

Apêndice I - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento - IAEM

1. Introdução

A rede de monitoramento de água doce da CETESB tem evoluído ao longo do tempo com base nas experiências de seus técnicos e nas necessidades de gerenciamento qualidade da água. No processo de alocação de novos pontos, usualmente, dá-se prioridade aos locais onde se constata maior presença de fontes de poluição, ou seja, com atividade industrial mais elevada ou em locais com população elevada e falta de tratamento de efluente doméstico.

De acordo com o indicador europeu de densidade recomendada para pontos de monitoramento de águas superficiais - a Diretiva Europeia de Águas (*Water Framework Directive*), esta relação é de 1 ponto por 1.000 km². No ano de 2007 a CETESB conseguiu atingir esta marca em relação a densidade de pontos e assim a manteve até 2020, quando este número voltou novamente a ficar abaixo deste valor, com 0,93 ponto por 1.000 km² em função das restrições de coleta durante a pandemia. Porém já em 2021, com menos restrições de deslocamento, a rede de monitoramento do Estado de São Paulo retornou a este patamar com a densidade de 1,8 pontos/1.000 km² e registrado 2,0 pontos/1.000 km² em 2022.

Embora seja bastante importante atingir esta associação quanto à densidade em função da área, a distribuição interna de pontos entre as 22 UGRHs ainda permanece bastante desigual.

Desta forma, torna-se relevante haver outra métrica para verificar a abrangência da rede de qualidade de forma espacial, considerando-se outros fatores, além da extensão territorial. Desenvolvendo-se para isto o Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-IAEM, considerando a pressão populacional e macroúso do solo, agrupados no critério pressão antrópica, correlacionado com as informações de qualidade da água capaz de demonstrar esta finalidade.

2. Análise do IAEM dos anos de 2012, 2021 e 2022

Diante dos eventos acima citados e com algum reflexo de mudanças na composição de números da rede de monitoramento relativo às interrupções da amostragem comprometida pela pandemia, o intervalo de tempo de comparação do índice IAEM, deixou de ser efetuado somente com o intervalo de 10 anos, sendo também relacionado ao ano anterior, isto é, 2021. Porém, esta análise temporal de 2012, será incluída antes do período comparativo atual, entre os anos de 2021 e 2022.

Para fins de comparação do panorama numérico dos anos dados referentes a 2012, 2021 e 2022, as Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 mostram os cálculos nas respectivas matrizes de análise multicritério (AMC) para os anos acima mencionados.

Tabela 1 – AMC- Análise Multicriterial do Ano de 2012

Matriz de Análise Multicriterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2012

Dados Originais		UGHRIs																							
		1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10	SP	
Área (Km²)		675	1.948	17.068	22.689	15.925	13.149	16.749	6.783	15.588	13.196	10.769	12.395	8.993	9.125	15.004	7.239	11.779	14.444	14.178	5.868	2.818	11.829	248.222,8	
Fator Analisado	Critérios	POP. IBGE 2012	65.320	290.406	366.004	728.438	1.251.655	518.778	672.890	225.572	763.812	366.739	452.361	482.679	1.128.619	679.660	1.473.997	336.220	1.503.910	2.027.938	5.194.705	19.790.807	1.692.425	1.888.284	41.901.219
	Antrópico (Pop. e Uso)	Dens. Populacional hab/km²	96,77	149,08	21,44	32,11	78,60	39,45	40,17	33,26	49,00	27,79	42,01	38,94	125,50	74,48	98,24	46,45	127,68	140,40	366,39	3.372,67	600,58	159,63	168,80
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	
Ambiental (Monit. Água)	Valor Médio IQA	Índice 0-100	48,09	61,81	65,39	66,99	59,51	80,30	72,64	72,37	77,56	67,02	67,32	73,57	59,98	68,33	57,12	60,10	58,79	66,74	52,50	41,42	61,09	56,12	63,40
	Núm. Pontos Calc.	unidade	2	30	11	8	12	5	4	1	8	6	4	5	6	13	33	4	10	23	84	61	15	24	369
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	2,96	15,40	0,64	0,35	0,75	0,38	0,24	0,15	0,51	0,45	0,37	0,40	0,67	1,42	2,20	0,55	0,85	1,59	5,92	10,40	5,32	2,03	1,49
	IAEM 2012	∑ Pesos 2 compensados	0,618	0,811	0,663	0,661	0,577	0,630	0,604	0,600	0,626	0,593	0,590	0,610	0,500	0,545	0,541	0,503	0,503	0,482	0,539	0,297	0,458	0,454	12,40

Matriz de Análise (não usa pesos)	Padronização 1	Gráfico 1	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Maximum Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,978	0,962	1,000	0,997	0,983	0,995	0,994	0,996	0,992	0,998	0,994	0,995	0,969	0,984	0,977	0,993	0,969	0,965	0,898	0,006	0,828	0,959
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,481	0,618	0,654	0,670	0,595	0,803	0,726	0,724	0,776	0,670	0,673	0,736	0,600	0,683	0,571	0,601	0,588	0,667	0,525	0,414	0,611	0,561
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
	Num. Pontos Calc.	unidade	0,024	0,357	0,131	0,095	0,143	0,060	0,048	0,012	0,095	0,071	0,048	0,060	0,071	0,155	0,393	0,048	0,119	0,274	1,000	0,726	0,179	0,286
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,192	1,000	0,042	0,023	0,049	0,025	0,016	0,010	0,033	0,030	0,024	0,026	0,043	0,093	0,143	0,036	0,055	0,103	0,385	0,675	0,346	0,132

