

MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMATIVA DO NÍVEL DO RIO ITAPEMIRIM PARA PREVISÃO DE INUNDAÇÕES NA ZONA URBANA DA CIDADE DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM (REVISADO)

1 – Dados telemétricos de vazão

A Agência Nacional de Águas (ANA) disponibiliza dados telemétricos de vazão de estações fluviométricas, via webservice com protocolo de comunicação em formato XML.

Estas estações estão localizadas em lugares específicos ao longo da hidrografia de diversas bacias hidrográficas do território nacional, e no caso da bacia do Rio Itapemirim, o monitoramento é realizado em sua maior parte, próximo às usinas hidrelétricas, sendo a própria concessionária, responsável pela operação e manutenção da estação telemétrica, e pela transmissão dos dados registrados.

Os dados telemétricos são enviados à Plataforma da ANA, salvas em um banco de dados, e a partir do Webservice disponibilizado, a NUTGEO desenvolveu um algoritmo que faz download das informações atualizadas em intervalos de 15 minutos. De posse desses dados, foi desenvolvido um sistema para visualizar e analisar os dados de vazão em tempo real.

De posse dessas informações foi desenvolvido o SARI – SISTEMA DE ALERTA DO RIO ITAPEMIRIM, no qual foi elaborado e calibrado um modelo de regressão que relaciona vazões em diferentes locais da bacia hidrográfica com o nível do Rio em um ponto específico de observação da Defesa Civil Municipal, onde existe marcações utilizadas para mensurar os riscos de inundação.

2 - Estações fluviométricas utilizadas

Foram testadas várias estações fluviométricas (Figura 1) e selecionadas (Tabela 1) aquelas que tiveram uma forte relação com eventos de inundação do passado, considerando não somente a série de dados históricos, como também as informações disponibilizadas pela Defesa Civil local e pelas concessionárias hidrelétricas. Para tanto, a Agerh promoveu diversas reuniões com a presença de membros da Defesa Civil, de Prefeituras, de outros órgãos estaduais, como o Incaper e das empresas Statkraft e BRK Ambiental, que são responsáveis pela operação das estações telemétricas e pela geração de energia na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim.

Foram utilizados os dados das estações que estão relacionados a dois eventos de cheia do Rio Itapemirim, sendo que esses eram os únicos dados disponíveis nas séries, com os quais foi possível estabelecer correlação com os níveis do rio registrados pela defesa civil.

Os eventos ocorreram em 19 de fevereiro de 2021 e 09 de janeiro de 2022, conforme mostrado na Tabela 2, na qual é possível observar os dados de vazão das estações e a cota utilizada pela defesa civil. Foram considerados os tempos de deslocamento da onda de cheia de cada estação até o ponto de observação da cota, sendo de 6 horas para Pacotuba, 14 horas para Francisco Gross e 16 horas para São João.

Tabela 1 – Estações fluviométricas utilizadas no modelo de regressão

Código	Nome	Área de Drenagem
57461000	PCH ILHA DA LUZ MONTANTE PACOTUBA	2759 km ²
57435000	PCH FRANCISCO GROSS JUSANTE	1983 km ²
57480000	PCH SÃO JOÃO JUSANTE	718 km ²

