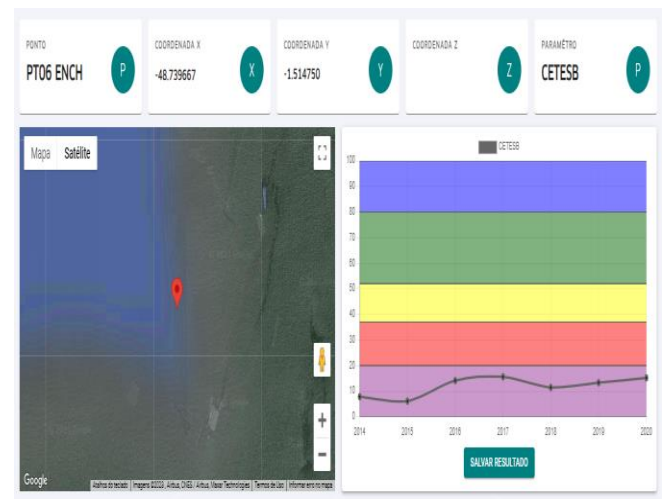
Fonte: Autor.

Figura 119: Resultados de IQA PT06 enchente.



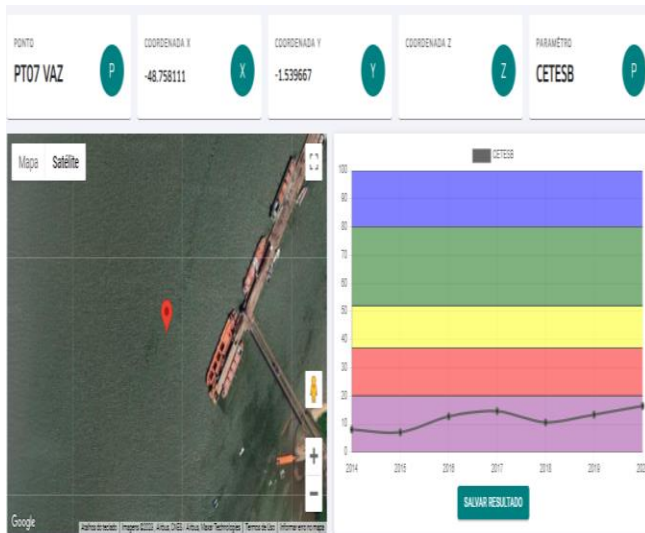
Fonte: Autor.

Figura 120: Resultados de IQA PT07 vazante.

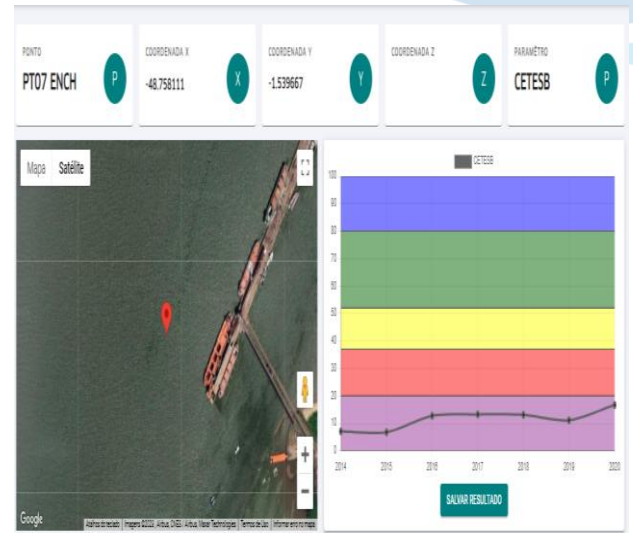


Fonte: Autor.

Figura 121: Resultados de IQA PT07 enchente.



Fonte: Autor.



Fonte: Autor.

## 5.9 IQA dos Portos

O índice da qualidade de água (IQA) nas ambas as áreas de estudo apresentaram pouca variação entre as faixas de qualidade, onde sumariamente fixou-se no intervalo de qualidade de água caracterizado como péssima, com virtuais ambientes entre ruim e regular em ambas as marés, vazante e enchente, no decorrer de todos os pontos analisados e dos anos propostos.

A partir desta caracterização pode-se aferir a influência da proximidade de grandes centros urbanos sobre a qualidade da água, em que parte deste problema são oriundos de impactos decorrentes de efluentes, domésticos e industriais, sem tratamento adequado ou com pouca eficiência durante o seu tratamento. Dentre os parâmetros analisados conjuntamente para elaboração deste índice (IQA), destaca-se o comportamento do pH, visto que apresentou valores próximo a pH 7 (neutro), portanto se descaracterizando do pH da região Amazônica de pH ácido derivado da decomposição orgânica e da lixiviação de ácidos fúlvicos de atividades microbiológicas em solos e de mata ciliar. (MEDEIROS et al., 2017). Esses resultados de pH só podem ser concatenados pelo alto volume de precipitação, conforme Carvalho et al., 2000, constata que com o aumento da chuva, o pH tende a aumentar e aproximar-se a neutralidade, visto que ocorre maior diluição de compostos dissolvidos e maior escoamento.

Outro parâmetro impremeditado foi oxigênio dissolvido em que se apresentou valores elevados e não convenientes, relativo as condições de temperatura e salinidade dos locais principalmente no Porto Vila do Conde, onde por exemplo, o ponto PT-04 enchente alcançou

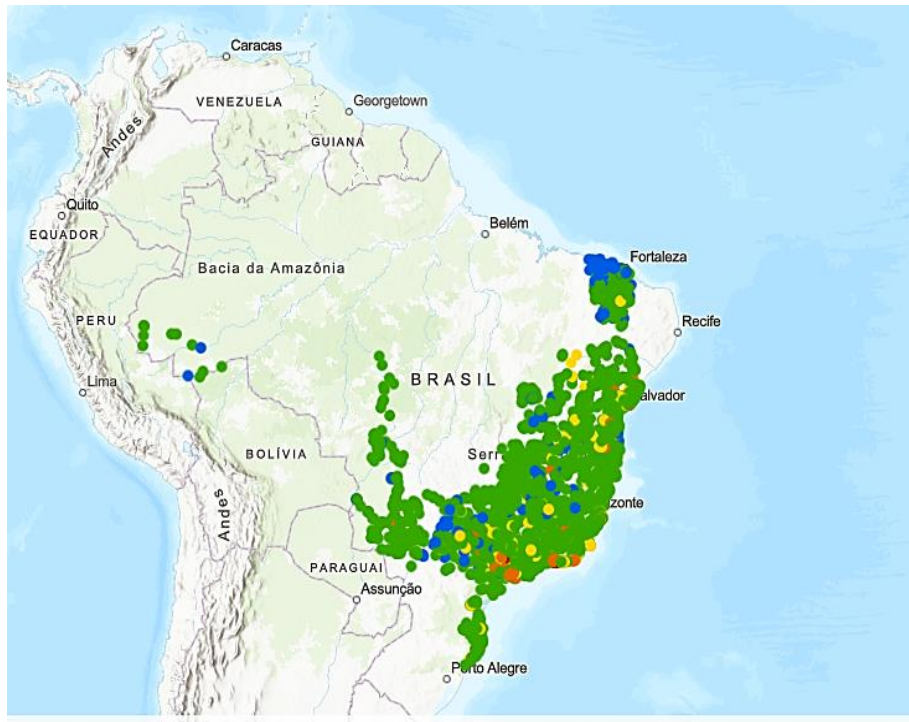
valores de 28,44 mg/L. Segundo Baird, 2002, a solubilidade do oxigênio na água aumenta com a diminuição da temperatura, e quanto maior a quantidade de sal dissolvido na água, menor o oxigênio dissolvido.