Matriz de Análise (não usa pesos)	Padronização 2	Gráfico 2	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Interval Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,978	0,962	1,000	0,997	0,983	0,995	0,994	0,996	0,992	0,998	0,994	0,995	0,969	0,984	0,977	0,993	0,968	0,965	0,897	-	0,827	0,959
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,481	0,618	0,654	0,670	0,595	0,803	0,726	0,724	0,776	0,670	0,673	0,736	0,600	0,683	0,571	0,601	0,588	0,667	0,525	0,414	0,611	0,561
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	-	-	-	-	-
	Num. Pontos Calc.	unidade	0,012	0,349	0,120	0,084	0,133	0,048	0,036	-	0,084	0,060	0,036	0,048	0,060	0,145	0,386	0,036	0,108	0,265	1,000	0,723	0,169	0,277
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,185	1,000	0,033	0,013	0,040	0,015	0,006	-	0,024	0,020	0,015	0,017	0,034	0,084	0,135	0,027	0,046	0,095	0,379	0,672	0,339	0,123

Ranking de preferências	Compensatory Evaluation	
Prioridades	Peso SMCE	Peso AMC
Dens. Populacional	0,315	0,25
Valor Médio IQA	0,45	0,3
Atribuição UGHRI	0,135	0,2
Num. Pontos Calc.	0,025	0,1
Dens. Rede Básica	0,075	0,15

Critérios	Variável	Visão 1	Visão 2
Antrópico (Pop. e Uso)	Dens. Pop.	0,325	0,315
	Atribuição da UGHRI	0,2	0,135
Custos	Impactos	0,525	0,45
	Média do IQA	0,225	0,45
Ambiental (Monit. Água)	Num. Pontos Calc.	0,15	0,025
	Dens. Ptos. (CEE)	0,1	0,075
Benefícios	Gestão	0,475	0,55
	Total	1	1

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento	Intervalos	Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Muito Abrangente	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	Boa Sustentabilidade	
	Suficiente	Sustentável	Vulnerável
	Pouco Abrangente	Vulnerabilidade Significativa	
Insuficiente	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica		

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Peso SMCE	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,308	0,303	0,315	0,314	0,310	0,313	0,313	0,314	0,312	0,314	0,313	0,313	0,305	0,310	0,308	0,313	0,305	0,304	0,283	0,002	0,261	0,302
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,216	0,278	0,294	0,301	0,268	0,361	0,327	0,326	0,349	0,302	0,303	0,331	0,270	0,307	0,257	0,270	0,265	0,300	0,236	0,186	0,275	0,253
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,135	0,135	0,135	0,135	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,101	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
	Num. Pontos Calc.	unidade	0,001	0,009	0,003	0,002	0,004	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,004	0,010	0,001	0,003	0,007	0,025	0,018	0,004	0,007
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,014	0,075	0,003	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,007	0,011	0,003	0,004	0,008	0,029	0,051	0,026	0,010
	2012	∑ Pesos 1 compensados	0,674	0,800	0,751	0,755	0,686	0,779	0,744	0,742	0,768	0,721	0,720	0,749	0,648	0,696	0,653	0,655	0,644	0,653	0,607	0,291	0,600	0,605

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,244	0,241	0,250	0,249	0,246	0,249	0,249	0,249	0,248	0,250	0,248	0,249	0,242	0,246	0,244	0,248	0,242	0,241	0,224	0,002	0,207	0,240
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,144	0,185	0,196	0,201	0,179	0,241	0,218	0,217	0,233	0,201	0,202	0,221	0,180	0,205	0,171	0,180	0,176	0,200	0,157	0,124	0,183	0,168
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,200	0,200	0,200	0,200	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
	Num. Pontos Calc.	unidade	0,002	0,036	0,013	0,010	0,014	0,006	0,005	0,001	0,010	0,007	0,005	0,006	0,007	0,015	0,039	0,005	0,012	0,027	0,100	0,073	0,018	0,029
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,029	0,150	0,006	0,003	0,007	0,004	0,002	0,001	0,005	0,004	0,004	0,004	0,006	0,014	0,021	0,005	0,008	0,016	0,058	0,101	0,052	0,020
	2012	∑ Pesos 2 compensados	0,620	0,812	0,666	0,663	0,596	0,649	0,624	0,619	0,645	0,612	0,609	0,629	0,536	0,580	0,576	0,539	0,539	0,534	0,590	0,350	0,510	0,506

