



ANÁLISE COMPARATIVA DE COTAS SENSOR (PCD) X COTAS DISPLAY (OBSERVADOR) - ESTUDO DE CASO ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DE JI-PARANÁ

1Fernanda Aline Petry, 2Eyck Adan de Medeiros Silva Fonseca, 3Fernando Mainardi Fan
1 Serviço Geológico do Brasil, e-mail: fernanda.petry@sgb.gov.br; 2 Serviço Geológico do Brasil, e-mail: eyck.fonseca@sgb.gov.br; 3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: fernando.fan@ufrgs.br

Palavras-chave: Sensor de nível; observador hidrológico; estação fluviométrica

Resumo

No âmbito da hidrologia as atividades realizadas pelo observador hidrológico, que são a leitura e registro diários de dados de cota dos rios, têm sido fundamentais para a criação de séries históricas de informações hidrológicas e, conseqüentemente, para a construção de curvas de descarga confiáveis para os mais diversos usuários, como por exemplo os sistemas de alerta hidrológicos (SAHs) que são usados principalmente pela Defesa Civil para retirada de pessoas de áreas sujeitas a enchentes. Muitos observadores têm 10, 20, 30 anos de observação e desempenharam durante todo esse tempo um serviço de suma importância, porém, com a evolução de sistemas, hoje são gerados e transmitidos 96 dados de cota diariamente por meio dos sensores de nível atrelados às Plataformas de Coleta de Dados – PCD. O presente estudo realizou a comparação entre os dados de cota obtidos por meio de sensor de nível com os dados inseridos no display da PCD pelo observador hidrológico da estação fluviométrica Ji-Paraná, utilizando o Painel de Indicadores da RHN e RHNr e teve por objetivo discutir a possibilidade de extinção das atividades de leitura de réguas linimétricas para esta estação.

Introdução

O estudo da água na Terra, ocorrência, circulação, distribuição e relação com os seres vivos é o objetivo da hidrologia (Tucci, 2000). No Brasil, desde 2000, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA é a entidade responsável pelo gerenciamento dos monitoramentos hidrometeorológicos que são imprescindíveis para as tomadas de decisão relacionadas ao uso, gestão e preservação dos recursos hídricos. Este monitoramento tem por objetivo “levantar os dados básicos necessários ao conhecimento das características quantitativas e qualitativas de nossos rios, assim como os índices pluviométricos, com suas distribuições no espaço e no tempo” (ANA, 2016b).

Com a finalidade de atender à necessidade de conhecimento das características quantitativas são instaladas em todo o território nacional um conjunto de estações hidrometeorológicas, a Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, mantidas e operadas por entidades públicas e privadas, cujos dados gerados são disponibilizados gratuitamente ao público por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (ANA;SGB, 2016).

Um dos tipos de estação hidrometeorológica é a fluviométrica que é dotada de um conjunto de dispositivos utilizados para o “estabelecimento de uma relação bem definida entre a cota e a descarga líquida do rio” (Fan, 2021). A fim de obter maior acurácia nessa relação são usados dados das séries históricas dos níveis da coluna d’água (cota) associados às informações obtidas em campanhas periódicas na seção de medição relativas à determinação da vazão do rio, dos parâmetros de qualidade da água e das características sedimentométricas (ANA, 2016a).

Em relação ao termo cota sua definição consiste na “leitura feita por um observador em uma régua linimétrica instalada na margem do curso d’água” (Fan, 2021). Com o avanço da tecnologia é possível coletar informação da cota (ou nível) dos rios por meio de sensor de nível, que é um dispositivo que determina automaticamente a posição vertical da superfície d’água em relação a um plano de referência pré-estabelecido, armazenar a informação na memória interna das Plataformas de Coleta de Dados – PCDs e transmitir telemetricamente ao banco de dados corporativo da ANA (ANA, 2016a). Para as informações geradas em toda a RHN é utilizado o sistema HIDRO que permite o gerenciamento da base de dados hidrometeorológica (armazenada de forma centralizada em um banco de dados relacional) e a manipulação dos dados por meio de um aplicativo, como exemplos citamos “a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidrometeorológica, o cálculo de funções hidrometeorológicas básicas e a visualização dos dados armazenados em diversos formatos (gráficos, imagens, etc.)” (ANA, 2016b).

Na Figura 01 podemos observar um gráfico gerado por meio do sistema HIDRO-Telemetria tendo como filtro a estação Ji-Paraná e os dados registrados pelo sensor de nível e transmitidos pela PCD.

