

Diagnóstico Hidrológico Integrado

Bacia: dourada | Variável principal: Vazão (m³/s)

Renan Cassimiro Brito - Cientista Ambiental

20 de junho de 2026

Contents

1	Visão Geral da Rede de Monitoramento	2
2	Disponibilidade dos Dados	2
2.1	Crêterios de seleção aplicados	4
3	Tendências de Vazão	5
3.1	Distribuição das tendências por posição na rede	5
3.2	Força e direção das tendências (Slope de Sen)	6
3.3	Intensidade espacial das tendências de vazão	6
3.4	Mapa de tendências de vazão	6
3.5	Ranking das estações com maior decaimento	6
3.6	Pontos de Mudança Hidrológica (Teste de Pettitt)	7
4	Anomalias e Eventos Extremos	7
4.1	Evolução temporal de anomalias e extremos	7
4.2	Distribuição regional de anomalias	8
4.3	Mapa espacial de anomalias	9
4.4	Ranking das estações mais afetadas	10
4.5	Anomalias por posição na rede	10
5	Sazonalidade Hidrológica	11
5.1	Evolução da Duração da Seca (Q90)	11
5.2	Mapa espacial da tendência de seca	12
5.3	Mudança no Timing do Rio (Centro de Massa)	12
5.4	Amplitude Sazonal ao Longo do Tempo	13
5.5	Mapa espacial da amplitude sazonal	15
6	Contexto Climático — Precipitação (Estações ANA)	16
6.1	Tendências de precipitação	16
6.2	Comparativo regional: vazão versus precipitação	16
7	área de Contribuição das Bacias	17
7.1	Distribuição das áreas de contribuição	17
7.2	área de contribuição versus força da tendência	18
7.3	Mapa de faixas de área de contribuição	19
7.4	Estações por faixa de área de contribuição	19
8	Síntese Diagnóstica	20
8.1	Matriz consolidada de indicadores	20
8.2	Síntese narrativa	22

1 Visão Geral da Rede de Monitoramento

2 Disponibilidade dos Dados

A robustez de qualquer diagnóstico hidrológico depende da qualidade e continuidade das séries históricas. Esta seção apresenta a cobertura temporal das estações que passaram pelos critérios de qualidade do pipeline (mínimo de anos válidos, máximo de falhas mensais permitido).

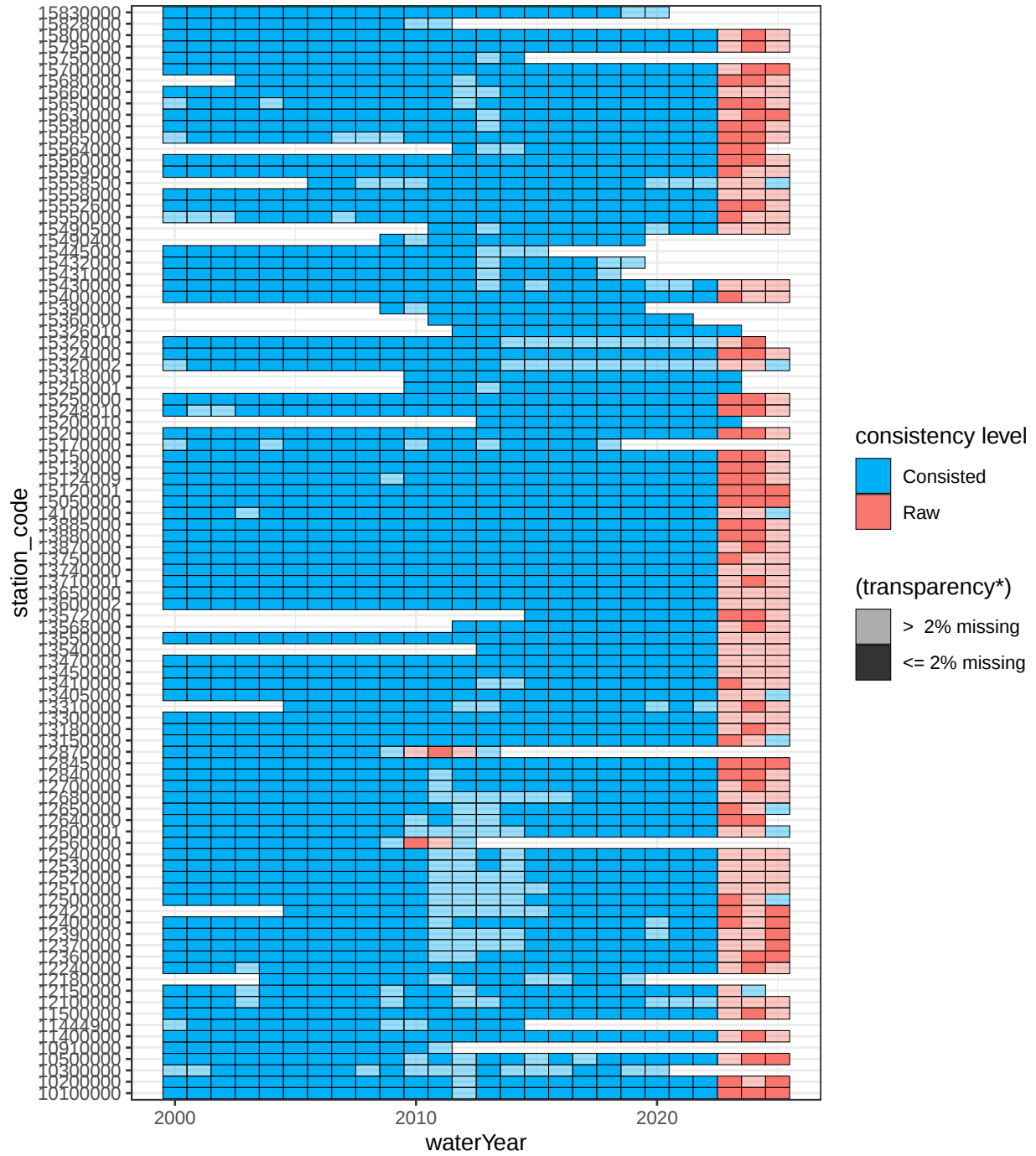


Figure 1: Disponibilidade de dados de vazão por estação. Cada linha representa uma estação; segmentos coloridos indicam anos com dados válidos segundo os critérios de seleção.