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Peso SMCE	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,308	0,303	0,315	0,314	0,310	0,313	0,313	0,314	0,312	0,314	0,313	0,313	0,305	0,310	0,308	0,313	0,305	0,304	0,283	0,000	0,261	0,302
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,216	0,278	0,294	0,301	0,268	0,361	0,327	0,326	0,349	0,302	0,303	0,331	0,270	0,307	0,257	0,270	0,265	0,300	0,236	0,186	0,275	0,253
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,135	0,135	0,135	0,135	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Num. Pontos Calc.	unidade	0,000	0,009	0,003	0,002	0,003	0,001	0,001	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,004	0,010	0,001	0,003	0,007	0,025	0,018	0,004	0,007
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,014	0,075	0,002	0,001	0,003	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003	0,006	0,010	0,002	0,003	0,007	0,028	0,050	0,025	0,009
	2012	∑ Pesos 1 compensados	0,673	0,800	0,750	0,754	0,674	0,767	0,731	0,730	0,755	0,709	0,708	0,737	0,624	0,672	0,630	0,631	0,621	0,618	0,572	0,255	0,565	0,571

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGHRI-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5			

Tabela 2 – AMC- Análise Multicriterial do Ano de 2021

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangencia Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2011

Fator Analisado	Dados Originais	UGHRIs																						SP	
		1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10		
	Área (Km²)	675	1.948	17.068	22.689	15.925	13.149	16.749	6.783	15.588	13.196	10.769	12.395	8.993	9.125	15.004	7.239	11.779	14.444	14.178	5.868	2.818	11.829	248.222,8	
	Crítérios	POP. IBGE 2021	70.463	345.844	381.848	785.962	1.385.672	572.261	731.474	240.282	843.277	391.779	490.809	519.267	1.275.223	750.037	1.647.517	363.816	1.676.436	2.271.905	5.972.714	21.857.224	1.897.551	2.177.771	46.649.132
Antropico (Pop. e Uso)	Dens.Populacional	hab/km²	104,39	177,54	22,37	34,64	87,01	43,52	43,67	35,42	54,10	29,69	45,58	41,89	141,80	82,20	109,81	50,26	142,32	157,29	421,27	3724,82	673,37	184,10	187,94
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	
Ambiental (Monit. Água)	Valor Médio IQA	Índice 0-100	59,09	64,85	68,79	71,23	58,88	70,31	73,05	78,75	72,39	62,29	68,81	66,68	61,52	64,89	58,92	57,36	61,79	62,59	49,83	37,12	54,70	56,03	62,72
	Núm.Pontos Calc.	unidade	5	31	14	12	21	11	9	6	12	10	6	10	7	2	21	9	15	31	66	101	19	30	448
	Dens.Red. Básica	pto./1000 km²	7,41	15,91	0,82	0,53	1,32	0,84	0,54	0,88	0,77	0,76	0,56	0,81	0,78	0,22	1,40	1,24	1,27	2,15	4,66	17,21	6,74	2,54	1,80
	IAEM 2021	∑ Pesos 2 compensados	0,69	0,80	0,67	0,68	0,58	0,61	0,61	0,63	0,61	0,58	0,60	0,60	0,50	0,51	0,52	0,50	0,52	0,47	0,48	0,36	0,44	0,46	12,42

UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Matriz de Padronização (não usa pesos)	Padronização 1	Gráfico 1	UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
			1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Maximum Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9780	0,9583	1,00	0,9967	0,9826	0,9943	0,9943	0,9965	0,9915	0,9980	0,9938	0,9948	0,9679	0,9839	0,9765	0,9925	0,9678	0,9638	0,8929	0,0060	0,8252	0,9566
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,59	0,65	0,69	0,71	0,59	0,70	0,73	0,79	0,72	0,62	0,69	0,67	0,62	0,65	0,59	0,57	0,62	0,63	0,50	0,37	0,55	0,56
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	Num. Pontos calc.	unidade	0,05	0,31	0,14	0,12	0,21	0,11	0,09	0,06	0,12	0,10	0,06	0,10	0,07	0,02	0,21	0,09	0,15	0,31	0,65	1,00	0,19	0,30
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,43	0,92	0,05	0,03	0,08	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,01	0,08	0,07	0,07	0,12	0,27	1,00	0,39	0,15

UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Matriz de Padronização (não usa pesos)	Padronização 2	Gráfico 2	UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
			1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Interval Standardization	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,9778	0,9581	1,0000	0,9967	0,9825	0,9943	0,9942	0,9965	0,9914	0,9980	0,9937	0,9947	0,9677	0,9838	0,9764	0,9925	0,9676	0,9636	0,8923	0,000000	0,8242	0,9563
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,59	0,65	0,69	0,71	0,59	0,70	0,73	0,79	0,72	0,62	0,69	0,67	0,62	0,65	0,59	0,57	0,62	0,63	0,50	0,37	0,55	0,56
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Num. Pontos calc.	unidade	0,03	0,29	0,12	0,10	0,19	0,09	0,07	0,04	0,10	0,08	0,04	0,08	0,05	0,00	0,19	0,07	0,13	0,29	0,65	1,00	0,17	0,28
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,42	0,92	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	0,07	0,06	0,06	0,11	0,26	1,00	0,38	0,14