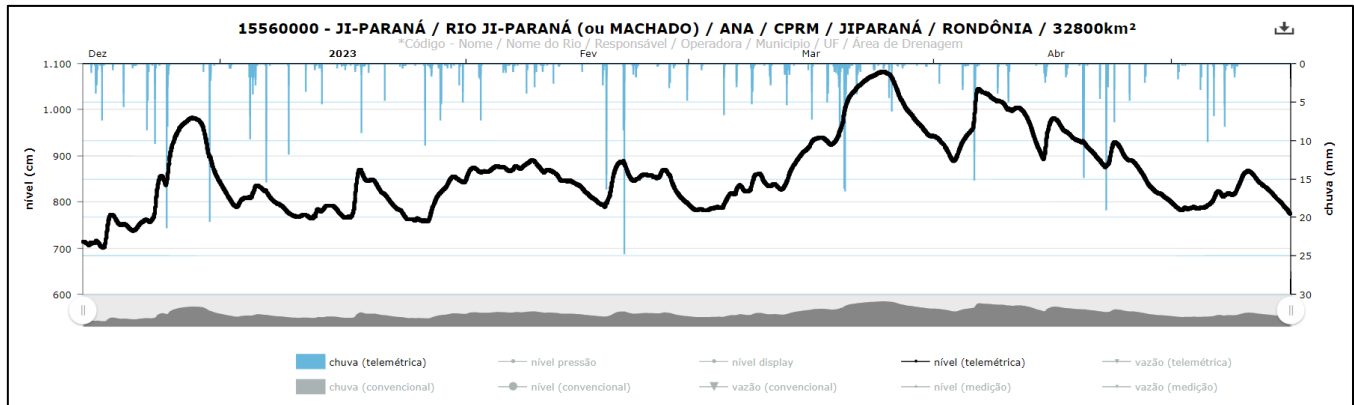


Figura 01: Dados de cota disponíveis no sistema HIDRO-Telemetria no período de 14/12/2022 a 16/05/2023 da estação Ji-Paraná.

A tecnologia vem crescendo de forma sustentável ano após ano e isso se reflete na nossa atuação como técnicos em hidrologia já que por muito tempo tínhamos apenas o registro de dois dados diários de cota obtidos pela leitura da régua linimétrica por meio do observador hidrológico, hoje, com a evolução dos sistemas e de equipamentos, recebemos 96 dados de cota por dia no sistema HIDRO-Telemetria por meio de sensores e transmissão via satélite. Dessa forma, temos em algumas estações da RHN um dispositivo chamado de display (Figura 02) que é acoplado à PCD onde o observador da referida estação insere a cota da leitura da régua linimétrica duas vezes ao dia ou até mais, caso seja um momento de cheia do curso d'água, fazendo com que essa informação chegue mais rapidamente ao banco de dados, já que as visitas regulares de inspeção são realizadas com intervalos de 2 a 3 meses.



Figura 02: Display para inserção de dados de cota obtidos por meio de leitura de réguas linimétricas.

Para a obtenção das informações deste estudo foi utilizado o Painel de Indicadores da RHN e RHNR que foi desenvolvido internamente com o uso da ferramenta Microsoft Power BI e acoplada ao Sistema HIDRO-Telemetria e tem por objetivo auxiliar os gestores locais sobre o funcionamento e desempenho da operação da rede para que os dados possam estar disponíveis pelo maior período de tempo possível.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo comparar o nível de confiabilidade entre a cota obtida por meio do sensor automático e a cota lida pelo observador na régua linimétrica, buscando subsidiar futuras decisões quanto à descontinuidade do uso de réguas linimétricas no monitoramento fluviométrico à exemplo do que acontece atualmente nos Estados Unidos da América por meio do Serviço Geológico (USGS), que possuem um sistema totalmente automatizado.

Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram utilizados dados de cota registrados na PCD, tanto pelo observador (através da inserção da informação no display) quanto pelo sensor de pressão, no período de 14/12/2022 a 16/05/2023 da estação fluviométrica Ji-Paraná (código ANA 15560000) que está instalada na margem direita do rio Machado ou Ji-Paraná (coordenadas geográficas 10°52'27.1"S 61°56'08.5"W), afluente da margem direita do rio Madeira na região hidrográfica do Rio Amazonas (Figura 03) tendo uma área de drenagem de aproximadamente 32.800 Km².



Figura 03: Localização da estação fluviométrica Ji-Paraná

Conforme pode ser verificado na figura 04, a estação está instalada em um trecho retilíneo do rio e nas figuras 05 e 06 é possível observar a proximidade da PCD com a seção de réguas linimétricas e casa do observador.



Figura 04: Trecho retilíneo da seção transversal da estação fluviométrica Ji-Paraná.





Figura 05: Seção de réguas linimétricas da estação Ji-Paraná.




Figura 06: Localização da PCD, casa do observador e seção de réguas linimétricas da estação fluviométrica Ji-Paraná.

As cotas registradas e transmitidas pela PCD foram obtidas por meio do indicador “Diferença de nível entre sensor e display” do painel interno de indicadores da RHN e RHNR (Figuras 07 e 08).