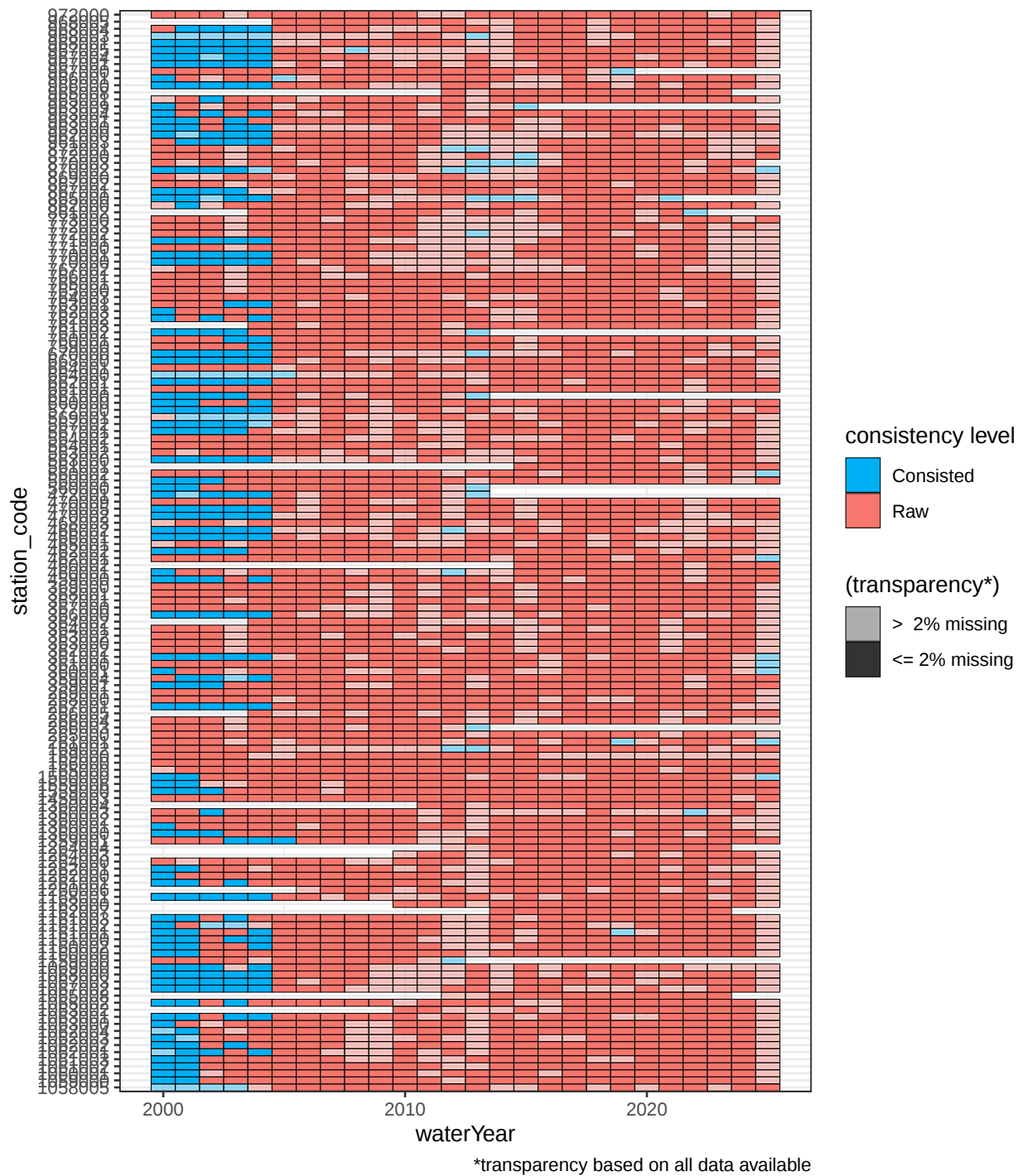


Figure 2: Disponibilidade de dados de precipitação (estações ANA em solo) por estação.

2.1 Critérios de seleção aplicados

Para a variável de vazão, foram exigidos no mínimo **10 anos** de dados válidos dentro da janela **2000–2026**, com tolerância máxima de **2%** de falhas mensais por ano. Esses critérios resultaram em **96 estações** aprovadas, das quais **96** estão classificadas como Rio principal ou Tributário principal.

3 Tendências de Vazão

Análise de 96 estações de foco (Rio principal e Tributário principal). Resultado: **45 com tendência negativa significativa (46.9%)**, 22 positiva e 29 não significativa.

3.1 Distribuição das tendências por posição na rede

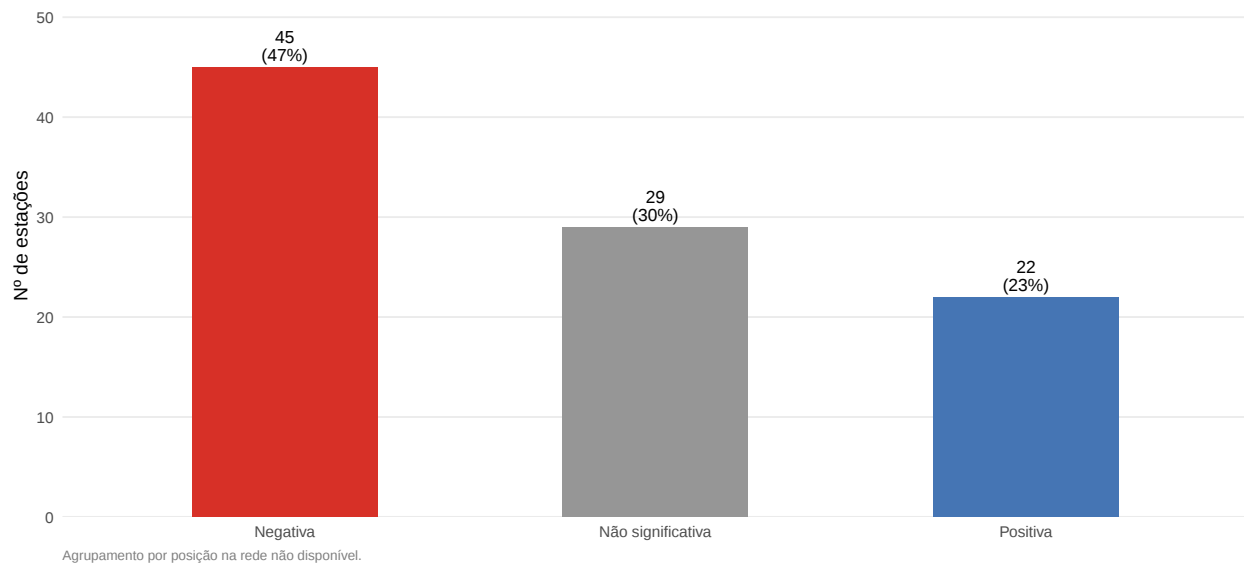


Figure 3: Distribuição das categorias de tendência de vazão por posição na rede hidrográfica.

3.2 Força e direção das tendências (Slope de Sen)

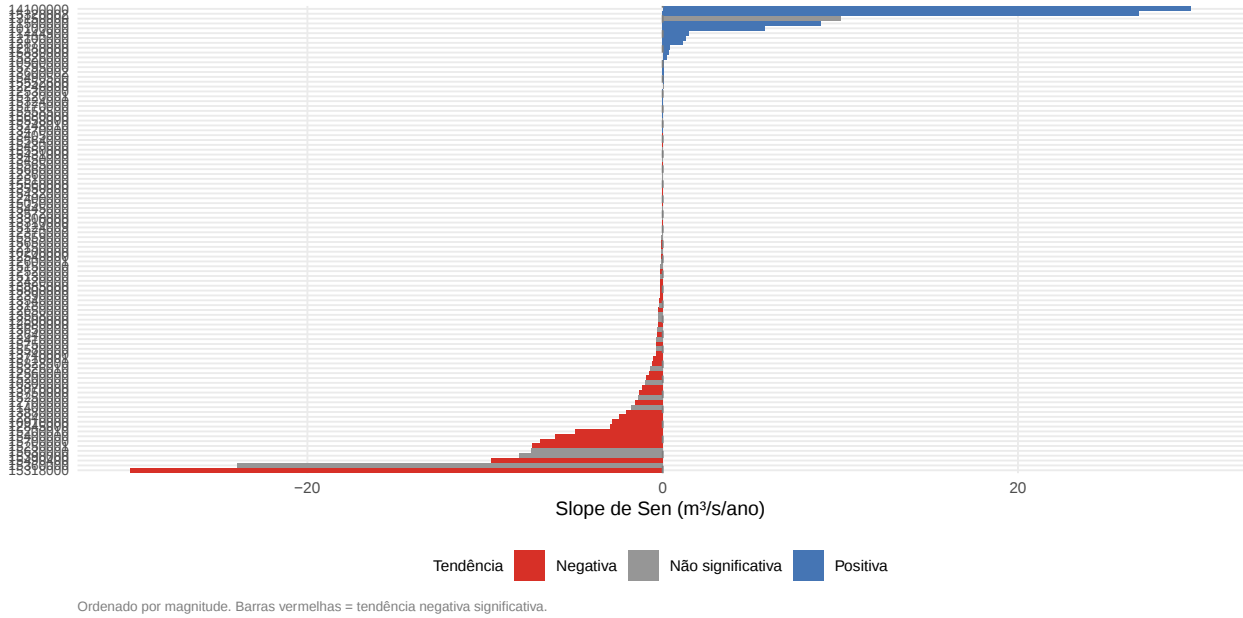


Figure 4: Distribuição do Slope de Sen ($\text{m}^3/\text{s}/\text{ano}$) por posição na rede. Valores negativos indicam decaimento. Pontos são estações individuais.

3.3 Intensidade espacial das tendências de vazão

TODO: substituir/expandir o mapa atual para representar simultaneamente direção e magnitude (Slope de Sen).

3.4 Mapa de tendências de vazão

3.5 Ranking das estações com maior decaimento

Table 1: Estações com tendência negativa significativa, ordenadas pelo maior decaimento (Slope de Sen).

Estação	Área (km^2)	Slope Sen	(MK)	p-valor	Pt. Mudança	Anomalias
15318000	913258	-30	-0.275	0.000	104	8
15490400	1003751	-10	0.138	0.033	57	4
15250001	606382	-7	-0.123	0.028	92	7
15700000	1143268	-7	-0.092	0.020	177	15
15400000	972696	-6	-0.114	0.004	235	15
15200010	321558	-5	-0.268	0.000	80	2
12845000	119443	-3	-0.124	0.001	107	12
10910000	36628	-3	-0.212	0.000	55	5
12840000	163930	-2	-0.239	0.000	175	16
13880000	235846	-2	-0.292	0.000	176	17
12700000	144046	-2	-0.109	0.007	164	14
13750000	154164	-1	-0.140	0.000	176	14
13870000	226287	-1	-0.135	0.001	176	17
15200000	321558	-1	-0.136	0.000	177	16
12560000	5255	-1	-0.539	0.000	79	5

3.6 Pontos de Mudança Hidrológica (Teste de Pettitt)

TODO: inserir resultados do teste de Pettitt, mapa dos anos de ruptura e histograma da frequência dos pontos de mudança.