Ranking de preferências	Avaliação compensatória	
Prioridades	Peso SMCE	Peso AMC
Dens. Populacional	0,315	0,25
Valor Médio IQA	0,45	0,3
Atribuição UGHRI	0,135	0,2
Num. Pontos Calc.	0,025	0,1
Dens. Rede Básica	0,075	0,15
	1	1

Crítérios	Variável	Visão 1	Visão 2
Antropico (Dens. Pop. e Macro Uso do Uso)	Dens. Pop.	0,325	0,315
	Atribuição da UGHRI	0,2	0,135
	Impactos	0,525	0,45
Ambiental (Monit. Água)	Média do IQA	0,225	0,45
	Num. Pontos calc.	0,15	0,025
	Dens. Ptos. (CEE)	0,1	0,075
Benefícios	Gestão	0,475	0,55
	Total	1	1

Classes	IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento	Intervalos		Sustentabilidade do Gerenciamento da Qualidade	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
		1	0,756		
Muito Abrangente		0,755	0,606	Não Vulnerável	Não Vulnerável
Abrangente		0,605	0,506	Boa Sustentabilidade	
Suficiente		0,505	0,356	Sustentável	
Pouco Abrangente		0,355	0	Vulnerabilidade Significativa	
Insuficiente				Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	Vulnerável

UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
			1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Peso SMCE	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3081	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,27	0,29	0,31	0,32	0,26	0,32	0,33	0,35	0,33	0,28	0,31	0,30	0,28	0,29	0,27	0,26	0,28	0,28	0,22	0,17	0,25	0,25
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,03	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,08	0,03	0,01
	2021	∑ Pesos 1 compensados	0,74	0,81	0,77	0,77	0,69	0,74	0,75	0,77	0,75	0,70	0,73	0,72	0,65	0,67	0,65	0,65	0,66	0,64	0,58	0,30	0,57	0,61

UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Maximum Standardization	UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
			1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Peso AMC	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,22	0,00	0,21	0,24
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,18	0,19	0,21	0,21	0,18	0,21	0,22	0,24	0,22	0,19	0,21	0,20	0,18	0,19	0,18	0,17	0,19	0,19	0,15	0,11	0,16	0,17
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	0,07	0,10	0,02	0,03
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,06	0,14	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,15	0,06	0,02
	2021	∑ Pesos 2 compensados	0,69	0,80	0,68	0,68	0,60	0,63	0,63	0,65	0,63	0,60	0,62	0,62	0,54	0,54	0,55	0,54	0,55	0,53	0,53	0,41	0,50	0,51

UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Matriz de Avaliação	Compensatory Evaluation	Interval Standardization	UGRH-UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSO HÍDRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO																					
			1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Peso SCME	Unidades	1	3	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	4	8	9	12	13	2	5	6	7	10
	Dens. Populacional	hab/km²	0,3080	0,30	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,28	0,00	0,26	0,30
	Valor Médio IQA	Índice 0-100	0,27	0,29	0,31	0,32	0,26	0,32	0,33	0,35	0,33	0,28	0,31	0,30	0,28	0,29	0,27	0,26	0,28	0,28	0,22	0,17	0,25	0,25
	Atribuição UGHRI	fator de pressão 1 a 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Num. Pontos calc.	unidade	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01
	Dens. Rede Básica	pto./1000 km²	0,03	0,07	0,00	0,00	0,00</																	

Com os cálculos numéricos processados nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 de padronização sintetizados por unidade, e com as notas atribuídas para cada UGRHI, classificam-se os resultados conforme os intervalos do índice, de 1 (melhor situação) até 0 (pior situação), distribuídos nas 5 classes e 2 categorias, com as respectivas denominações, relativa ao nível de pressão antrópica exercida na UGRHI. Na Tabela 4, observam-se as seguintes denominações das classes, referentes aos termos empregados na coluna “Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água”:

Tabela 4 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Muito Abrangente	1	0,756	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	0,755	0,606	Boa Sustentabilidade	
	Suficiente	0,605	0,506	Sustentável	
	Pouco Abrangente	0,505	0,356	Vulnerabilidade Significativa	Vulnerável
	Insuficiente	0,355	0	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	

Para efeito de interpretação dos resultados do IAEM, estes vão ser apresentados na ordem da melhor classe **Muito Abrangente/Não Vulnerável** para a pior **Insuficiente/ Alta vulnerabilidade Alta à pressão antrópica**. E havendo várias unidades dentro das classes, serão classificadas pelo fator de ponderação do macro uso do solo, do menos intenso (Conservação) para o mais intenso (Industrializadas) e seguindo a ordem numérica das UGRHI.