INDICADORES DA RHN E RHNHR



Este painel tem por objetivo apresentar indicadores de desempenho das PCD's da Rede Hidrológica Nacional - RHN e Rede Hidrológica Nacional de Referência - RHNHR, visando auxiliar os gestores na tarefa de acompanhamento da operação da rede.

MAPA - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES RHNHR

ESTAÇÕES COM TENSÃO DE BATERIA <= 12 VOLTS (ÚLTIMAS 24 HORAS)

PCD SEM TRANSMISSÃO A MAIS DE 24 HORAS

ESTAÇÕES COM POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO <= 36 dB (ÚLTIMAS 24 HORAS)

SENSORES DE NÍVEL AUTOMÁTICOS PARALISADOS A MAIS DE 24 HORAS

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE VAZÕES ANUAIS DE CADA SUREG OU REGIONAL

PERCENTUAL DE TRANSMISSÃO DE DISPLAY NOS ÚLTIMOS 30 DIAS

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE COTAS ANUAIS

DIFERENÇA DE NÍVEL ENTRE SENSOR E DISPLAY

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE CHUVAS ANUAIS

TEMPO DE REPARO DAS PCD'S ÚLTIMOS 90 DIAS



ACOMPANHAMENTO DAS ESTAÇÕES DA RHNHR

Data da Última Atualização:
03-04-2023 21:01


(Clique nos links para visualizar os indicadores)

Versão 2.3.7
de 09/02/2023

Figura 07: Painel de indicadores da RHN e RHNHR.

Diferença de Nível entre Sensor e Display



Estatística para o Período Selecionado

Regional	Estação	Nome	Média da Diferença (cm)	Desv. Pad. da Diferença (cm)
REPO	15560000	JI-PARANÁ	1,43	1,4


LEGENDA:

- NORMAL
- SUSPEITO
- IRREGULAR
- SEM DADOS


Tabela de Dados não Resumidos

Regional	Estação	Nome	Data e Hora	Diferença (cm)	Sensor (cm)	Display (cm)
REPO	15560000	JI-PARANÁ	02-04-23 09:00	5	921	916
REPO	15560000	JI-PARANÁ	01-04-23 08:00	5	939	934
REPO	15560000	JI-PARANÁ	31-03-23 08:00	5	945	940
REPO	15560000	JI-PARANÁ	12-04-23 08:00	5	995	990
REPO	15560000	JI-PARANÁ	19-08-23 20:00	4	660	664
REPO	15560000	JI-PARANÁ	01-07-23 09:00	4	686	682
REPO	15560000	JI-PARANÁ	26-02-23 18:00	4	856	860
REPO	15560000	JI-PARANÁ	14-04-23 18:00	4	896	892
REPO	15560000	JI-PARANÁ	18-03-23 09:00	4	934	930
REPO	15560000	JI-PARANÁ	30-03-23 19:00	4	956	952
REPO	15560000	JI-PARANÁ	30-03-23 09:00	4	964	960
REPO	15560000	JI-PARANÁ	11-04-23 19:00	4	1002	998
REPO	15560000	JI-PARANÁ	03-08-23 08:00	3	657	654
REPO	15560000	JI-PARANÁ	27-01-23 18:00	3	783	780

Ir para Tabela Ampliada



Ir para Gráfico



Filtros

Código

Procurar

 15560000

Regional

Procurar

 (Vazio)
 REFO
 REPO
 RETE
 SUREG/BE
 SUREG/BH
 SUREG/GO

Nome

Procurar

 ABUNÁ
 CABIXI
 FAZENDA FLOR DO CAMPO
 GUAJARÁ-MIRIM
 JI-PARANÁ
 PEDRAS NEGRAS

Hora e Data

Último 1 Anos

25-08-2022 - 24-08-2023

Rede

RHNHR

1

Quantidade

Figura 08: Indicador “Diferença de nível entre sensor e display” na estação fluviométrica Ji-Paraná.

A partir da tabela de dados do indicador apresentado anteriormente os dados de cota foram compilados na tabela do apêndice 01 e foram avaliados quantitativamente quanto à diferença registrada entre ambas as formas de coleta do dado de cota da mesma estação fluviométrica: leitura da cota na régua linimétrica e inserção da informação pelo observador no display e sensor de pressão.

Outro item avaliado foi o percentual de transmissão de display da estação que indica a frequência com que o observador insere os dados de cota no display (Figura 09).

É importante destacar que o sistema compara os dados de cota inseridos pelo observador com a cota registrada pelo sensor e os classifica em normal (Figura 10), suspeito e irregular (Figura 11) e, para efeito do cálculo do percentual de transmissão do display só considera as cotas normais no sistema. Então, mesmo que o observador tenha digitado 100% do esperado, pode ocorrer redução do percentual caso uma cota seja classificada como suspeita, quando a diferença entre as cotas estiver entre 5 e 10 cm, ou irregular, quando a variação da diferença entre sensor e display estiver acima de 10 cm.