Dentre os parâmetros, também vale destacar a demanda bioquímica de oxigênio, DBO, elevada em ambos os locais. Este parâmetro na água superficial auxilia na mensuração da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por decomposição microbiana aeróbica. Geralmente, em corpos d'água, os valores de DBO são causados por descarga de matéria orgânica oriundos de efluentes domésticos. A presença de altos níveis de matéria orgânica pode esgotar o oxigênio da água, levando ao desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática, portanto é um importante padrão de classificação das águas naturais. (PIVELI, 2006).

Além dos parâmetros mencionados destaca-se o fósforo total, que acompanhado com DBO, em águas superficiais aponta a alta concentração de matéria orgânica, ademais é um dos principais padrões para a qualidade da água por ser um dos mais relevantes nutrientes dos processos biológicos. Segundo MAINSTONE & PARR, 2002, a disponibilidade de fósforo é derivada de entradas de fontes pontuais e difusas. Em fontes pontuais, como tratamento de esgoto de efluentes, existe uma grande quantidade de matéria orgânica degradável que contribui para a melhoria da disponibilidade de fósforo. Entre as fontes difusas, a maior parte da carga de fósforo vem do escoamento superficial aderido às características do solo, no entanto, esterco animal ou fertilizantes inorgânicos também fornecem grandes quantidades de fósforo solúvel.

Segundo os levantamentos do ANA providos do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), o estado do Pará, e grande parte dos estados da região norte, não apresentaram ou disponibilizam indicadores de qualidade da água de âmbito nacional. Na Figura 121, podemos verificar o último levantamento do ANA, dos anos de 2001 a 2020.

Figura 122: Levantamento de IQA disponibilizado pelo PNQA



Indicadores de Qualidade da  
Água - IQA - Média do último  
ano da série - 2020 - IQA -  
Média do último ano da série

mediça

- Excelente (>79 - 100)
- Boa (>51 - 79)
- Regular (>36 - 51)
- Ruim (>19 - 36)
- Péssima (0 - 19)

Fonte: PNQA, 2020.

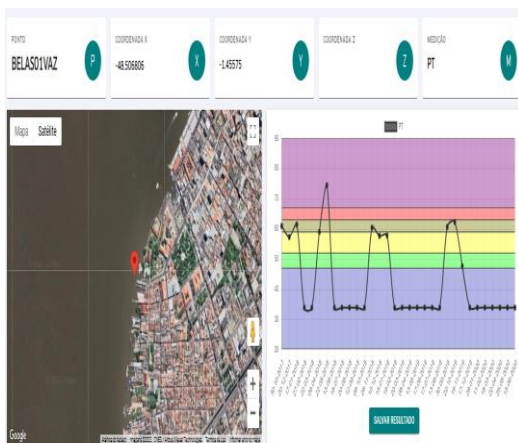
### 5.10IET - PORTO DE BELÉM

Os resultados obtidos do Porto de Belém observaram-se a predominância dos pontos de monitoramento na classificação trófica em eutrófica e ultraoligotrófica no período de vazante dentre os anos de 2017 a 2020. No período de enchente, do mesmo período de anos, as águas do Porto de Belém, dispuseram-se nas categorias: mesotróficos e ultraoligotróficos, com alguns casos eutróficos notáveis. Vale salientar que no período em que se classificou na categoria ultraoligotrófico, os dados de monitoramento eram irregulares e grande parte apresentou valores abaixo do limite de quantificação para o parâmetro fósforo total, ou seja,



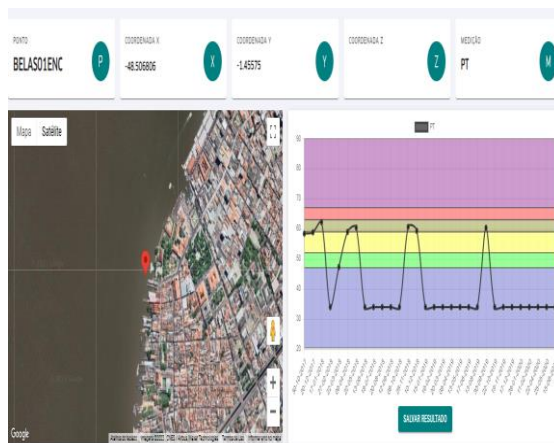
podendo ser contestável. Frisa-se que o objeto deste labor é a plataforma para avaliação de dados.

Figura 123: Resultados de IET  
BELAS 01 vazante



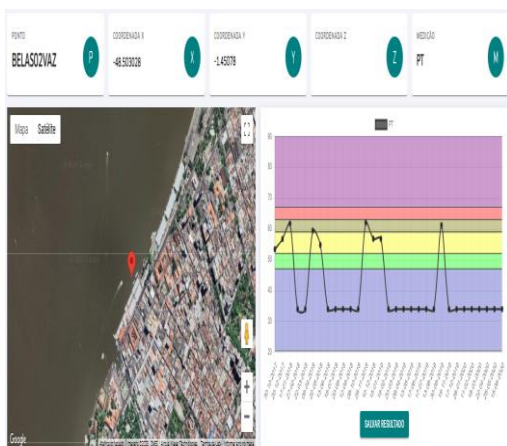
Fonte: Autor.

Figura 124: Resultados de IET BELAS  
01 enchente



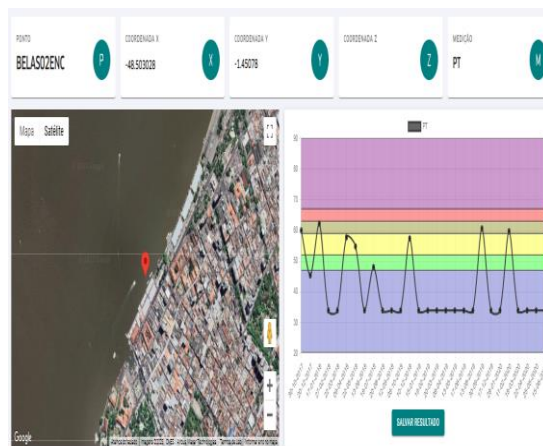
Fonte: Autor.

Figura 125: Resultados de IET  
BELAS 02 vazante



Fonte: Autor.