Tabela 2 – Dados utilizados no modelo de regressão

Data	Hora	Nível (m)	Vazão: Francisco Gross (m³/s)	Vazão: São João (m³/s)	Vazão: Pacotuba (m³/s)	Soma de vazões das 3 estações
19/02/2021	17	1,05	145,37	25,67	46,83	217,87
19/02/2021	18	1,23	163,12	25,88	51,33	240,33
19/02/2021	19	1,33	177,59	26,72	56,07	260,38
19/02/2021	20	1,44	192,64	28	62,08	282,72
19/02/2021	21	1,55	206	28,87	71,74	306,61
19/02/2021	22	1,65	268,78	29,53	82,8	381,11
19/02/2021	23	1,75	342,29	30,19	93,46	465,94
20/02/2021	0	1,94	392,86	30,86	104,17	527,89
20/02/2021	1	2,04	463,18	31,99	115,54	610,71
20/02/2021	2	2,13	514,26	32,9	128,36	675,52
20/02/2021	3	2,19	560,57	34,28	144,43	739,28
20/02/2021	4	2,29	760,4	38,08	160,69	959,17
20/02/2021	5	2,32	873,31	37,84	172,39	1083,54
20/02/2021	11	2,54	891,33	39,05	222,83	1153,21
09/01/2022	6	1,6	114,36	30,13	334,38	478,87
09/01/2022	8	1,7	112,68	30,13	347,64	490,45
09/01/2022	10	1,9	128,01	30,78	417,58	576,37
09/01/2022	12	1,95	161,81	36,21	497,48	695,5
09/01/2022	14	2,1	199,3	43,21	575,41	817,92
09/01/2022	16	2,3	216,75	43,21	627,37	887,33
09/01/2022	17	2,5	246,58	49,55	654,15	950,28
09/01/2022	18	2,6	262,86	89,98	681,45	1034,29
09/01/2022	19	2,7	269,02	124,59	709,27	1102,88
09/01/2022	20	2,8	300,35	168,05	747,19	1215,59
09/01/2022	21	2,9	338,99	216,77	790,95	1346,71
09/01/2022	22	2,95	367,56	265,83	840,95	1474,34
09/01/2022	23	3	394,41	326,5	881,98	1602,89
10/01/2022	0	3	405,73	357,99	923,94	1687,66
10/01/2022	1	3	435,51	375,83	961,4	1772,74