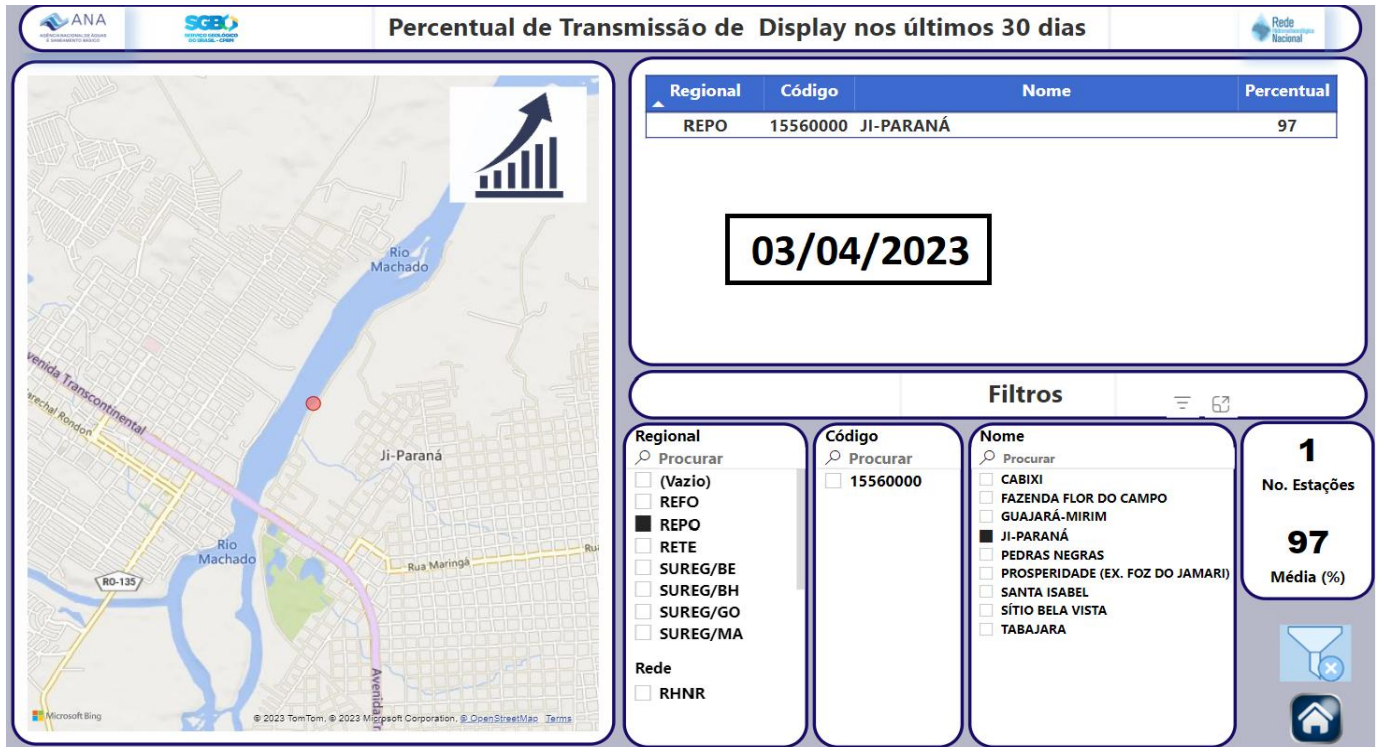


Figura 09: Exemplo do indicador “Percentual de transmissão do display nos últimos 30 dias” para a estação fluviométrica Ji-Paraná.