Figura 126: Resultados de IET BELAS  
02 enchente

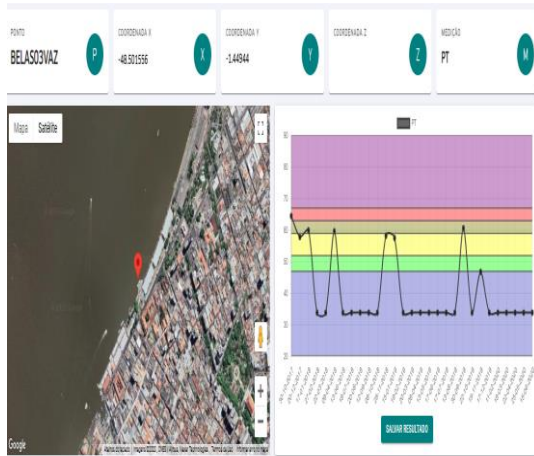


Fonte: Autor.

Figura 127: Resultados de IET  
BELAS 03 vazante.

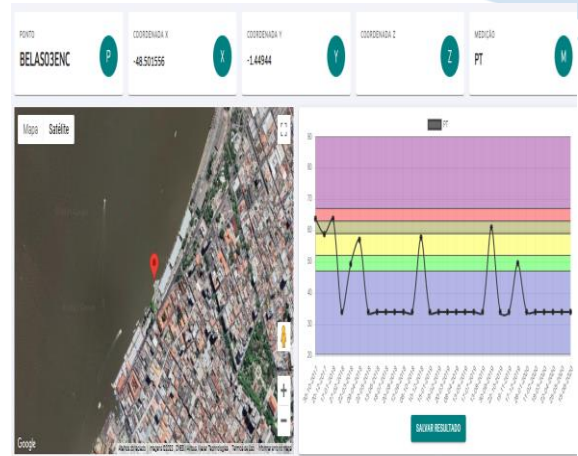
Figura 128: Resultados de IET BELAS  
03 enchente.





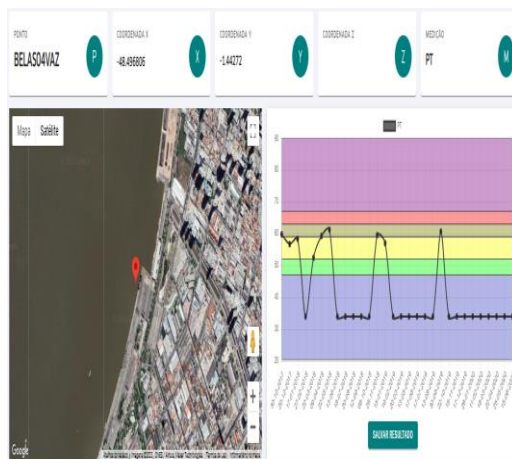
Fonte: Autor.

Figura 129: Resultados de IET BELAS 04 vazante.

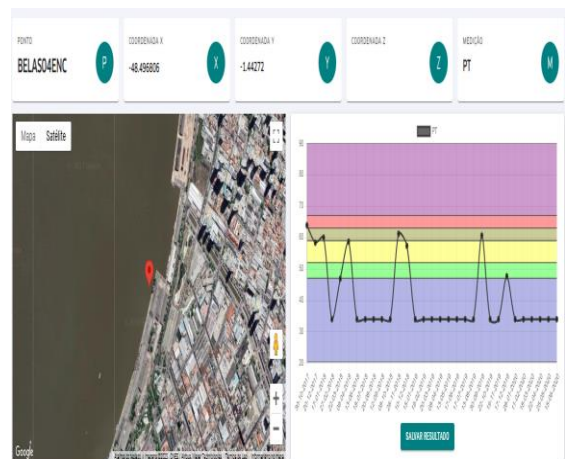


Fonte: Autor.

Figura 130: Resultados de IET BELAS 04 enchente.



Fonte: Autor.



Fonte: Autor.

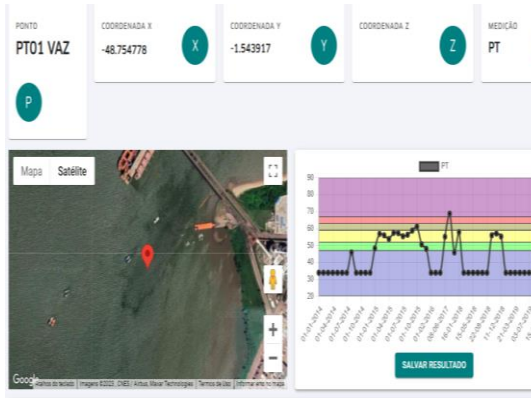
### 5.11 IET - Vila do Conde

Os resultados do Porto Vila do Conde, houve maior variação das classes tróficas durante os anos avaliados. Os pontos PT01, PT02, PT03 e PT05, na vazante e enchente, predominou-se os estados trófico ultraoligotrófico e com situações acentuadas, sobretudo no ano de 2015, em mesotrófico.

Os pontos PT04 e PT06, apresentam certa simetria, onde na vazante os estados tróficos predominantemente foram ultraoligotrófico e mesotróficos. Enquanto na enchente, diversificou em ultraoligotrófico, mesotrófico, oligotrófico e eutrófico. O ponto PT07, na

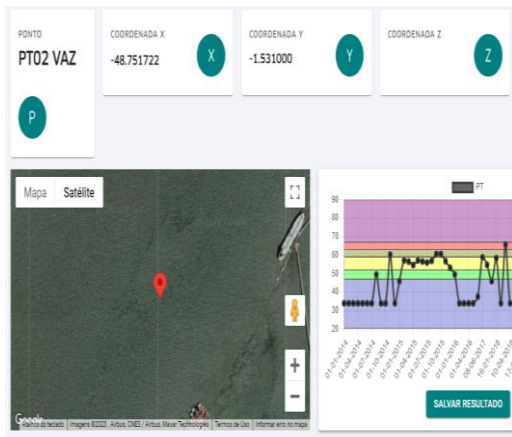
vazante continuou a variação entre ultraoligotrófico e mesotrófico, e na enchente houve a predominância em ultraoligotrófico e com casos de mesotrófico e oligotrófico.

Figura 131: Resultados de IET PT01 vazante.



Fonte: Autor.

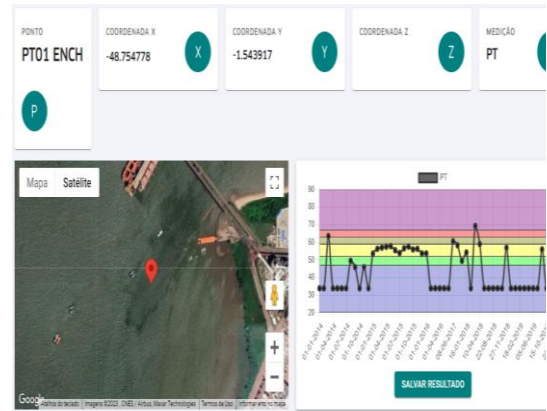
Figura 133: Resultados de IET PT02 vazante.



Fonte: Autor.