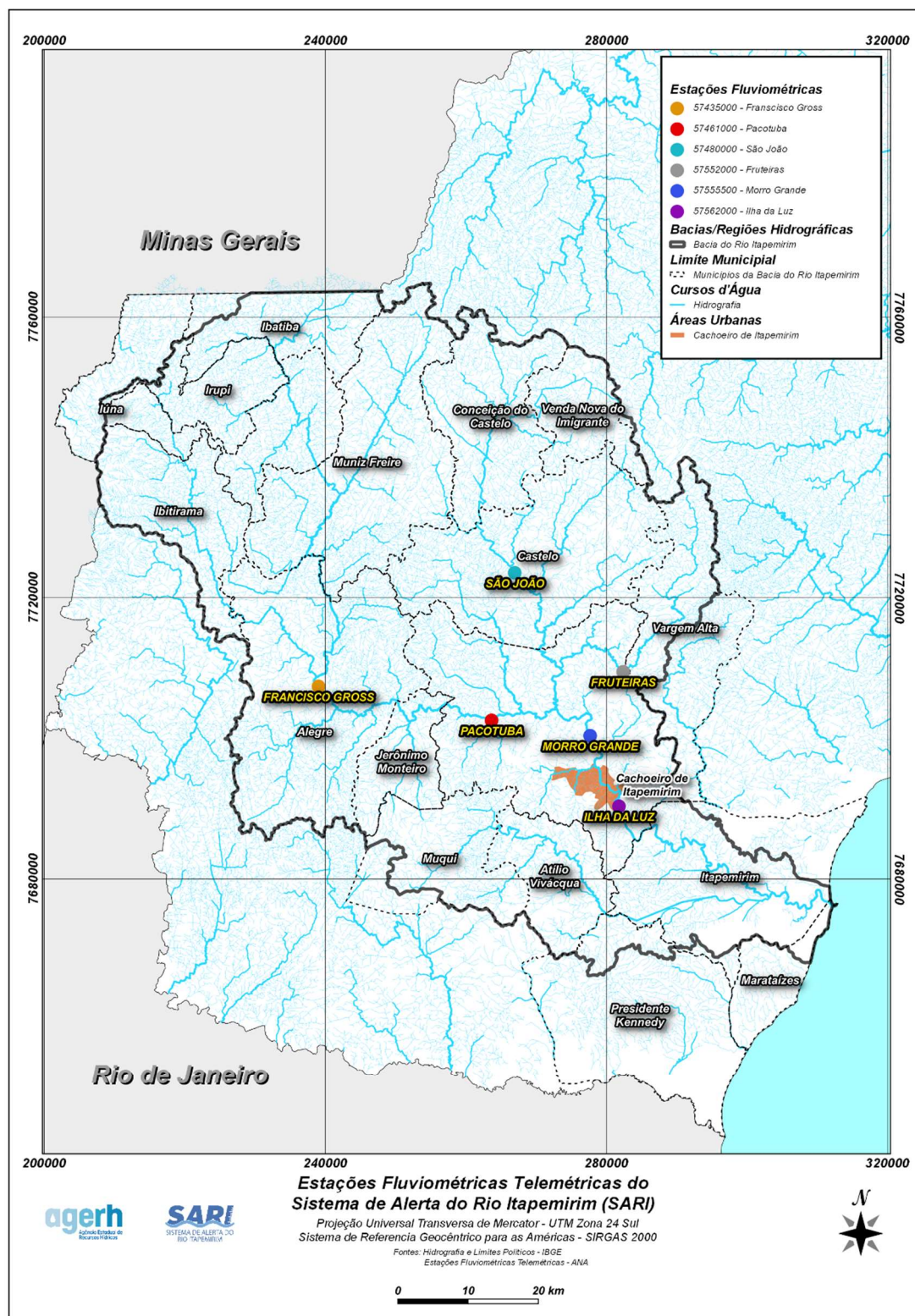


Figura 1 – Posicionamento das estações fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Itapemirim.

3 – Equação de regressão do modelo

Utilizando a soma dos valores de vazão das 3 estações conforme descrito na Tabela 2, como variável explicativa para estimativa do nível do rio nas coordenadas -20,8441 e -41,1220; obteve-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9595 para o modelo logarítmico de equação, como mostrado na Figura 2.

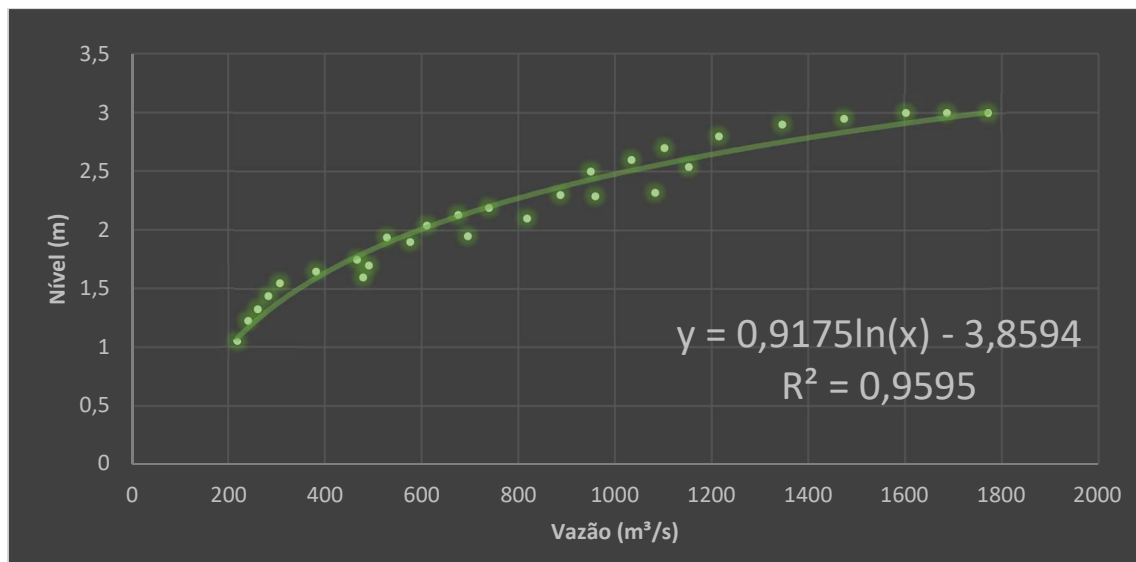


Figura 2 – Gráfico do Modelo de Regressão e Equação Correspondente.