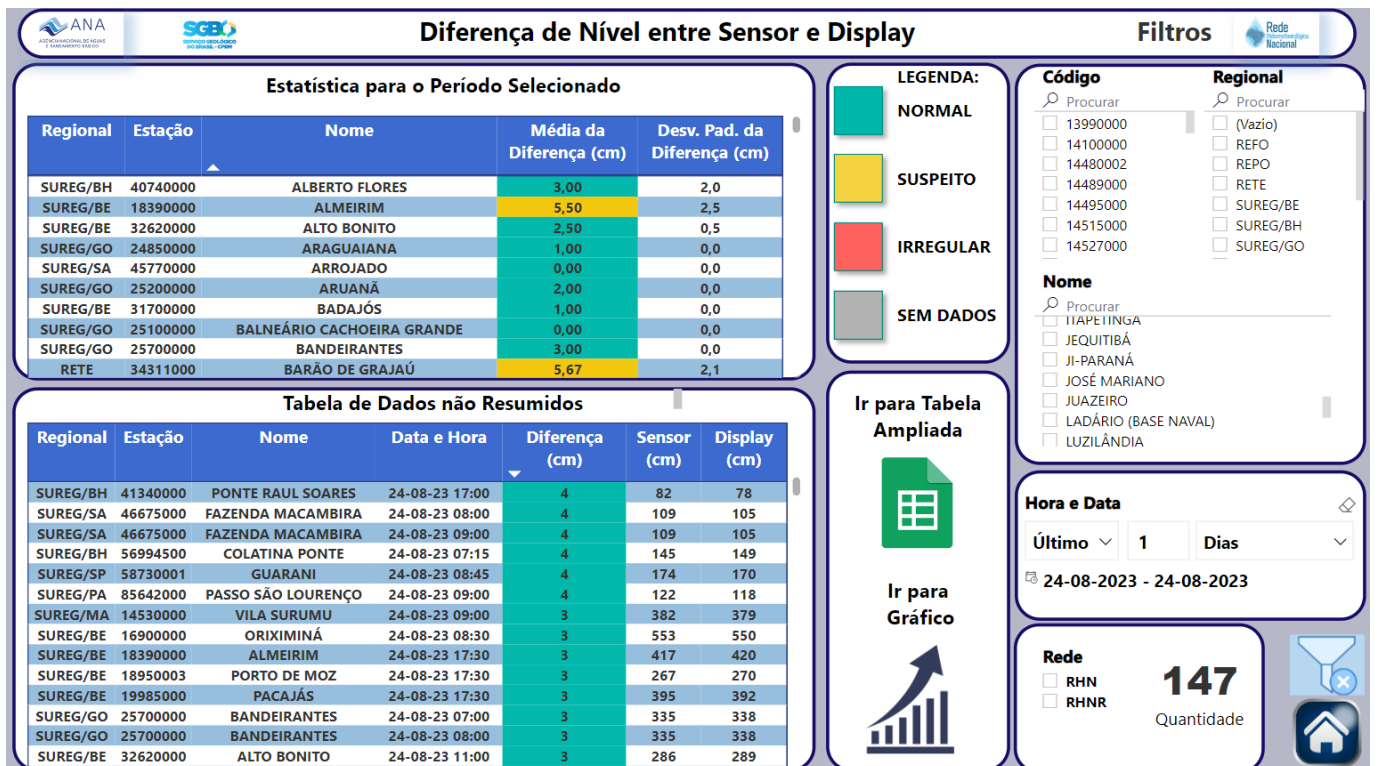


Figura 10: Exemplo de classificação das cotas como normal no indicador “Diferença de nível entre sensor e display”.