4 Anomalias e Eventos Extremos

Cada mês é classificado por z-score em relação à climatologia mensal histórica da própria estação. Meses com $|z| > 2$ são marcados como **anomalia**; $|z| > 3$ como **extremo**. Esta seção apresenta a evolução temporal, a distribuição regional e o ranking das estações mais afetadas.

Nas 96 estações de foco, foram identificados **995 meses-estação com anomalia severa** e **129 meses-estação com valor extremo**, uma média de 10.4 anomalias por estação ao longo do período analisado.

4.1 Evolução temporal de anomalias e extremos

O gráfico abaixo mostra, ano a ano, quantos meses-estação foram classificados como anomalia severa ou valor extremo entre as estações de foco. Picos indicam anos com estresse hidrológico generalizado na bacia.

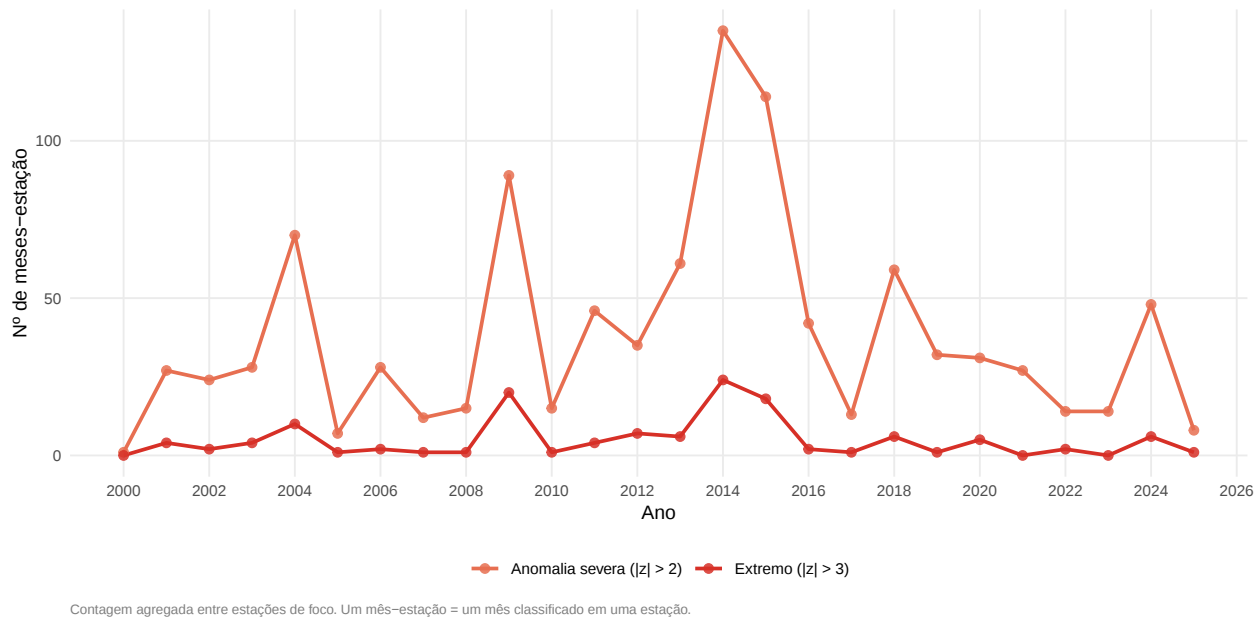


Figure 5: Número de meses-estação classificados como anomalia severa (laranja) e extremo (vermelho) por ano, entre as estações de foco.

4.2 Distribuição regional de anomalias

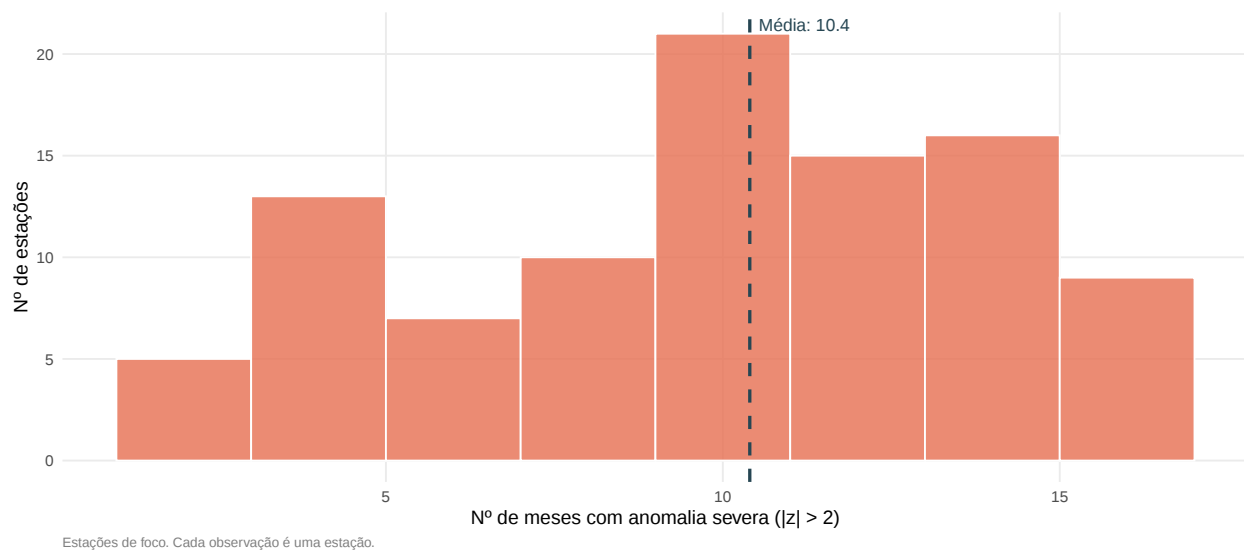
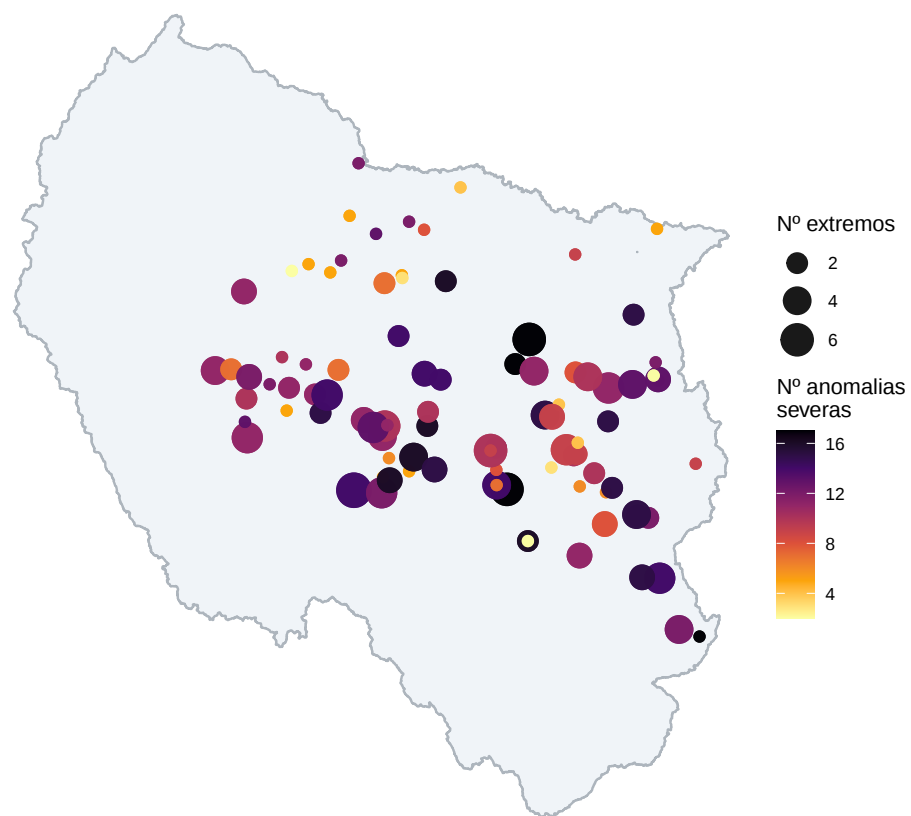


Figure 6: Distribuição do número de meses com anomalia severa ($|z| > 2$) por estação. Linha tracejada indica a média regional.