2.1 Cenário do IAEM para 2012

Em 2012, considerando os 369 pontos de monitoramento em que foi possível fazer o cálculo do Índice de Qualidade de Água - IQA, o estado de S. Paulo atinge o critério da densidade da CEE, com 1,5 pontos por 1.000 km², atendendo assim ao critério de densidade de pontos, recomendado pela Comunidade Econômica Europeia (CEE). Entretanto, as UGRHIs com predominância de atividades agropecuárias, situadas na parte oeste do Estado, possuíam, em seu conjunto, densidades abaixo da metade do recomendado. A amplitude estadual da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km² dentro do conjunto das 22 UGRHIs ficou em 15,25, variando do mínimo apontado na UGRHI 18 - São José dos Dourados, que continha em 2012, somente 0,15 pontos por 1.000 km² até 15,40 15 pontos por 1.000 km², maior foi de densidade registrada na UGRHI 3-Litoral Norte,

A população do estado de São Paulo em 2012 foi estimada em 41.901.219 habitantes, conforme Estimativa do IBGE (disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>), e a densidade populacional estadual foi estimada em 168,80 habitantes por km². A Tabela 5 contém os dados originais do IAEM 2012.

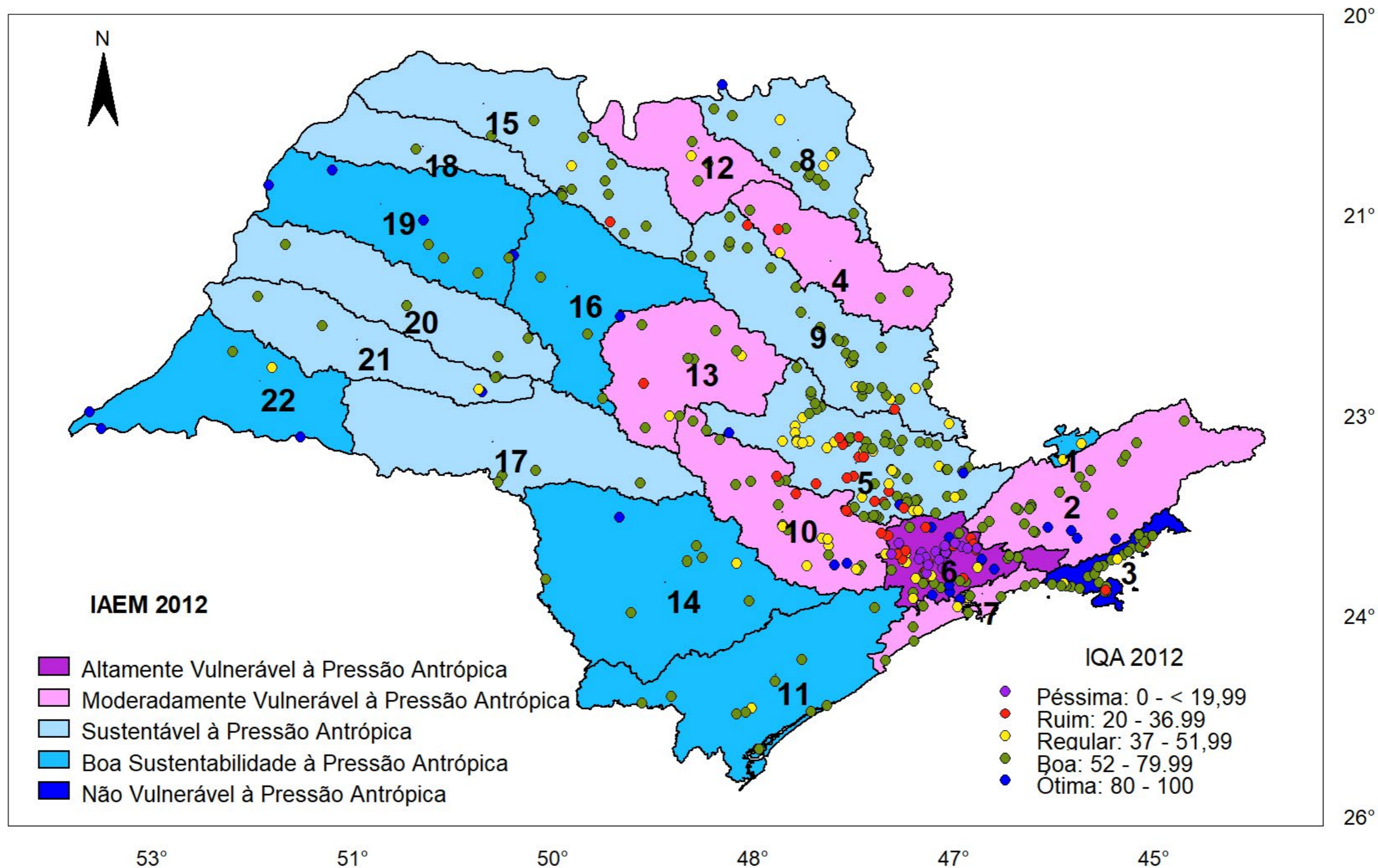
Tabela 5 – Dados originais do IAEM de 2012