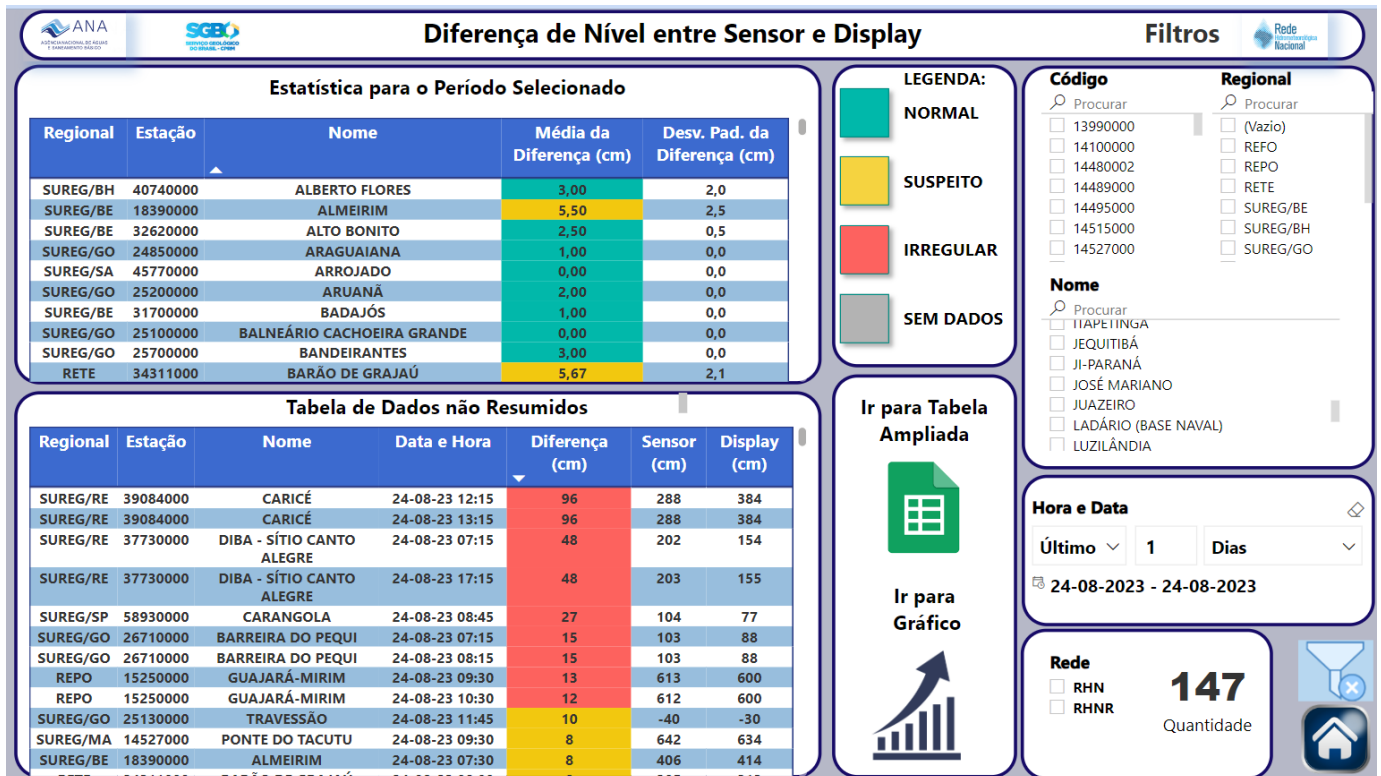


Figura 11: Exemplo de classificação das cotas como suspeito e irregular no indicador “Diferença de nível entre sensor e display”.

Por fim, tendo por base os resultados comparativos e das análises quantitativas dos dados, procedeu-se à avaliação qualitativa e busca de hipóteses para os pontos de discrepância de valores de cota.

Resultados e Discussão

A estação fluviométrica Ji-Paraná apresenta diversas condições que possibilitam a comparação de dados de cota obtidos a partir de um sensor de pressão com dados de cota obtidos pela leitura das régua linimétrica e posterior inserção dos dados no display conectado à PCD.

Como registrado na Figura 06 pode-se observar a proximidade entre a PCD e seu sensor de pressão e a seção de régua linimétrica o que permite inferir que a cota do rio é a mesma tanto para o sensor de pressão quanto para a leitura das régua linimétrica, estando estas corretamente niveladas. O fato de que a seção está instalada em um trecho retilíneo do rio (Figura 04), onde ocorre com menor intensidade processos de erosão e sedimentação, favorece a estabilidade das régua linimétrica reduzindo consideravelmente a necessidade de correções do nivelamento.

O comprometimento do observador com suas atividades é um fator primordial para a contínua inserção dos dados de cota no display da PCD e a instalação da estação próxima à sua residência facilita esta atividade sendo que no presente estudo o percentual de digitação da cota no display chegou a 97% do esperado.

Utilizando-se a ferramenta interna painel de indicadores da RHN e RHNR efetuou-se a comparação de cotas entre sensor de pressão e display, e os dados coletados estão tabelados e disponíveis no Apêndice 01, sendo que nas Tabelas 01 e 02 e Gráficos 01 e 02 são apresentados os principais resultados obtidos.

Na Tabela 01 e Gráficos 01 e 02 observamos que para o período analisado a maior variação de cota observada entre o sensor de pressão e o valor inserido pelo observador no display foi de 9 centímetros representando uma variação percentual de 0,96 % e para obter esta análise utilizou-se a equação (1) a seguir:

$$\text{Variação Percentual} = \left(\frac{\text{nível pressão} - \text{nível display}}{\text{nível display}} \right), \quad (1)$$

As variações ocorridas no período de estudo são classificadas como normais para 91,25% dos dados, apenas 8,75% dos dados foram classificados como suspeitos e nenhum dado foi classificado como irregular.

Observou-se que essas variações ocorreram de forma mais intensa quando ocorreu mudança brusca da cota e podem ocorrer pela eventual movimentação do sensor de pressão que está próximo ao leito do corpo hídrico sendo que quando a equipe realiza o nivelamento da seção de régua e manutenção da PCD essa diferença é corrigida.



Tabela 01: Resumo dos dados coletados da estação Ji-Paraná

Data inicial	14/12/2022
Data final	16/05/2023
Total de dias	153
Total de dados esperados (display)	306
Total de dados inseridos (display)	263
Percentual de inserção dos dados	86%
Maior cota sensor	1081 cm
Maior cota display	1080 cm
Menor cota sensor	707 cm
Menor cota display	707 cm
Maior diferença no período	9 cm
Menor diferença no período	0 cm
Classificação normal (entre 0 e 4 cm)	91,25 %
Classificação suspeito (entre 5 e 10 cm)	8,75 %
Classificação irregular (acima de 10 cm)	0 %