4.3 Mapa espacial de anomalias

Anomalias Severas por Estação



Cor = nº de meses em anomalia severa. Tamanho = nº de meses extremos.

Figure 7: Distribuição espacial do número de meses com anomalia severa por estação. Tamanho proporcional ao número de eventos extremos.

4.4 Ranking das estações mais afetadas

Table 2: Estações com maior número de meses em anomalia severa, ordenadas decrescentemente.

Estação	Área (km ²)	Anomalias	Extremos	Tendência
13870000	226287.113	17	1	Negativa
13880000	235846.362	17	5	Negativa
15050000	1900.385	17	0	Negativa
15248010	1430.424	17	5	Não significativa
12840000	163929.807	16	1	Negativa
13550000	8237.493	16	2	Negativa
13600002	23390.910	16	3	Positiva
13650000	34728.992	16	1	Não significativa
15200000	321558.355	16	1	Negativa
12640000	12933.282	15	1	Negativa
15130000	50824.013	15	2	Não significativa
15324000	6848.893	15	2	Positiva
15400000	972695.929	15	3	Negativa
15558000	10073.742	15	1	Não significativa
15559000	16234.030	15	3	Não significativa

4.5 Anomalias por posição na rede

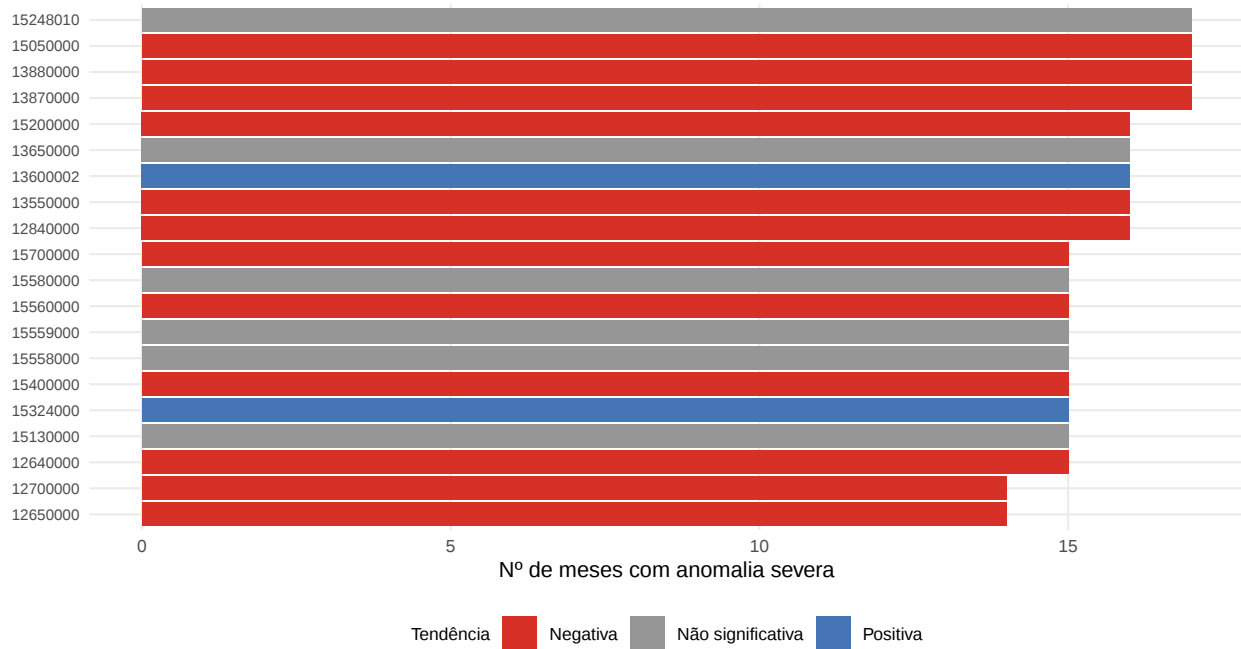


Figure 8: Distribuição do número de anomalias severas por posição na rede hidrográfica.

5 Sazonalidade Hidrológica

Esta seção responde: o *ritmo* dos rios está mudando? Analisamos três dimensões: o **centro de massa** (quando chega o pico do rio), a **amplitude** (quão extrema é a diferença entre cheia e seca) e a **duração da seca estrita** (quantos dias consecutivos o rio ficou abaixo de seu limiar crítico).

5.1 Evolução da Duração da Seca (Q90)

O gráfico abaixo mostra, ano a ano, como a duração máxima dos períodos de seca estrita evoluiu nas estações de foco. A linha representa a mediana e a faixa o intervalo interquartil entre estações.

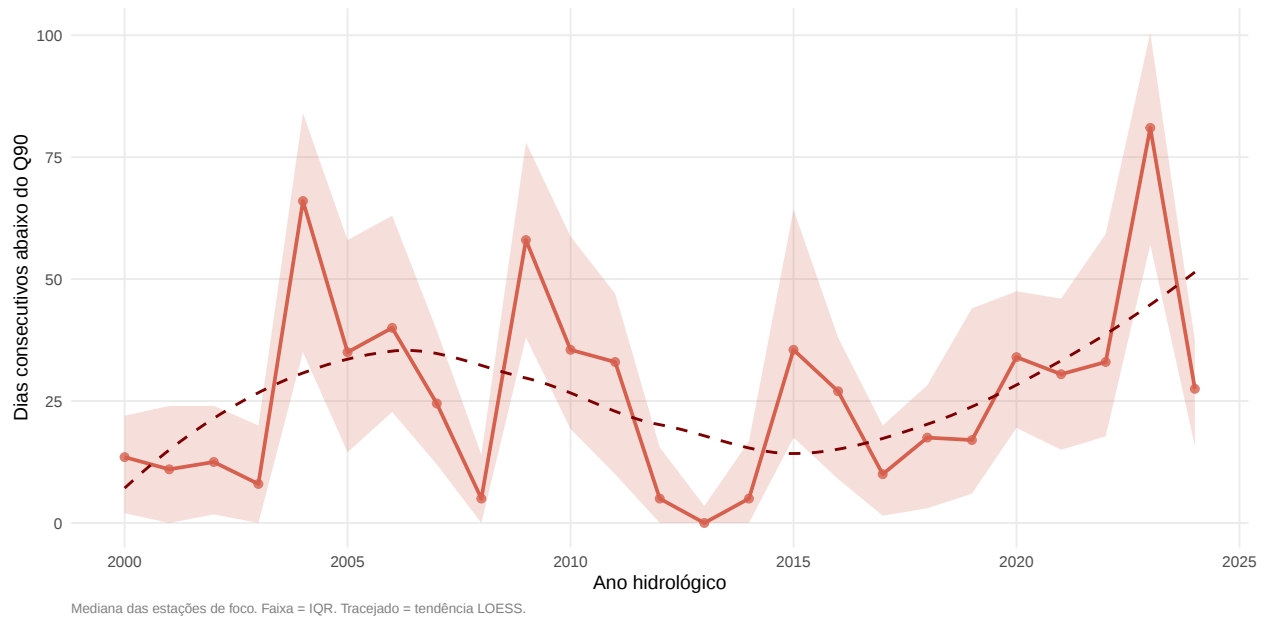
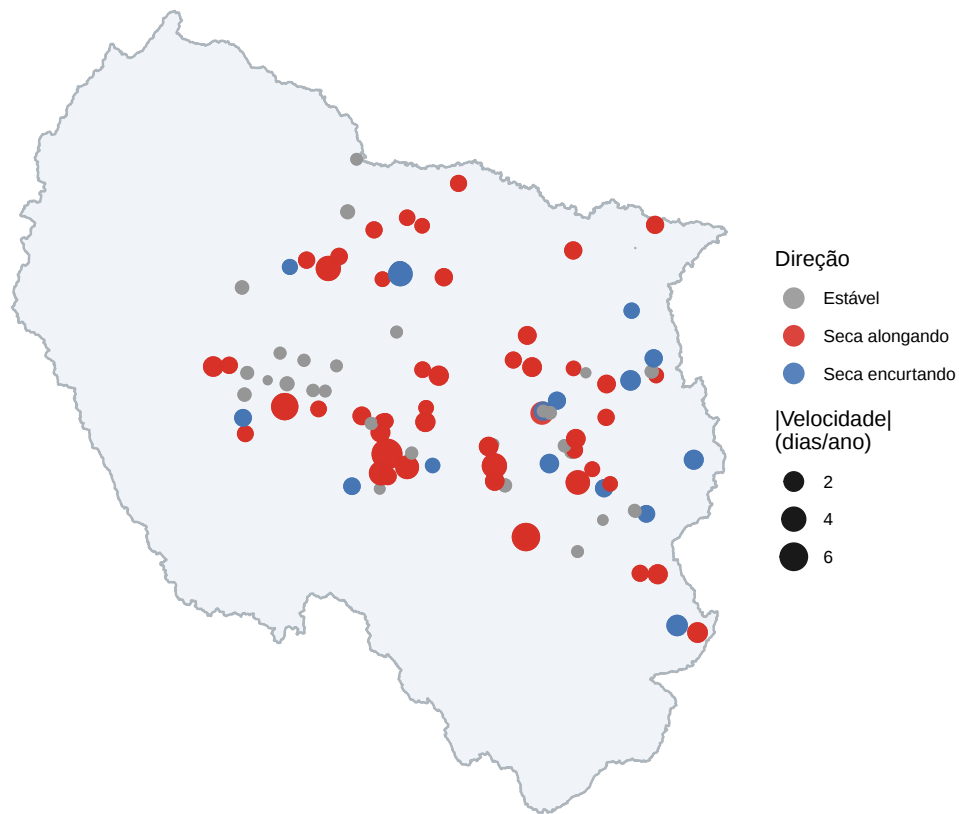