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2012								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Red. Básica	
UGHRI	Área Km ²	POP. IBGE 2012	hab/km ²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km ²	IAEM 2012
1	675	65.320	96,77	1	48,09	2	2,96	0,62
2	14.444	2.027.938	140,40	4	66,74	23	1,59	0,48
3	1.948	290.406	149,08	1	61,81	30	15,40	0,81
4	8.993	1.128.619	125,50	3	59,98	6	0,67	0,50
5	14.178	5.194.705	366,39	4	52,50	84	5,92	0,54
6	5.868	19.790.807	3.372,67	4	41,42	61	10,40	0,30
7	2.818	1.692.425	600,58	4	61,09	15	5,32	0,46
8	9.125	679.660	74,48	3	68,33	13	1,42	0,54
9	15.004	1.473.997	98,24	3	57,12	33	2,20	0,54
10	11.829	1.888.284	159,63	4	56,12	24	2,03	0,45
11	17.068	366.004	21,44	1	65,39	11	0,64	0,66
12	7.239	336.220	46,45	3	60,10	4	0,55	0,50
13	11.779	1.503.910	127,68	3	58,79	10	0,85	0,50
14	22.689	728.438	32,11	1	66,99	8	0,35	0,66
15	15.925	1.251.655	78,60	2	59,51	12	0,75	0,58
16	13.149	518.778	39,45	2	80,30	5	0,38	0,63
17	16.749	672.890	40,17	2	72,64	4	0,24	0,60
18	6.783	225.572	33,26	2	72,37	1	0,15	0,60
19	15.588	763.812	49,00	2	77,56	8	0,51	0,63
20	13.196	366.739	27,79	2	67,02	6	0,45	0,59
21	10.769	452.361	42,01	2	67,32	4	0,37	0,59
22	12.395	482.679	38,94	2	73,57	5	0,40	0,61
SP	248.223	41.901.219	168,80	3	57,05	369	1,49	12,40
ESTADO de SÃO PAULO								∑ IAEM 2012

E na sequência, mostra-se o cenário estadual do IAEM em 2012 através do Mapa 1, conjuntamente com a classificação do IQA dos pontos monitorados no mesmo ano.

Mapa 1 – Cenário das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM para o ano de 2012

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2012 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



Segundo os resultados do IAEM 2012, o monitoramento foi considerado como **“Muito Abrangente/ Não Vulnerável”** somente para uma unidade:

A UGRHI 3 - Litoral Norte, que obteve o maior IAEM do Estado de São Paulo: 0,81, pois destacou-se das demais por ter atingido a maior densidade de pontos (15,40 pontos/1.000 km²) dentre as 22 UGRHIs, com 30 pontos monitorados. Além disto, teve média anual do IQA de 61,81 (Boa qualidade). Portanto, esta unidade com 290.406 habitantes, não apresentava vulnerabilidade frente às questões antrópica à época.

Foram classificadas com o índice de monitoramento IAEM **“Abrangente/ Boa Sustentabilidade”**, em 6 UGRHIs, em função da pressão antrópica da época: Três UGRHIs classificadas com o uso do solo, com ênfase para conservação ambiental (com fator de ponderação 1):

- A UGRHI 1 - Mantiqueira, com 65.320 habitantes e densidade demográfica de 96,77 hab./km². Monitorou 2 pontos e obteve densidade de pontos de 2,96 pontos/1.000 km². A média do IQA foi 48,09 (Qualidade Regular) e o IAEM de 0,62. A UGRHI 11 - Ribeira do Iguape/Litoral Sul, com 366.004 habitantes apresentou novamente a menor densidade populacional estadual (21,44 hab./km²), com a menor pressão antrópica em termos de população estadual. Esta unidade de gerenciamento hídrico monitorou 11 pontos, em 2012, e sua densidade de pontos foi a 0,64 pontos/1.000 km². A média do IQA foi 65,39 (Boa qualidade). A UGRHI 14 - Alto Paranapanema, obteve IAEM de 0,66 e apresentou densidade de pontos de 0,35 pontos/1.000 km², pois monitorou 8 pontos. Porém, sua nota foi compensada pela baixa ocupação populacional (32,11 hab./km²) e pela média anual do IQA de 66,99 (Boa qualidade).

E três UGRHIs predominantemente com macroúso agropecuário, com fator de ponderação 2, foram classificadas como **“Abrangente/ Boa Sustentabilidade”**. São elas:

- UGRHI 16 - Tietê /Batalha, com 518.778 habitantes, teve apenas cinco pontos amostrados e densidade de 0,35 pontos/1.000 km², que obtiveram a maior média anual do IQA 80,30 (Ótima qualidade). A UGRHI 19 - Baixo Tietê, com oito pontos de monitoramento e metade da densidade recomendada (0,51 pontos/1.000 km²). Mas que apresentou a segunda melhor média estadual do IQA 77,03 (Boa qualidade) e IAEM 0,63. E a UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, com área territorial de 12.395 km², contou com apenas 5 pontos monitorados na Rede Básica e como consequência ficou com baixa densidade de pontos (0,40 pontos/1.000 km²). Porém apresentou baixa pressão antrópica, com 38,94 hab./km², e o seu IQA médio anual ficou em 73,57 (Boa qualidade), finalizando com IAEM 0,61.