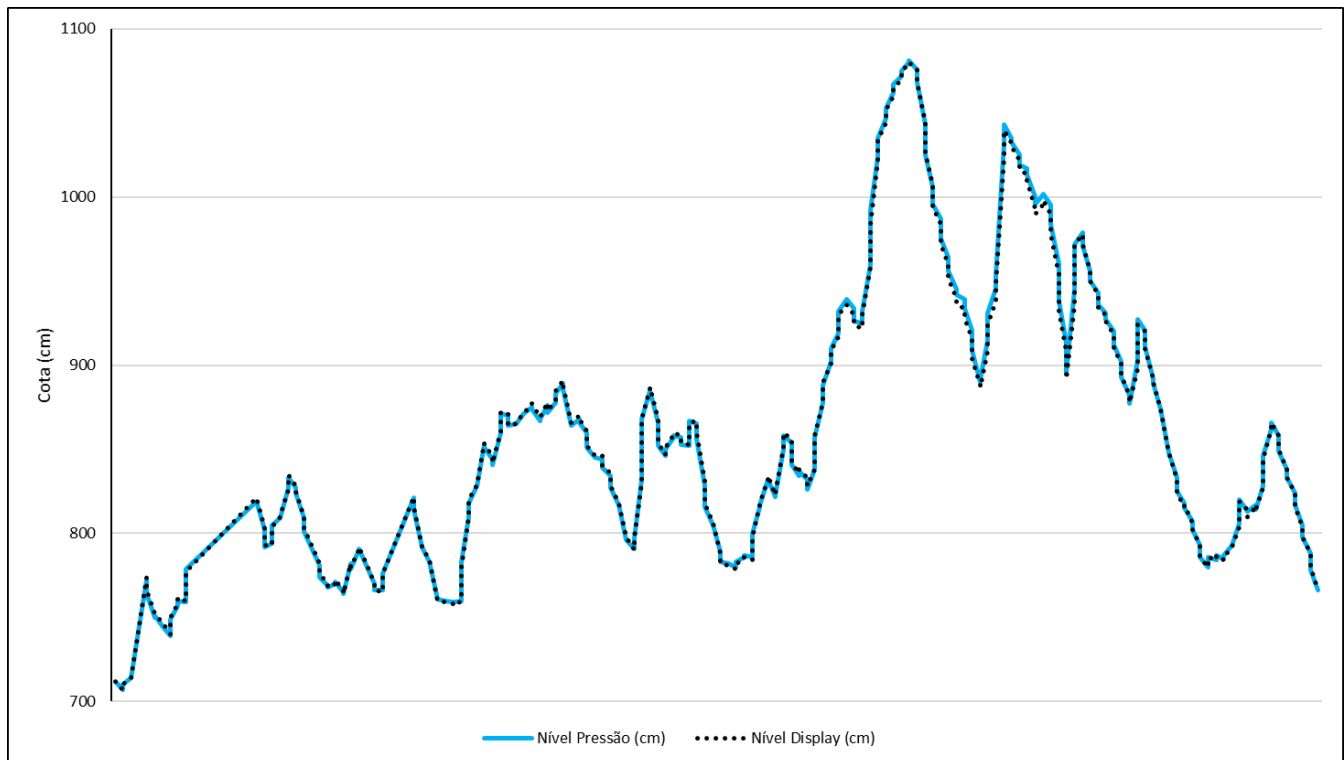


Gráfico 01: Comparação entre a cota do sensor e a cota do display no período de 14/12/2022 a 16/05/2023 da estação Ji-Paraná, com destaque para a maior variação encontrada (9 cm).

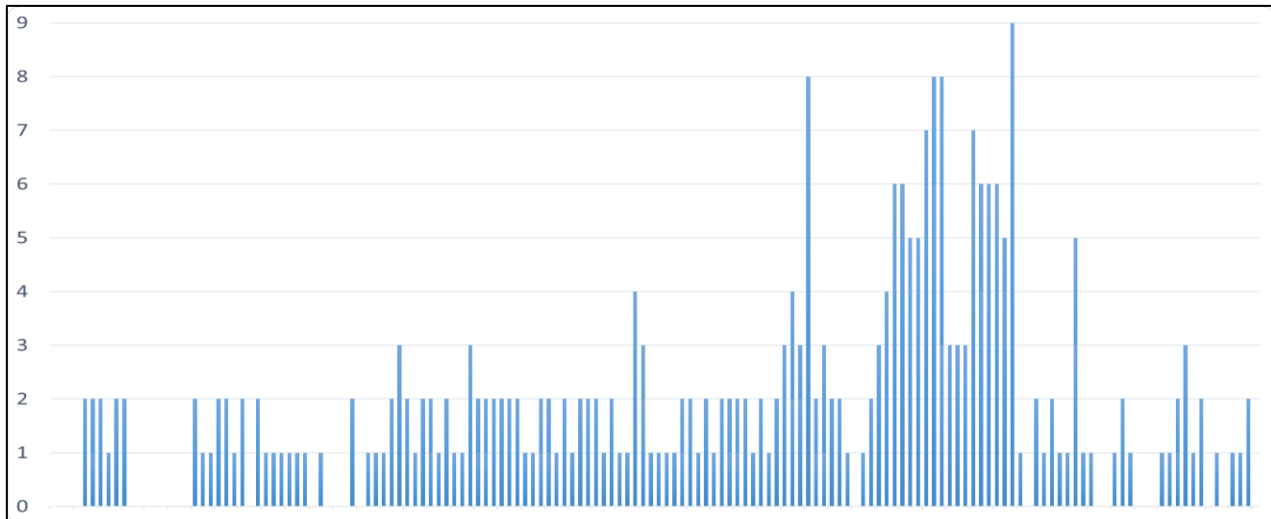


Gráfico 02: Distribuição das diferenças de cota encontradas no período de 14/12/2022 a 16/05/2023 na estação Ji-Paraná.