Figure 9: Evolução anual da duração máxima da seca estrita (dias consecutivos abaixo do Q90 histórico). Linha = mediana entre estações de foco. Faixa = IQR. Tendência LOESS em vermelho.

5.2 Mapa espacial da tendência de seca

Tendência da Duração da Seca Q90



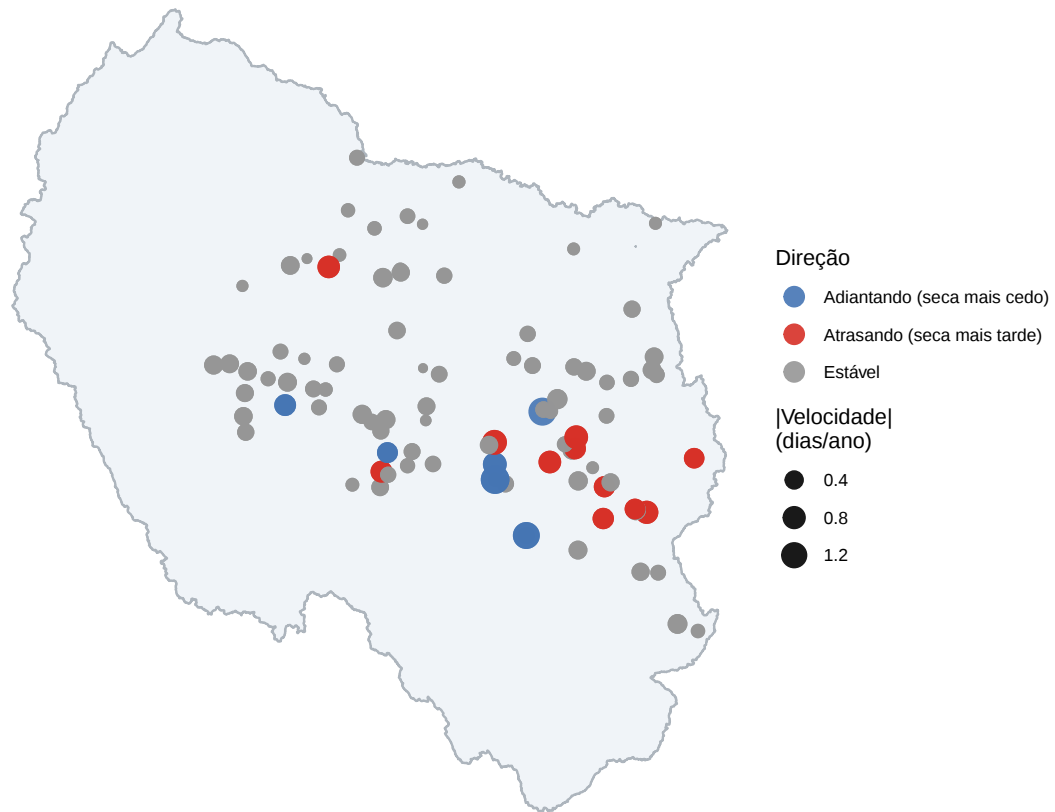
Tendência linear de dias consecutivos abaixo do limiar Q90. Apenas estações com ≥ 10 anos.

Figure 10: Tendência linear da duração da seca Q90 por estação. Vermelho = secas cada vez mais longas. Azul = secas encurtando. Apenas estações com ≥ 10 anos de dados.

5.3 Mudança no Timing do Rio (Centro de Massa)

O centro de massa indica o dia do ano em que 50% do volume anual passou pela estação. Uma tendência significativa de avanço (valores decrescentes) ou recuo (crescentes) revela alterações no ritmo hídrico da bacia.

Deslocamento do Timing Hídrico



Tendência linear do dia do Centro de Massa anual. Apenas estações com ≥ 10 anos.

Figure 11: Tendência linear do centro de massa por estação. Cores indicam a direção da mudança: azul = pico chegando mais cedo, vermelho = chegando mais tarde. Estações sem tendência significativa em cinza.

5.4 Amplitude Sazonal ao Longo do Tempo

Razão entre a variação máx-mín anual e a média do ano. Valores crescentes indicam que a diferença entre a cheia e a seca está se intensificando — o rio oscila mais.

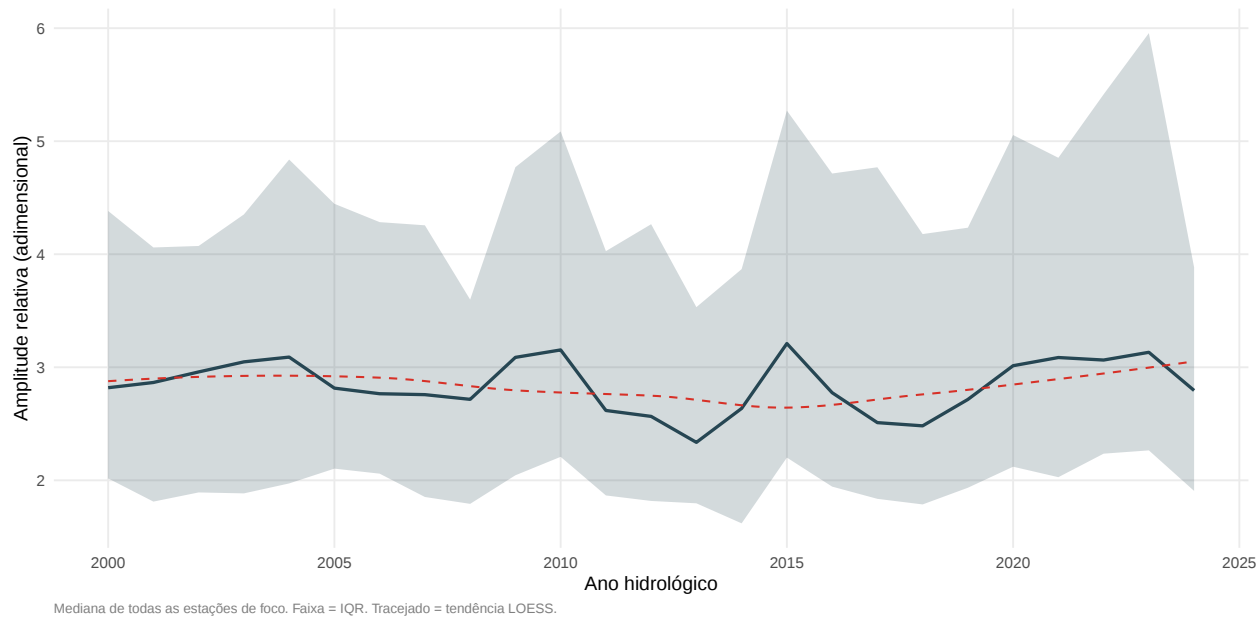
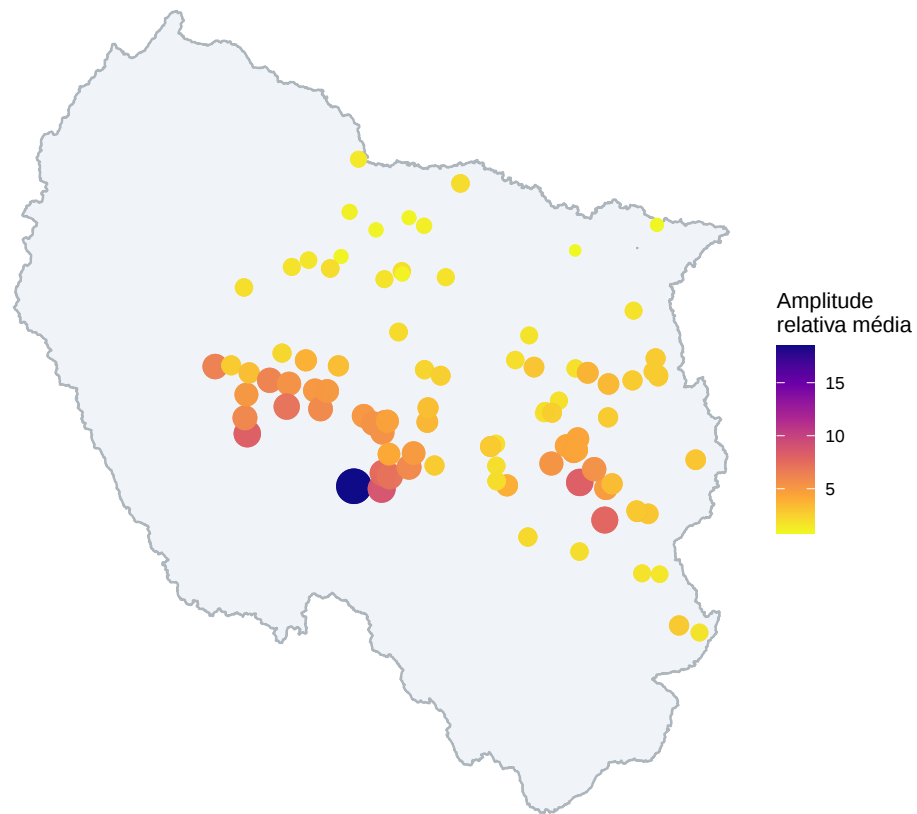