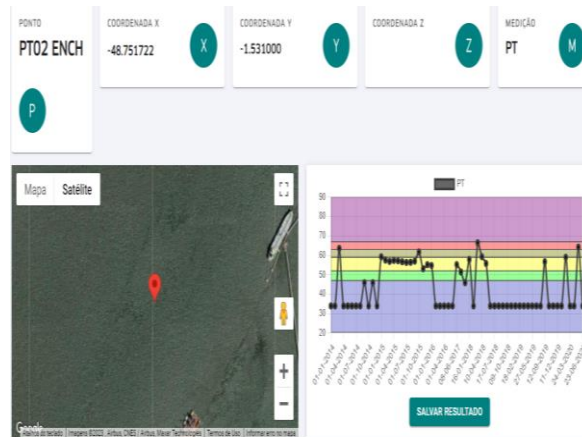
Figura 135: Resultados de IET PT03 vazante.

Figura 132: Resultados de IET PT01 enchente.



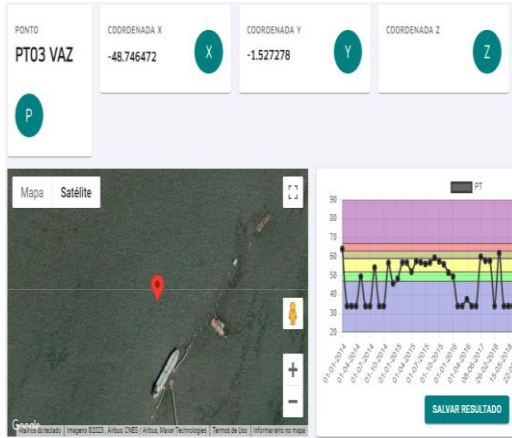
Fonte: Autor.

Figura 134: Resultados de IET PT02 enchente.



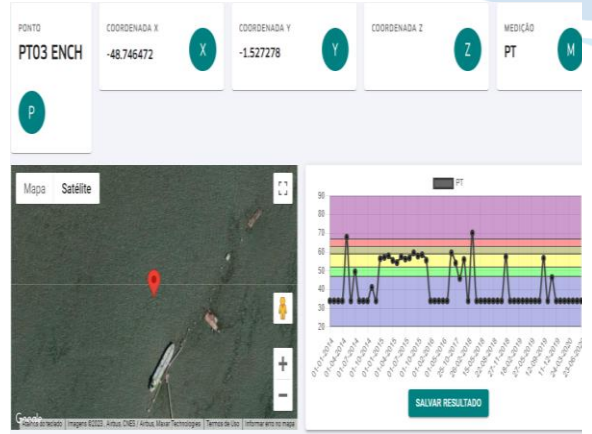
Fonte: Autor.

Figura 136: Resultados de IET PT03 enchente.



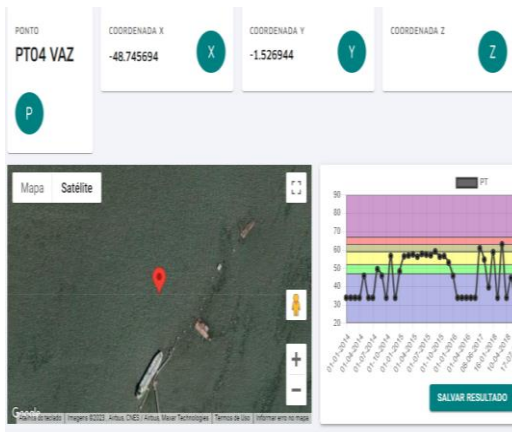
Fonte: Autor.

Figura 137: Resultados de IET PT04 vazante.

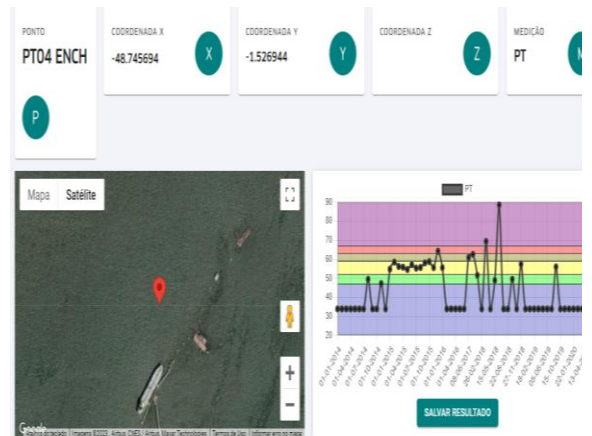


Fonte: Autor.

Figura 138: Resultados de IET PT04 enchente.

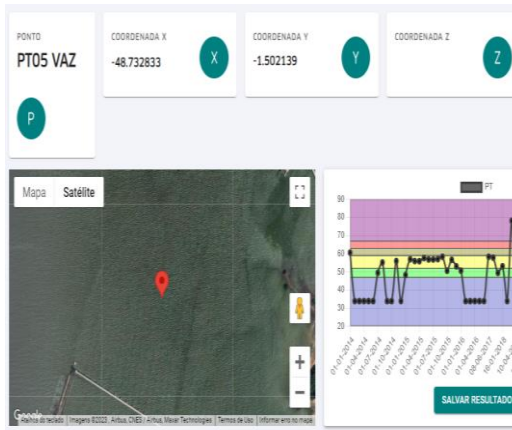


Fonte: Autor.



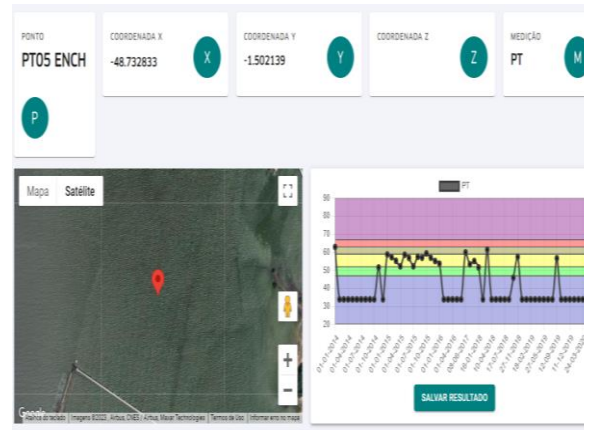
Fonte: Autor.

Figura 139: Resultados de IET PT05 vazante.



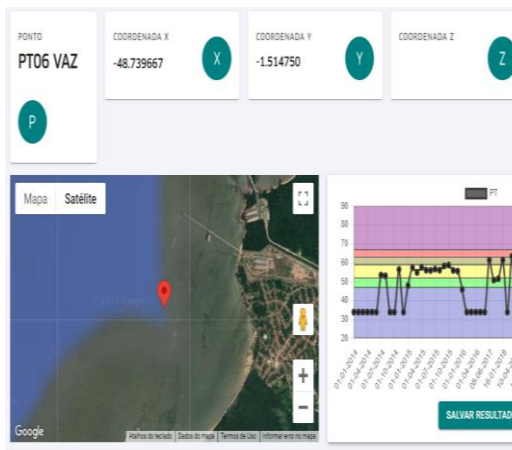
Fonte: Autor.

Figura 140: Resultados de IET PT05 enchente.