Na Tabela 02 estão inseridas informações sobre a variação média estimada da vazão e variação total da vazão em função das diferenças de cota encontradas entre o sensor de pressão e o dado inserido no display.

Tabela 02: Resumo das análises realizadas sobre os dados coletados da estação Ji-Paraná

Diferenças encontradas (cm)	Recorrência	Recorrência (%)	Variação média estimada da vazão (m³/s)	Variação total da vazão (m³/s)
9	1	0,38%	55,906	55,906
8	3	1,14%	52,030	156,091
7	3	1,14%	43,659	130,978
6	8	3,04%	38,060	304,484
5	8	3,04%	31,351	250,811
4	6	2,28%	25,734	103,408
3	17	6,46%	19,267	251,927
2	64	24,33%	12,159	-215,840
1	103	39,16%	5,930	-157,731
0	50	19,01%	0	0
TOTAL				880,034

Para o cálculo da vazão utilizou-se os parâmetros da curva de descarga apresentados na Tabela 03.

Validade início	Validade fim	Cota mínima (cm)	Cota máxima (cm)	Tipo de equação	a	h0 (m)	n
18/01/2005	31/12/2023	600	901	Potência	193,9518	5,45	1,62
18/01/2005	31/12/2023	901	1121	Potência	232	5,33	1,441
18/01/2005	31/12/2023	1121	1200	Potência	118,11	5,2	1,8

Tabela 03: Parâmetros da curva de descarga da estação Ji-Paraná.

Merecem destaque as variações de 9 e 6 cm. Para a primeira situação observou-se que a variação de 9 cm nesta cota (945 cm, conforme Apêndice 01) representa uma alteração de 55,906 m³/s na vazão e para a variação de 6 cm a alteração média de vazão é 38,060 m³/s porém, por ter ocorrido 8 vezes durante o período de estudo, a variação total da vazão em função da alteração de 6 cm da cota foi de 304,484 m³/s e a variação total da vazão durante o período de estudo foi de 880,034 m³/s.

Comentários finais

O presente estudo foi importante para efetuar a comparação de cotas obtidas por meio do sensor automático de nível com as cotas lidas pelo observador nas régua limétricas, visto que temos atualmente muitos problemas na comparação com esses



dados. Muitas vezes as diferenças são relevantes e é necessário investigar qual dado é mais confiável, se do observador ou do sensor.

É realmente um desafio comparar 96 dados obtidos pelo sensor automático com 2 dados informados pelo observador, pois por ter poucos dados diários, o dado do observador por vezes não acompanha a naturalidade da curva do sensor. Portanto, nesse caso, conclui-se que não dá para condenar o sensor, tampouco condenar o observador por uma diferença alta que apareça ocasionalmente, pois como mostrado no estudo, a leitura do sensor e a leitura do observador estão coerentes, se tratando apenas de uma imprecisão no momento em que o dado é comparado. Também ficou evidente que quanto mais próximo o sensor estiver da régua fluviométrica, melhores serão os resultados obtidos.

Concluiu-se com este estudo que a estação Ji-Paraná, que possui uma estação fluviométrica instalada em condições hidráulicas muito favoráveis ao bom funcionamento do sensor de nível, margens estáveis e boa acessibilidade, poderia funcionar de forma totalmente automatizada, sem a existência de régua fluviométrica e necessidade de observador desde o reparo do equipamento seja realizado em um curto espaço de tempo quando necessário.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM/SGB e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS pela oportunidade de aprendizado e apoio recebidos.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2016a. Manual de procedimentos para instalação, operação e manutenção de estações fluviométricas. Brasília: ANA.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2016b. Metodologias para análise de dados fluviométricos de estações telemétricas. Brasília: ANA.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Serviço Geológico do Brasil. 2016. Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência: objetivos e critérios da RHNR. Brasília: ANA.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Sistema HIDRO-Telemetria. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>>. Acesso em: ago. 2023.

Fan, F. M.. 2021. Fluviometria: apostila. Porto Alegre: UFRGS.

Serviço Geológico do Brasil. Banco de Dados. Acesso interno em: ago. 2023a.

Serviço Geológico do Brasil. Painel de Indicadores da RHN e RHNR. Acesso interno em: ago. 2023b.

Tucci, C.. (org.). 2000. Hidrologia – ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade, ABRH.