Figure 12: Evolução da amplitude relativa mediana por posição na rede (linhas) com intervalo interquartil (faixa). Tendência suavizada por LOESS.

5.5 Mapa espacial da amplitude sazonal

Amplitude Sazonal Média



Média do período por estação. Cores e tamanho mais intensos = maior contraste cheia/seca.

Figure 13: Amplitude relativa média por estação ao longo do período analisado. Valores maiores indicam maior contraste entre cheia e seca.

6 Contexto Climático — Precipitação (Estações ANA)

6.1 Tendências de precipitação

TODO: adicionar gráfico de barras com estações em tendência positiva, negativa e não significativa.

Das 153 estações pluviométricas analisadas, 48 (31.4%) apresentam tendência de queda significativa.

6.2 Comparativo regional: vazão versus precipitação

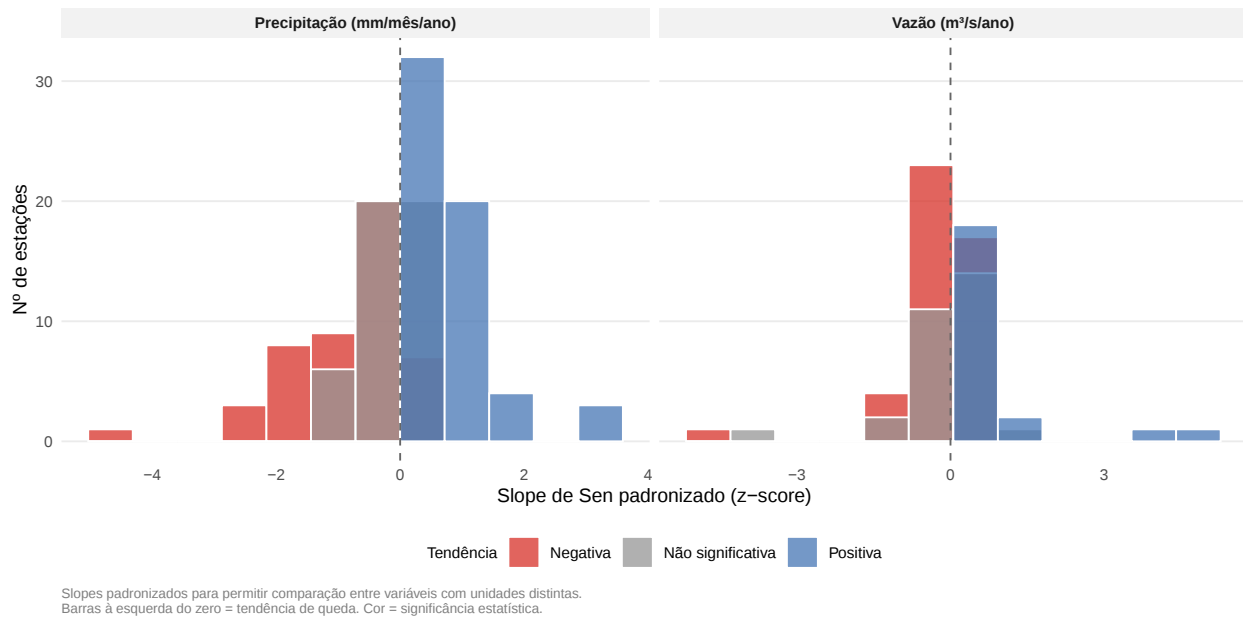


Figure 14: Comparativo regional entre as distribuições do Slope de Sen de vazão e precipitação. Como as redes fluviométrica e pluviométrica cobrem locais distintos, a comparação é feita pela distribuição regional agregada.

7 Área de Contribuição das Bacias

A área de contribuição (drenagem acumulada até o ponto da estação) é um proxy do porte hidrológico do rio naquele trecho. Estações com bacias maiores tendem a integrar sinais climáticos de áreas mais extensas, enquanto bacias pequenas respondem de forma mais rápida e localizada a eventos de chuva ou seca.

7.1 Distribuição das áreas de contribuição

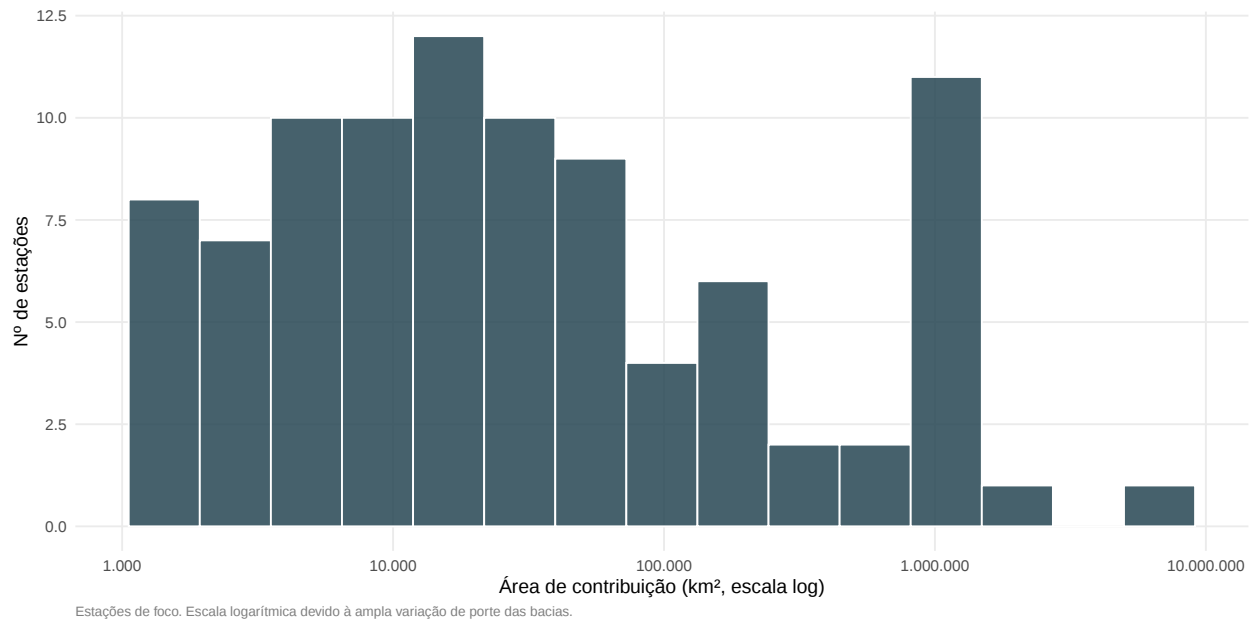
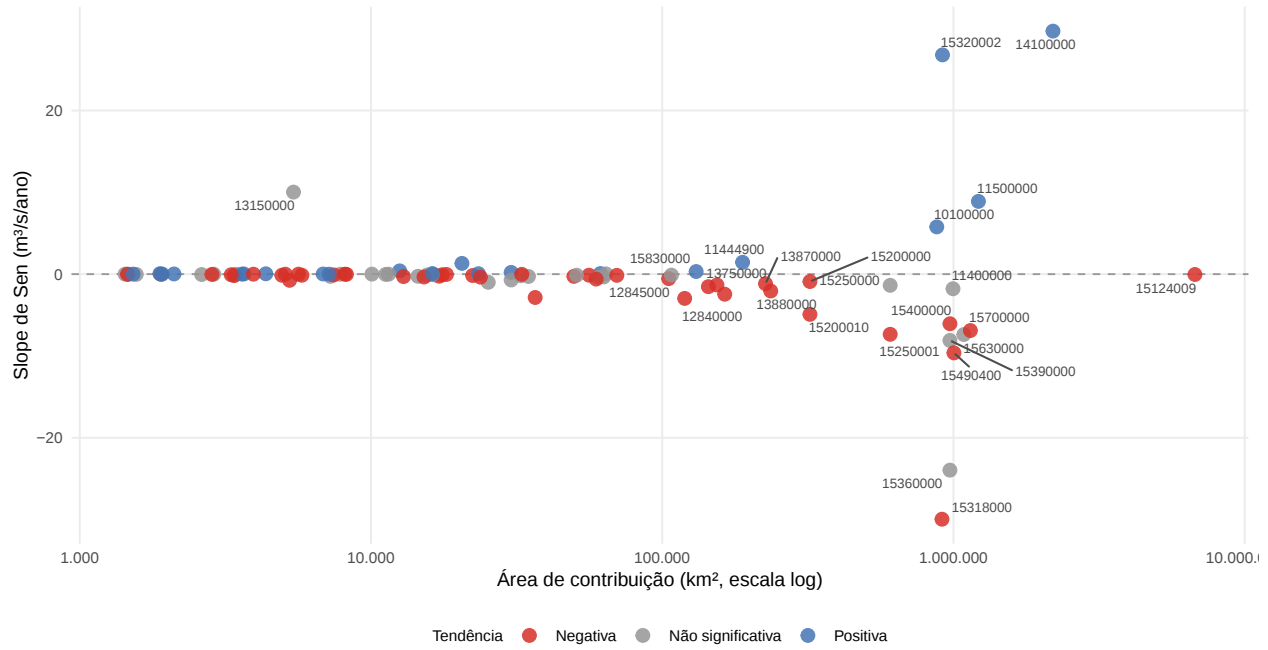