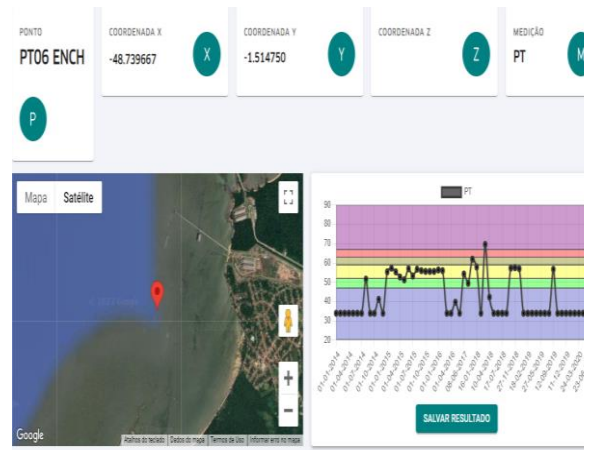
Fonte: Autor.

Figura 141: Resultados de IET PT06 vazante.



Fonte: Autor.

Figura 142: Resultados de IET PT06 enchente.



Fonte: Autor.

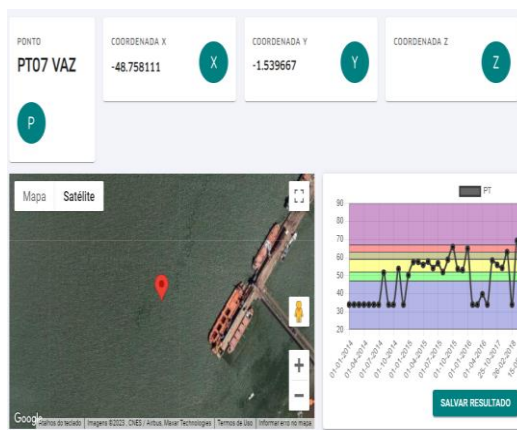
Figura 143: Resultados de IET PT07 vazante.



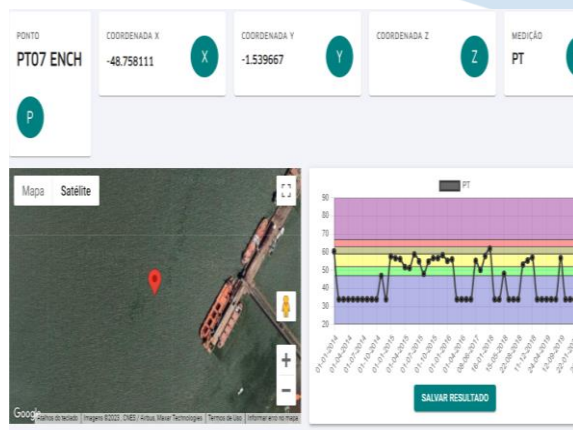
Figura 144: Resultados de IET PT07 enchente.







Fonte: Autor.



Fonte: Autor.

## 5.12 IET DOS PORTOS

Sobre o índice do estado trófico, os resultados expostos apresentam diferença sobre a forma do índice da qualidade da água, isso porque seus dados foram apresentados, durante o percurso mensal ao longo do ano. Diferentemente do IQA que foi classificado anualmente. Segundo CETESB 2003, devido às variações sazonais dos processos ambientais que afetam o grau de eutrofização dos corpos d'água, esse processo pode variar sazonalmente ao longo do ano, a determinação da eutrofização média anual de água superficial pode não identificar claramente as alterações que ocorrem durante o ano, portanto é de suma importância apresentar os resultados mensais ao longo do ano.

Em ambas as áreas portuárias visivelmente as águas superficiais foram afetadas por atividades antrópicas, seja pela expansão populacional que concomitantemente resulta na falta de saneamento e despejo impróprio.

O aumento na concentração de fósforo na água leva a eutrofização antropogênica dos ecossistemas aquáticos. A eutrofização refere-se ao agravamento da concentração de nutrientes (principalmente fósforo) nestes ecossistemas, levando a um aumento da produtividade primária como as algas. A concentração de fósforo na água pode ser um dos fatores para determinar o estado trófico do corpo de água, ou seja, pode ser ultraoligotrófico ou oligotrófico (baixo teor de fósforo), mesotrófico (aceitável em fósforo), eutrófico (alto teor de fósforo) ou mesmo supereutrófico ou hipereutrófico (com excesso de fósforo). À vista disso, é previsível diferentes estados tróficos durante o percurso do corpo d'água em diferentes períodos do ano, contudo, as concentrações de fósforo devem estar relacionadas as concentrações de clorofila  $\alpha$ . (ESTEVES, 1988 e LAMPARELLI, 2004).



Sobre o Porto de Belém, os resultados de fósforo total apresentaram valores plausíveis com as condições locais, com situações em desacordo com o CONAMA 357/2005 – Classe 02. As condições de maré influenciaram parte dos resultados, percebendo-se a diluição.

Sobre os resultados de fósforo total do Porto Vila do Conde, alguns resultados foram atômicos, como por exemplo PT-04 enchente do ano de 2018 que resultou no valor de 37mg/L, proporcionando desconfiança e causando desencadeamento dos resultados e classificação de estado de trofia. Mesmo com alguns resultados adversos, observou-se que as condições de escoamento do Rio Pará e as influências do oceano Atlântico, em alguns casos, proveram melhores resultados que do Porto de Belém. Apesar disso é notório a intervenção do ser humano.

Segundo o último levantamento sobre o IET nacional realizado pelo ANA, em 2010, pelo programa Nacional da Qualidade das Águas (PNQA) o estado do Pará novamente não apresenta dados divulgados em âmbito de amplidão nacional, assim como toda a região norte.

Figura 145: Levantamento de IET no Brasil



Fonte: Programa Nacional da Qualidade das Águas, 2010.