Ao aplicar a equação obtida pelo modelo de regressão, obtém-se o valor estimado do nível do rio, e de acordo com este valor é emitido um estado de criticidade quando à possíveis riscos de inundações, sendo este classificado como “Estado de Observação” para valores menores ou iguais a 2 metros, “Estado de Atenção” para valores maiores que 2 metros e menores ou iguais a 3 metros, e “Estado de Alerta” para valores maiores que 3 metros.

Conforme novos registros de eventos críticos ocorram na região, o modelo de regressão deverá ser aprimorado e calibrado, tornando a sua assertividade melhor à medida que o Sistema de Alerta do Rio Itapemirim (SARI) for utilizado e as séries de dados forem ampliadas.

4 – Calibração do modelo

O modelo de previsão do SARI foi testado nos eventos de chuvas ocorridas entre os dias 18 e 23 de dezembro de 2022. Conforme mostrado na Figura 3, as cotas estimadas foram superiores às cotas observadas disponíveis no plantão da Defesa Civil, o que indicou a necessidade de ajustes na equação, que pode ser explicado por diversos fatores, tais como distribuição espaço-temporal das precipitações diferentes das de eventos anteriores e utilizados na elaboração do modelo ou até mesmo mudanças no leito do rio nas localidades das estações fluviométricas utilizadas na equação de previsão. Sendo assim, foi aplicado um ajuste na equação reduzindo a cota estimada em 30 cm de modo que as vazões estimadas e calibradas se aproximassem das observadas, conforme o gráfico mostrado na Figura 4.