Figure 15: Distribuição das áreas de contribuição das estações de foco (escala logarítmica).

7.2 Área de contribuição versus força da tendência

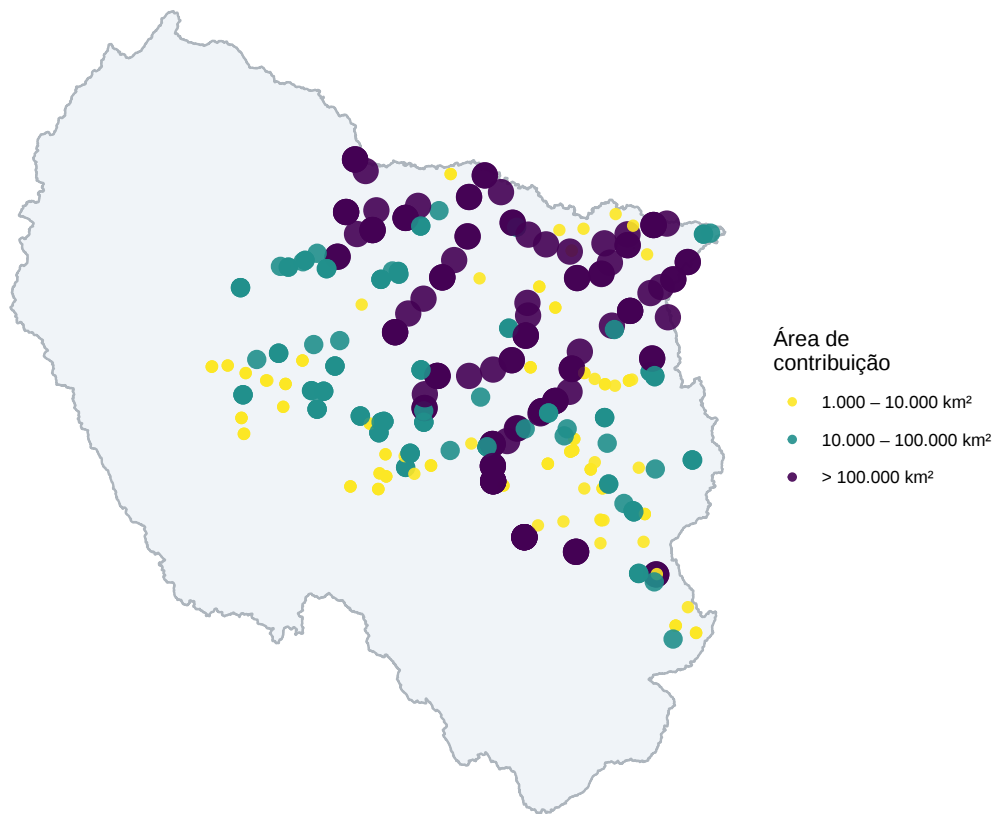


Bacias maiores integram sinais climáticos de área mais extensa.

Figure 16: Relação entre área de contribuição e a magnitude da tendência de vazão (Slope de Sen). Cor indica significância estatística.

7.3 Mapa de faixas de área de contribuição

Porte Hidrológico das Estações



Faixas de área de contribuição. Pontos maiores = bacias maiores.

Figure 17: Distribuição espacial das estações por faixa de área de contribuição.

7.4 Estações por faixa de área de contribuição

Table 3: Distribuição de estações por faixa de área de contribuição e categoria de tendência.

faixa_area	Negativa	Não significativa	Positiva
1.000 – 10.000 km ²	15	8	9
10.000 – 100.000 km ²	13	15	6
> 100.000 km ²	15	6	6

8 Síntese Diagnóstica

8.1 Matriz consolidada de indicadores

Tabela unificada com os principais indicadores de vazão, sazonalidade e precipitação por estação. Estações com tendência de vazão negativa estão destacadas em vermelho; positiva em azul.

Table 4: Matriz diagnóstica consolidada por estação. Vermelho = tendência negativa significativa; Azul = positiva.