### 5.13 FILTRO DE QUALIDADE DOS DADOS DOS PORTOS

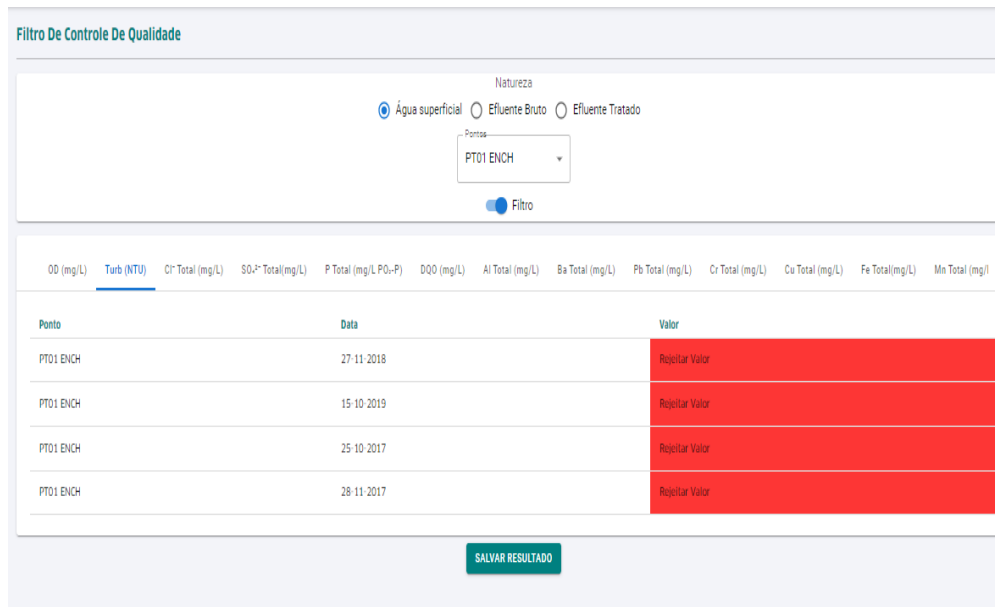
A partir do banco de dados de monitoramento dos portos de Belém e Vila do Conde, podemos nos certificar a funcionalidade da ferramenta inserida. No primeiro momento, o filtro isolou os resultados acima do VMP do CONAMA 357/2005 – Classe 2, de todos os anos e parâmetros, esses valores são apresentados em vermelho, como visualizado na Figura 145. Consequente, se clicarmos no ícone filtro, o software compara as datas de coleta e de análise, verificando se a data de análise é depois da coleta e se cada parâmetros está em tempo hábil para a realização do ensaio, como apresentado na Figura 146. Ademais, compara os resultados com o limite de quantificação (LQ) e a incerteza de medição, os resultados são visualizados em vermelho, e além disso apresenta os resultados que precisam ser avaliados em amarelo.

Figura 146: Resumo dos valores acima do VMP para fósforo total.

pH	OD (mg/L)	Turb (NTU)	P Total (mg/L PO <sub>4</sub> -P)	Cr Total (mg/L)	Mn Total (mg/L)	EC (NMP/100mL)

Fonte: Autor.

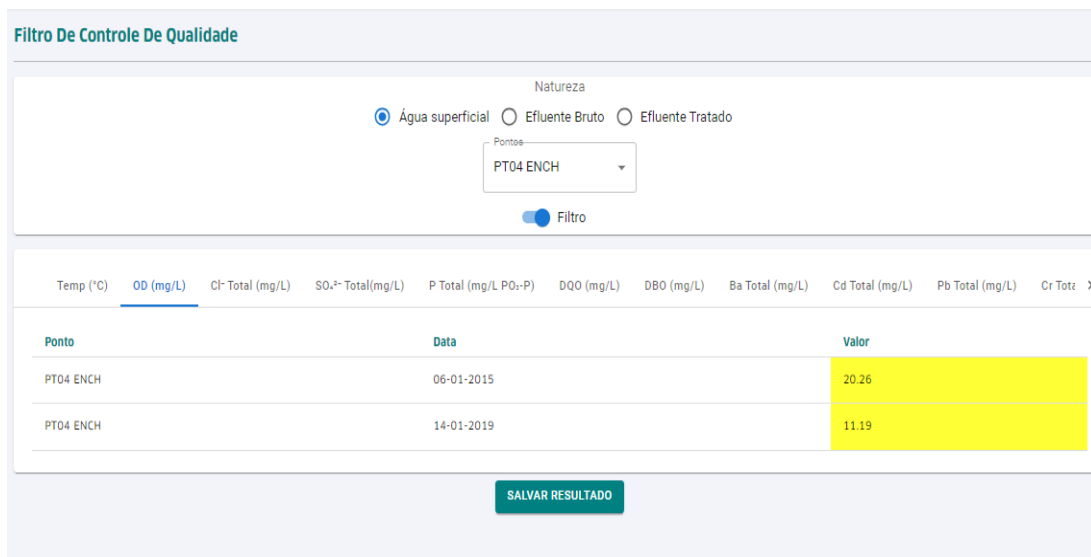
Figura 147: Parâmetros com prazo de análise ultrapassados



Fonte: Autor.

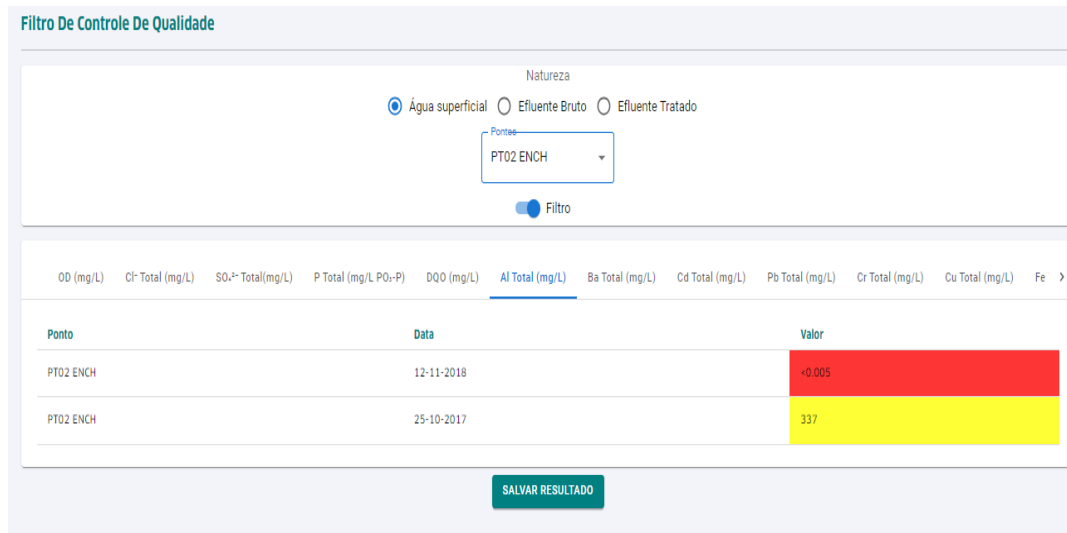
Neste último caso, os parâmetros OD acima de 10,5 mg/L, alumínio total de 337 mg/L e temperatura acima de 50 °C e menor que 1 °C, foram separados. Nas figuras abaixo, verificamos a como são apresentados os filtros mencionados.

Figura 148: Valores de OD que precisam ser avaliados com cautela.