Foram oito as UGRHIs classificadas com o índice de abrangência espacial do monitoramento **“Suficiente/Sustentável”**, em 2012. Cinco delas estão no grupo das UGRHIs com macroúso do solo voltado ao setor agropecuário:

A UGRHI 15 - Turvo/Grande, com 1.251.655 habitantes teve o maior número de pontos (12) no grupo das UGRHIs com macroúso do solo agropecuário, obtendo densidade média de 0,75 pontos/1.000 km², ainda abaixo do recomendado. A média do IQA de 59,51 (qualidade Boa) e o IAEM 0,58. Já a UGRHI 17 - Médio Paranapanema esteve com densidade populacional de 40,17 hab./km², considerada como de baixa pressão antrópica, monitorou quatro pontos da Rede Básica e obteve densidade de apenas 0,24 pontos/1.000 km². Entretanto a média do IQA de seus pontos foi 72,64 (Boa qualidade), resultando em um IAEM de 0,60. A UGRHI 18 - São José dos Dourados, que embora tenha apresentado a menor densidade de pontos do ano de 2012, com somente 0,15 pontos/1.000 km² (monitorou um único ponto - SJDO 02500), cuja média anual

do IQA foi 72,37 (Boa qualidade). A unidade também manteve baixa densidade demográfica, praticamente estável, variando de 33,15 hab./ km² (2011) para 33,26 (2012) e obteve IAEM de 0,60. A UGRHI 20 - Aguapeí, que apresentou baixa pressão antrópica, pois indicou a segunda menor densidade populacional (27,79) hab./ km² do estado. Com 6 pontos avaliados, a densidade de pontos ficou inferior a metade do recomendado (0,45 pontos/1.000 km²). Já o IQA médio ficou em 67,02 (Boa qualidade) e IAEM de 0,59. E a UGRHI 21 - Peixe com IAEM de 0,59 (**Suficiente/Sustentável**), por ter apenas 4 pontos e densidade de pontos de 0,37 /1.000 km² e baixa pressão antrópica com densidade populacional de 42,01 hab./km².

Mais duas UGRHIs foram classificadas como "**Suficiente/Sustentável**", com o macroúso do solo predominante "em industrialização", cujo fator de ponderação é 3:

- A UGRHI 8 - Sapucaí/Grande com monitoramento de 13 pontos em 2012, mantendo-se acima da densidade mínima recomendada, com 1,42 pontos/1.000 km². A média anual foi de IQA 68,33 (Boa qualidade) e o IAEM foi 0,54. Já a UGRHI 9- Mogi-Guaçu, com 1.473.997 habitantes (2012), equilibrou a pressão antrópica mantendo o dobro da densidade recomendada (2,2 pontos/1.000 km²) e média de IQA anual de 57,12 (Boa qualidade).

E ainda neste grupo, classificado como "**Suficiente/Sustentável**" e IAEM de 0,53, tem-se uma unidade com macroúso do solo industrial:

- UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, com 5,1 milhões de habitantes (2012) e terceira maior densidade populacional (366,39 hab./km²) e, desta forma, com grande pressão antrópica. A média anual do IQA indicou a terceira pior do conjunto estadual em 2012, porém dentro da faixa 52,50 de Qualidade Boa. Ressalta-se, entretanto, que a unidade alcançou o maior número de pontos monitorados por UGRHI de 2012: 84 pontos, sendo também a segunda maior UGRHI em termos de densidade de monitoramento, com 5,9 pontos/1.000 km². O IAEM foi de 0,54, portanto "**Suficiente/Sustentável**".

Na categoria do IAEM "**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade Significativa**" à pressão antrópica foram 6 as unidades assim classificadas.

São três as unidades com uso do solo considerado "em industrialização" nesta categoria "**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade Significativa**" à pressão antrópica pois obtiveram a mesma nota de 0,50 do IAEM:

- UGRHIs 4 - Pardo com 1.128.619 habitantes e densidade populacional de 125,50 hab./km² em 2012. A unidade monitorou 6 pontos da Rede Básica, com densidade de 0,67 pontos/1.000 km². O IQA médio foi 59,98 (Boa qualidade).
- A UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande, que apresentou baixa pressão antrópica, com densidade populacional de 46,45 hab./km² e possuía 336.220 habitantes em 2012. Porém, monitorou apenas 4 pontos e assim continua com baixa densidade, 0,55 pontos/1.000 km², cujo o IQA médio 60,10 (Boa qualidade).
- Na UGRHI 13 – Tietê/Jacaré, cuja população atingiu 1.503.91 em 2012 e a densidade populacional 127,68 hab./km². Esta unidade monitorou 10 pontos, com 0,85 pontos/ 1.000 km², mas ainda abaixo da densidade recomendada. A média anual do IQA manteve a qualidade Boa (IQA 58,79).

E mais 3 unidades com macroúso predominantemente industrial (ponderado pelo maior valor de impacto para o fator de pressão antrópica): UGRHIs 2 - Paraíba do Sul, 7 - Baixada Santista e 10 - Sorocaba/ Médio Tietê.