Estação	Área(km²)	Tend.Q	SlopeQ	(MK)	Pt.Mud.	Anom.	Extr.	SecaQ90	AmpRel	CM(dia)	Tend.P
15124009	6745525.82	Negativa	-0.04	-0.08	211	14	4	16	1.55	79	NA
14100000	2196192.64	Positiva	29.71	0.17	123	5	0	32	0.89	137	NA
11500000	1218084.62	Positiva	8.90	0.11	134	12	0	33	1.03	116	NA
15700000	1143268.31	Negativa	-6.89	-0.09	177	15	1	29	1.82	97	NA
15630000	1085437.72	Não significativa	-7.38	-0.05	165	8	1	33	1.88	89	NA
15490400	1003751.12	Negativa	-9.63	0.14	57	4	0	30	1.86	92	NA
11400000	996278.59	Não significativa	-1.79	-0.01	134	13	0	32	1.06	112	NA
15390000	972695.93	Não significativa	-8.10	0.11	57	5	0	32	1.91	90	NA
15400000	972695.93	Negativa	-6.06	-0.11	235	15	3	34	1.97	84	NA
15360000	972576.34	Não significativa	-23.96	0.00	45	5	0	24	1.95	88	NA
15320002	917025.63	Positiva	26.80	0.42	61	11	1	29	2.00	86	NA
15318000	913257.72	Negativa	-29.96	-0.28	104	8	0	13	1.95	89	NA
10100000	876461.70	Positiva	5.78	0.09	134	12	0	25	1.02	109	NA
15250000	606381.79	Não significativa	-1.37	-0.06	224	14	3	41	1.98	100	NA
15250001	606381.79	Negativa	-7.35	-0.12	92	7	0	25	1.98	103	NA
15200000	321558.36	Negativa	-0.90	-0.14	177	16	1	46	2.21	106	NA
15200010	321558.36	Negativa	-4.92	-0.27	80	2	0	30	2.20	108	NA
13880000	235846.36	Negativa	-2.06	-0.29	176	17	5	36	1.78	93	NA
13870000	226287.11	Negativa	-1.16	-0.13	176	17	1	46	1.98	88	NA
11444900	188738.42	Positiva	1.45	0.12	22	5	0	18	1.24	135	NA
12840000	163929.81	Negativa	-2.45	-0.24	175	16	1	49	1.83	90	NA
13750000	154163.58	Negativa	-1.33	-0.14	176	14	1	58	2.58	72	NA
12700000	144046.34	Negativa	-1.53	-0.11	164	14	1	26	2.11	81	NA
15830000	130771.83	Positiva	0.32	0.26	86	12	0	48	2.69	82	NA
12845000	119443.20	Negativa	-2.96	-0.12	107	12	0	17	1.48	154	NA
15150000	107532.16	Não significativa	-0.12	-0.03	236	11	2	37	2.02	105	NA
13710001	105228.66	Negativa	-0.55	-0.09	175	10	1	37	3.38	66	NA
15800000	69861.57	Negativa	-0.14	0.12	19	13	2	33	2.80	80	NA
12240000	64049.41	Não significativa	0.04	0.05	122	8	0	26	1.31	100	NA
13410000	62987.10	Não significativa	-0.34	-0.05	235	11	0	23	4.40	59	NA
10500000	61318.14	Positiva	0.07	0.09	85	5	0	24	1.66	88	NA
15580000	60514.62	Não significativa	-0.36	0.06	223	15	1	16	2.89	73	NA
15828000	59289.77	Negativa	-0.60	0.28	19	2	0	36	2.73	79	NA
12520000	56048.77	Negativa	-0.13	0.10	55	10	0	24	2.35	73	NA
15130000	50824.01	Não significativa	-0.13	-0.01	235	15	2	32	1.77	90	NA
12680000	49752.18	Negativa	-0.27	0.24	54	7	1	22	3.32	61	NA
10910000	36628.44	Negativa	-2.85	-0.21	55	5	0	28	2.13	69	NA
13650000	34728.99	Não significativa	-0.28	-0.02	176	16	1	16	3.58	66	NA
15560000	32947.92	Negativa	-0.02	0.15	235	15	1	14	3.31	66	NA
13180000	32690.44	Não significativa	-0.19	0.02	103	11	2	25	4.82	55	NA
15326000	30293.48	Positiva	0.22	0.32	134	10	5	47	3.14	84	NA
15326010	30293.48	Não significativa	-0.71	0.06	32	9	0	22	2.83	84	NA
10300000	25277.29	Não significativa	-1.00	0.01	31	2	0	18	1.81	78	NA
13740000	23754.82	Negativa	-0.37	-0.19	67	14	2	31	2.32	76	NA
13600002	23390.91	Positiva	0.06	0.26	97	16	3	20	4.55	60	NA
12390000	22339.24	Negativa	-0.17	-0.13	43	10	1	10	5.13	67	NA
12100000	20529.22	Positiva	1.32	0.33	145	5	0	17	1.93	75	NA
13310000	18161.30	Negativa	-0.04	0.16	91	10	4	22	4.91	57	NA
12150000	17556.63	Negativa	-0.07	0.15	43	7	1	35	1.80	72	NA
12650000	17157.43	Negativa	-0.25	-0.19	151	14	4	18	4.96	59	NA
10200000	16470.97	Não significativa	-0.08	0.04	54	11	2	15	2.05	78	NA
15795000	16248.59	Positiva	0.07	0.32	86	12	0	29	2.67	80	NA
15559000	16234.03	Não significativa	-0.06	-0.04	235	15	3	10	2.92	72	NA
12600001	15601.91	Não significativa	-0.11	-0.04	42	11	1	15	5.16	57	NA
15750000	15212.79	Negativa	-0.35	-0.23	115	9	0	10	2.91	78	NA
13568000	14489.83	Não significativa	-0.26	-0.05	32	5	0	12	5.60	64	NA

Table 4: Matriz diagnóstica consolidada por estação. Vermelho = tendência negativa significativa; Azul = positiva.
(continued)

Estação	Área(km ²)	Tend.Q	SlopeQ	(MK)	Pt.Mud.	Anom.	Extr.	SecaQ90	AmpRel	CM(dia)	Tend.P
12640000	12933.28	Negativa	-0.29	-0.33	139	15	1	18	5.88	61	NA
12180000	12547.16	Positiva	0.40	0.34	86	3	0	28	1.11	94	NA
15550000	11495.48	Não significativa	0.00	0.07	98	9	2	2	2.65	86	NA
13300000	11228.20	Não significativa	-0.03	0.07	175	11	3	14	5.23	52	NA
15558000	10073.74	Não significativa	0.00	0.03	133	15	1	13	3.25	70	NA
13550000	8237.49	Negativa	-0.02	0.08	176	16	2	12	6.21	59	NA
15431000	8134.52	Negativa	-0.01	0.17	32	9	1	16	4.16	72	NA
12360000	7837.46	Não significativa	-0.01	0.08	132	11	4	15	8.11	60	NA
12540000	7451.89	Negativa	-0.10	-0.12	55	11	0	10	3.82	68	NA
12500000	7252.29	Não significativa	-0.27	0.08	55	12	2	20	3.40	64	NA
13470000	7185.73	Positiva	0.00	0.12	96	12	4	17	8.50	60	NA
15324000	6848.89	Positiva	0.02	0.19	73	15	2	11	2.75	72	NA
13885000	5793.02	Negativa	-0.13	-0.45	115	11	3	13	2.78	83	NA
13405000	5633.47	Negativa	0.00	0.23	54	13	4	36	5.47	54	NA
13150000	5419.78	Não significativa	10.03	0.07	135	9	0	32	0.81	131	NA
12560000	5255.47	Negativa	-0.76	-0.54	79	5	0	15	6.17	56	NA
15430000	5080.70	Negativa	0.00	0.24	133	10	1	18	4.48	69	NA
12420000	4942.63	Negativa	-0.13	-0.14	115	7	1	14	2.83	75	NA
15552600	4354.85	Positiva	0.04	0.14	145	12	1	10	2.96	83	NA
15565000	3947.25	Negativa	-0.01	0.23	223	10	1	16	5.51	65	NA
15120001	3661.01	Positiva	0.02	0.13	159	12	3	46	2.71	89	NA
15558500	3602.29	Positiva	0.01	0.20	97	6	0	17	4.45	62	NA
12510000	3430.14	Não significativa	-0.01	0.07	162	12	0	14	6.28	64	NA
13540000	3389.81	Negativa	-0.18	-0.43	79	5	0	10	6.47	64	NA
15650000	3311.30	Negativa	-0.07	-0.27	43	11	4	28	3.48	67	NA
13450000	2886.15	Não significativa	-0.01	-0.05	175	14	6	8	16.28	52	NA
13572000	2843.48	Negativa	-0.03	-0.25	78	6	0	8	4.00	66	NA
12370000	2621.85	Não significativa	-0.05	0.02	132	13	0	17	6.35	62	NA
12530000	2106.61	Positiva	0.02	0.39	121	11	1	7	5.45	70	NA
15170000	1919.34	Positiva	0.01	0.23	73	8	2	20	7.36	61	NA
15050000	1900.39	Negativa	-0.03	-0.10	223	17	0	18	1.58	92	NA
15490500	1884.79	Positiva	0.06	0.46	49	3	0	11	4.74	64	NA
15445000	1563.64	Não significativa	-0.03	-0.09	44	4	0	19	4.63	77	NA
15680000	1524.62	Positiva	0.00	0.19	145	13	3	17	2.84	78	NA
12400000	1463.94	Negativa	-0.03	-0.13	163	11	3	23	6.93	82	NA
15660000	1458.62	Negativa	-0.01	-0.14	44	10	3	19	3.75	75	NA
15248010	1430.42	Não significativa	0.00	0.06	122	17	5	32	3.90	76	NA
12870000	NA	Positiva	1.15	0.16	34	4	0	24	2.13	122	NA
15432000	NA	Negativa	-0.02	-0.16	43	9	4	8	4.49	66	NA
15564000	NA	Negativa	0.00	0.38	104	6	0	11	7.11	74	NA

8.2 Síntese narrativa

Das **96** estações de foco analisadas, **45** (46.9%) apresentam tendência estatisticamente significativa de queda na vazão (Mann-Kendall, $p < 0,05$). Ao todo, foram registrados **995** meses-estação com anomalia severa e **129** com valor extremo. Em relação à sazonalidade, **50** estações de foco mostram aumento na duração dos períodos de seca estrita (tendência $> 0,5$ dias/ano), indicando que as estiagens estão se tornando mais longas e ininterruptas ao longo do período monitorado. No mesmo período, das 153 estações pluviométricas em solo, 48 (31.4%) apresentam tendência de queda significativa na precipitação — um contexto climático que ajuda a situar o comportamento observado na vazão.

Relatório gerado automaticamente pelo pipeline hidrológico. Run: dourada / Data: 20/06/2026