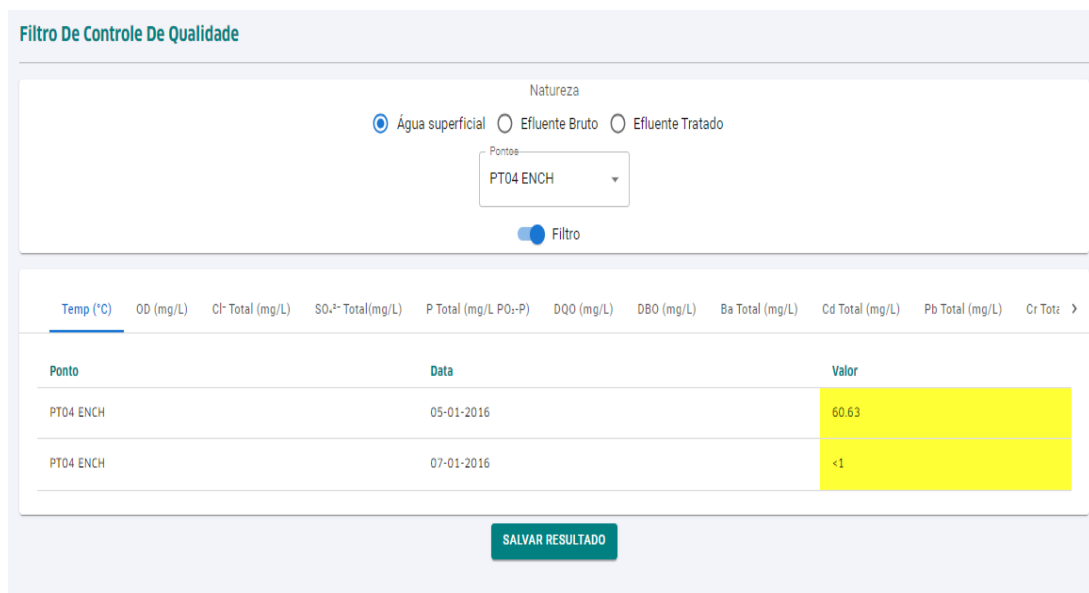
Fonte: Autor.

Figura 149: Erro sobre valores abaixo do LQ (em vermelho) e valores que precisam ser avaliados com cautela (amarelo)



Fonte: Autor.

Figura 150: Valores que precisam ser avaliados com cautela.



Fonte: Autor.

Além dos filtros mencionados, durante a varredura do banco de dados, a ferramenta compara certos parâmetros similares, por exemplo, o filtro identificou o erro analítico de DBO, no qual o valor é maior do que de DQO, logo a plataforma detecta o erro e é possível visualizar, em vermelho a palavra “erro de inversão”, facilitando a tomada de ação do usuário. Na Figura 150, observamos como é apresentado na plataforma.

Figura 151: Erro sobre valores abaixo do LQ e erro paramétrico de DBO acima de DQO

**Filtro De Controle De Qualidade**

Natureza  
 Água superficial  Efluente Bruto  Efluente Tratado

Pontos  
PT03 VAZ

Filtro

OD (mg/L) Cl- Total (mg/L) P Total (mg/L PO<sub>4</sub>-P) DQO (mg/L) **DBO (mg/L)** Cd Total (mg/L) Pb Total (mg/L) Cr Total (mg/L) Cu Total (mg/L) Fe Total (mg/L) Mn Total (mg/L) Zn Total >

Ponto	Data	Valor
PT03 VAZ	07-01-2016	<1
PT03 VAZ	22-08-2018	Erro de Inversão

**SALVAR RESULTADO**

Fonte: Autor.



## 6 Conclusão

O surgimento de índices e indicadores ambientais advém da crescente preocupação sobre os aspectos ambientais mediante o desenvolvimento e expansão da sociedade. Esses indicadores tornam-se fundamentais visto ao enorme banco de dados e a intensão de sumarizar esses resultados para tomada de formulações de políticas públicas de forma sistemática e de fácil acesso.

Devido à grande representatividade do estado do Pará em enormes eventos de meio ambiente mundial e nacional, como por exemplo a COP-30, reforçam maior disponibilidade de dados de monitoramento de visualização nacional. Portanto, indicadores de fácil aceitação e decodificados a grande massa populacional são uma das formas de avaliação, mesmo sendo genérica em alguns casos, corroboram para uma avaliação de qualidade da água em geral.

Dentre os índices desenvolvidos da plataforma, o IQA resulta nessa forma mais simples de avaliação geral da qualidade da água. A partir dos resultados inseridos, verificou-se que as águas superficiais do Porto de Belém quanto do Porto Vila do Conde em Barcarena/PA estão classificadas pelo índice IQA como péssimas, esse panorama advindo do crescimento populacional desordenado e falta ou ineficiência de tratamento de efluentes. Concomitantemente, essas condições de falta de tratamento afeta o estado trófico (IET), com elevadas concentrações de matéria orgânica, resultando em valores que pedem certa cautela sobre a qualidade d'água.

À vista disso, a plataforma digital veio com o intuito de suprir essa lacuna sobre o armazenamento de informações e deliberar de forma facilitada e dinâmica os resultados de monitoramento. Trazendo à tona, o comportamento do ponto de investigado durante os meses e anos através da série histórica, calcular os índices, como IQA e IET, a partir do banco de dados existente. Ademais, filtra os erros grosseiros como os erros de data, limite de quantificação e prazo de validade dos ensaios baseando-se em guias já consolidados bibliograficamente. Portanto, uma ferramenta contemporânea, com base na indústria 4.0, com todos os requisitos para prover uma melhor performance relacionado a monitoramento de água superficial.



## 7 REFERÊNCIAS

ALVES, IGOR. GEOLOGIA AMBIENTAL E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO DO RIO DENDÊ, BARCARENA, PARÁ. Belém - Pará Fevereiro 2012.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Lipps WC, Braun-Howland EB, Baxter TE, eds. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24th ed. Washington DC: APHA Press; 2023.

ARAÚJO, Vivian Evelyne silva, Análise de alguns parâmetros de qualidade da água na baía do Guajará em Belém-PA e os efeitos do regime pluviométrico e de marés – Dissertação de mestrado – UFPA- 2018.

BABA, R. K; VAZ, M. S. M. G; COSTA, J; Correção dedados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. UFPG, Ponta Grossa, PR. Revista Brasileira de Meteorologia. v.29, n.4, 515 - 526, 2014.

Baird, C. (2002) Química Ambiental. 2nd Edition, Bookman, Porto Alegre.

BRASIL, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). In: “Caderno de Recursos Hídricos: Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil”. Brasília: ANA, p. 134, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios. Brasília: ANA,2016. <http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/2227>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 53, Brasília, DF, 18 de março, p. 58-63, 2005.

BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A.. Introduction to Time Series and Forecasting. Springer Texts in Statistics. Springer International Publishing, 2016. 2.1

Carlos Roberto Espindola e Luiz Antônio Daniel. Boletim Técnico da FATECSP BT/ 24. – pág.21 a 24. São Paulo. 2008.

Carvalho, A.R.; Schlittler, F.H.M.; Tornisielo, V.L. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. Química Nova, 23(5): 618-622.

CASTRO, Silvia Machado de; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. Sociedade & Natureza, v. 24, p. 519-533, 2012.



Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009, July). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys.

CHAUDHURI, A.; VEKRIS, P.; GOLDMAN, S.; ROCH, M.; LEVI, G. Fast and Precise Type Checking for JavaScript. Proc. ACM Program. Lang. OOPSLA. v. 1, n.º 48, 2017.

COSTA NETO, P. L. de O. Probabilidades. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2005.

COSTA, Fernando Barbosa; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba. Revista Eletrônica de Geografia, v. 7, n. 18, p. 22-47, 2015. DOHALE, V. KUMAR S. Review of Literature on Industry 4.0. 2018.

CPRM - Companhia De Pesquisa De Recursos Minerais, Projeto Estudos Hidrogeológicos Da Região Metropolitana De Belém E Adjacências - Superintendência Regional De Belém, 2022.

da Cunha G.R., Santi A., Dalmago G.A., Pires J.L.F., Pasinato A.