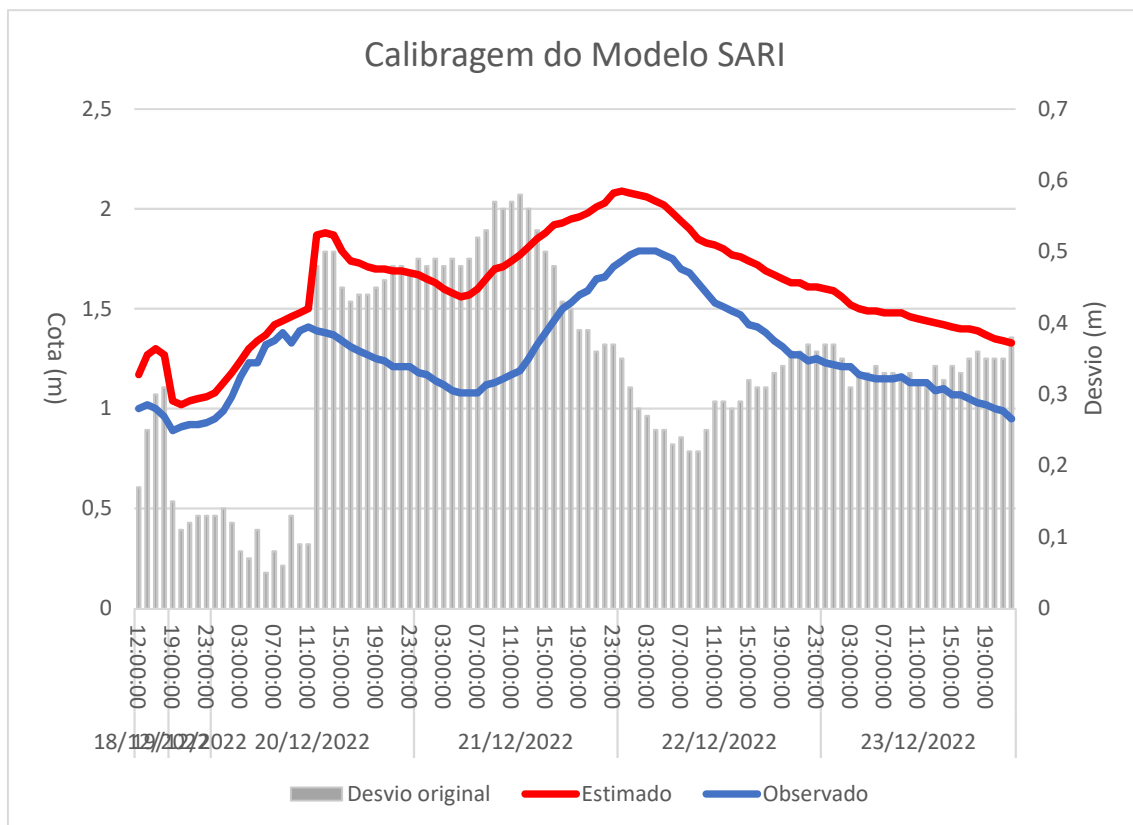


Figura 3 – Diferença entre a vazão estimada e a vazão observada antes da calibração do modelo.

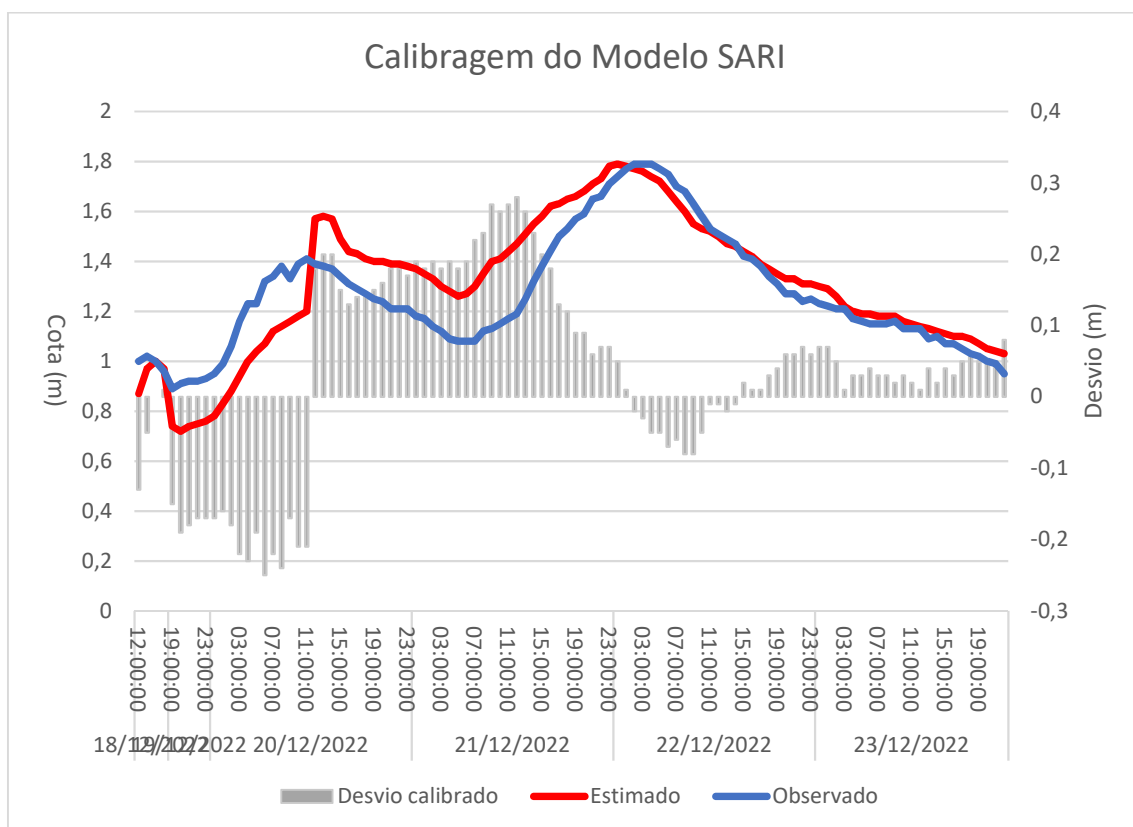


Figura 4 – Diferença entre a vazão estimada e a vazão observada após a calibração do modelo.