DE SOUZA, Maria Vitória Koller et al. POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (PNRH): UM ESTUDO COMPARATIVO SOBRE ARRECADAÇÃO E DESEMBOLSO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS INTERESTADUAIS NO BRASIL. Caderno PAIC, v. 22, n. 1, p. 659-684, 2021.

DONG, J., WANG, G., YAN H., XU, J., e ZHANG, X. A survey of smart water quality monitoring system. Environ Sci Pollut Res 22(7):4893–4906, 2015

DOWNING, D.; CLARK, J. Estatística Aplicada. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype? IEEE industrial electronics magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

Dynamics of rainfall pH in Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil

EMBRAPA TERRITORIAL. Sistema de Inteligência Territorial Estratégica da Macrologística Agropecuária brasileira (SITE-MLog). Campinas, 2020. Disponível em: < [www.embrapa.br/macrologistica](http://www.embrapa.br/macrologistica) >. Acesso em: 17 jun. 2023

EMBRAPA. (2009) Pesquisa Agropecuária Brasileira, 44 (4) , pp. 339-346.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2ª edição, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988.

EURACHEM, Quantifying uncertainty in analytical measurement. Laboratory of the government chemist, Londres. 1995



FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F. (ed.). Soil acidity and liming. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1984. n.12, p.57-97. (Agron. Monogr.).

Gabriel Luciano Borges de Carvalho; Denise Helena Lombardo Ferreira ; Álvaro Poli Lourenço ; Letícia Caroline Soares da Silva ; Mirella De Paola Padovani. Portos brasileiros: alguns indicadores. Brazilian Technology Symposium.2019

GALLOPIN, G.C. Environmental and Sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. Environmental modeling & Assessment. 1996.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on. IEEE. p. 3928-3937, 2016

ICH: Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology, in Q2(R1). ICH Harmonised Tripartite Guideline: London, 2005.

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: a review on data analysis. Environment International, v.35, p. 778-801, 2011.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia, 235 f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

Lippi, Márcio Luiz; Aranda, Maria Cristina; Antonioli, Pedro Domingos. COMPUTAÇÃO EM NUVEM: ANÁLISE DA SEGURANÇA PARA NUVENS PÚBLICAS. FATEC/ITAPIRA. Revista Prospectus, v. 1, n. 1, p. 31-49, 2019

Maier, M.H. 1987. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55'W - 48°55'W; 22°55'S - Brasil): qualidade da água do rio principal. Ciência e Cultura, vol. 39, no 2, p 164-185.

MAINSTONE, C. P.; PARR, W. Phosphorus in rivers—ecology and management. Science of the Total Environment. 2002.

Medeiros, Adaelson Campelo; Faial, Kleber Raimundo Freitas; Faial, Kelson do Carmo Freitas; Lopes, Iris Danielly da Silva; Lima, Marcelo de Oliveira; Guimarães, Raphael Mendonça; Mendonça, Neyson Martins. Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil, Marine Pollution Bulletin, Volume 123, Issues 1–2, 2017, Pages 156-164, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.002>.

MELIA, P. M.; CUNDY, A. B.; SOHI, S. P.; HOODA, P. S.; BUSQUETS, R. Trends in the recovery of phosphorus in bioavailable forms from wastewater. Chemosphere, v. 186, p. 381–395, 2017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.07.089



MICROSOFT. Site. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/free/>. Acesso em dezembro 2022.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. dos. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. Revista DAE, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, jan./mar. 2019.

MUINUL H. B., SYEDI I., ALEX F., HOMAYOUN N., REHAN S., MANUEL R. e MINA H. 2014. Online Drinking Water Quality Monitoring: Review on Available and Emerging Technologies, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44:12, 1370-1421.

MYERS, D. N. Why monitor water quality? United States Geological Survey. 2017.

NETLIFY. Site. disponível em: <https://www.netlify.com/>. Acesso em dezembro de 2022.

OLIVEIRA, E. S.; SANTOS, D. N.; OLIVEIRA, G. M. T. S.; SILVA JUNIOR, M. L.; ANDRADE, C. C. G.; SANTOS, W. A. S.; RIBEIRO, H. M. C.. Indicador da qualidade da água através de análise fatorial: um estudo de caso na zona portuária de Belém, Amazônia, Brasil. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.3, p.640-650, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.003.0051>

PALMA J, BUENO U, STOROLLI W, SCHIAVUZZO P, CESAR F, MAKIYA I. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. In: 6th International Workshop–Advances in Cleaner Production. 24th to 26th May. p. 1- 8. São Paulo. Brasil; 2017.

PAULA, Liliane Magnavaca de. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Rio Jordão, Araguari/MG. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia civil. UFU.2011.

PIVELI, Roque Passos e KATO, Mario Takayuki. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES. 2006.

ROLF ALTENBURGER, WERNER BRACK, ROBERT M. BURGESS, WIBKE BUSCH, BEATE I. ESCHER, ANDREAS FOCKS, L. MARK HEWITT, BO N. JACOBSEN, MIREN LÓPEZ DE ALDA, SELIM AIT-AISSA, THOMAS BACKHAUS, ANTONI GINEBREDA, KLÁRA HILSCEROVÁ, JULIANE HOLLENDER, HENNER HOLLERT, PETA A. NEALE, TOBIAS SCHULZE, EMMA L. SCHYMANSKI, IVANA TEODOROVIC, ANDREW J. TINDALL, GISELA DE ARAGÃO UMBUZEIRO, BRANISLAV VRANA, BOZO ZONJA, MARTIN KRAUSS. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. Environmental Sciences Europe. v. 31, n. 12, 2019.

SOUZA, R.C.; CAMARGO, M.E. Análise e Previsão de Series Temporais: Os Modelos ARIMA, 2ª edição, 2004.





Stallings, W. Network security essentials: applications and standards. Pearson Education India. (2007).

TÁVORA, Vladimir de Araújo; SANTOS, André Augusto Rodrigues dos e NETO ARAUJO, Raphael. Localidades fossilíferas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat. [online]. 2010, vol.5, n.2, pp.207-224. ISSN 1981-8114.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Recursos hídricos no século XXI. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Liminologia. São Paulo: Oficina de Texto, 2013.

US EPA (1995) Establishing Background Levels. PB 94-963313 – EPA /540/F-94/030. September 1995.

VAQUERO, Luiz M; RODERO-MERINO, Luiz; CACERES, Juan; LINDENER, Maik. A break in the Clouds: towards a cloud definition. ACM Sigcomm Computer Communication Review, vol. 39, n. 1, Jan 2009.

VEGA, M. et al. Assesment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. Water Research, v.32, n.12, p.3581-3592, 1998

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 588p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. Belo Horizonte.2007.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte.1996

WEBB, L.J., TRACEY, J.G. & WILLIAMS, W.T. 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. Journal of Ecology 60:675-695.

XU, X., YANG, H., AND LI, C. Theoretical Model and Actual Characteristics of Air Pollution Affecting Health Cost: A Review. Ijerph 19, 3532, 2022.