- A UGRHI 2 - Paraíba do Sul, monitorou 23 pontos e atingiu densidade 1,59 pontos/1.000 km² (menor relação de densidade espacial entre as UGRHIs com macroúso do solo industrial). Apesar de manter uma boa qualidade de água, com IQA médio de 66,74 apresentou de IAEM 0,48. A unidade possui população total próxima de 2 milhões de habitantes (2.011.425 em 2012) significando um fator de pressão antrópica importante, enquadrando-se como sendo **“Pouco Abrangente/Vulnerabilidade Significativa”** à pressão antrópica. A UGRHI 7 - Baixada Santista, com IAEM de 0,46 esteve com 15 pontos de monitoramento (2012), e densidade 5 vezes acima do recomendado (5,32 pontos/1.000 km²). Entretanto a unidade está alocada nesta categoria, principalmente, devido à alta densidade populacional, 600,58 hab./km². O IQA médio foi 61,09 (Boa qualidade) e o IAEM 0,46. Também nesta categoria está a UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, com 1.888.284 habitantes. Esteve com 24 pontos (2012), e densidade de pontos de 2,03 pontos/1.000 km². A média anual do IQA foi 56,12 (Boa qualidade).

E por fim, temos a UGRHI 6 - Alto Tietê, única unidade classificada com a abrangência do monitoramento **“Insuficiente /Alta vulnerabilidade”** à pressão antrópica:

A unidade do Alto Tietê, onde se situa a Região Metropolitana de São Paulo, com 19.790.807 habitantes apresentou o menor índice do IAEM (**0,30**). Esta UGRHI tem a maior densidade populacional do Estado, com 3372,67 hab./km², efluindo esgoto doméstico acima da capacidade de assimilação dos corpos hídricos urbanos receptores. Apesar de ter tido 61 pontos de monitoramento e contemplar a segunda maior densidade do Estado, com 10,40 pontos/1.000 km² a unidade foi classificada com o IAEM **“Insuficiente /Alta vulnerabilidade”** à pressão antrópica. A média anual do IQA foi 41,42, (Qualidade Regular), mas vários pontos apresentaram IQA de Péssima qualidade, tal como o ponto no Rib. dos Couros, CORU 04950, que apontou a pior média anual entre os pontos monitorados, com IQA 13,89, (Qualidade Péssima).

Em resumo, conforme o IAEM 2012, dentre as 22 UGRHIs, somente 7 unidades classificaram-se com o monitoramento vulnerável a pressão antrópica existente à época. E não vulnerável 15 UGRHIs. Se fosse considerado somente o critério da CEE (densidade territorial), somente 9 unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo atenderiam ao critério da densidade recomendada.

2.2 Cenário do IAEM para os anos de 2021 /2022

Conforme explicitado no Capítulo 3 do corpo principal do RAI 2022 - Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo - 2022, em face às bruscas mudanças na composição de números da rede de monitoramento, o IAEM 2022 ainda vai ser comparado a 2021. A Tabela 6 mostra os dados originais de 2021 (segundo ano da pandemia) e 2022 (sem influência da pandemia), com as somatórias do IAEM calculado para as 22 UGRHIs, em que se divide o Estado de São Paulo.

Em 2022, segundo os resultados preliminares do IBGE, (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>), a população do Estado de São Paulo atingiu 44.420.459 habitantes, aumentando em cerca de 2,5 milhões durante o período 2012-2022.

Diferente da redução do monitoramento ocorrida em anos anteriores, em 2022 a rede voltou com

frequência trimestral em 96% dos pontos da Rede Básica. Com isto, o Estado de São Paulo passou a ter uma densidade de 2 pontos/1.000 km² em 2022, ou seja, com o dobro do da densidade recomendada.

Dentro do conjunto das 22 UGRHIs, o maior número de pontos do monitoramento previstos da Rede Básica em todas as UGRHIs em 2022 fez a amplitude da distribuição espacial da densidade de pontos/1.000 km² aumentar novamente. Em 2021, a amplitude foi de 16,99 variando a densidade de 0,22 pontos/1.000 km² na UGRHI 08-Sapuçaí/ Grande a 17,21 pontos/1.000 km² na UGRHI 6- Alto Tietê. Já em 2022 a amplitude foi de 16,51. Variou de 0,53 pontos/1.000 km² na UGRHI 14- Alto Paranapanema até 17,04 pontos/1.000 km² na UGRHI 6- Alto Tietê. Isto mostra que ainda existem em ambas as comparações grandes desigualdades espaciais no monitoramento entre as UGRHIs, quando somente o fator densidade de pontos é considerado.

Em termos de mudança de classes do índice multicritério do IAEM, entre 2021-2022, verificam-se 5 alterações na classificação das UGRHIs: duas melhoraram e três pioraram, são elas: UGRHI 16 Tietê / Batalha, UGRHI 17- Médio Paranapanema e UGRHI 19- Baixo Tietê, que pioraram. E as unidades UGRHI 4 – Pardo, UGRHI 5 – Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, que melhoraram. A Tabela 6 mostra os dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2021 e 2022, e a seguir os Mapas 3.3 e 3.4 resumem a situação das UGRHIs em relação ao IAEM em 2021 e 2022, respectivamente:

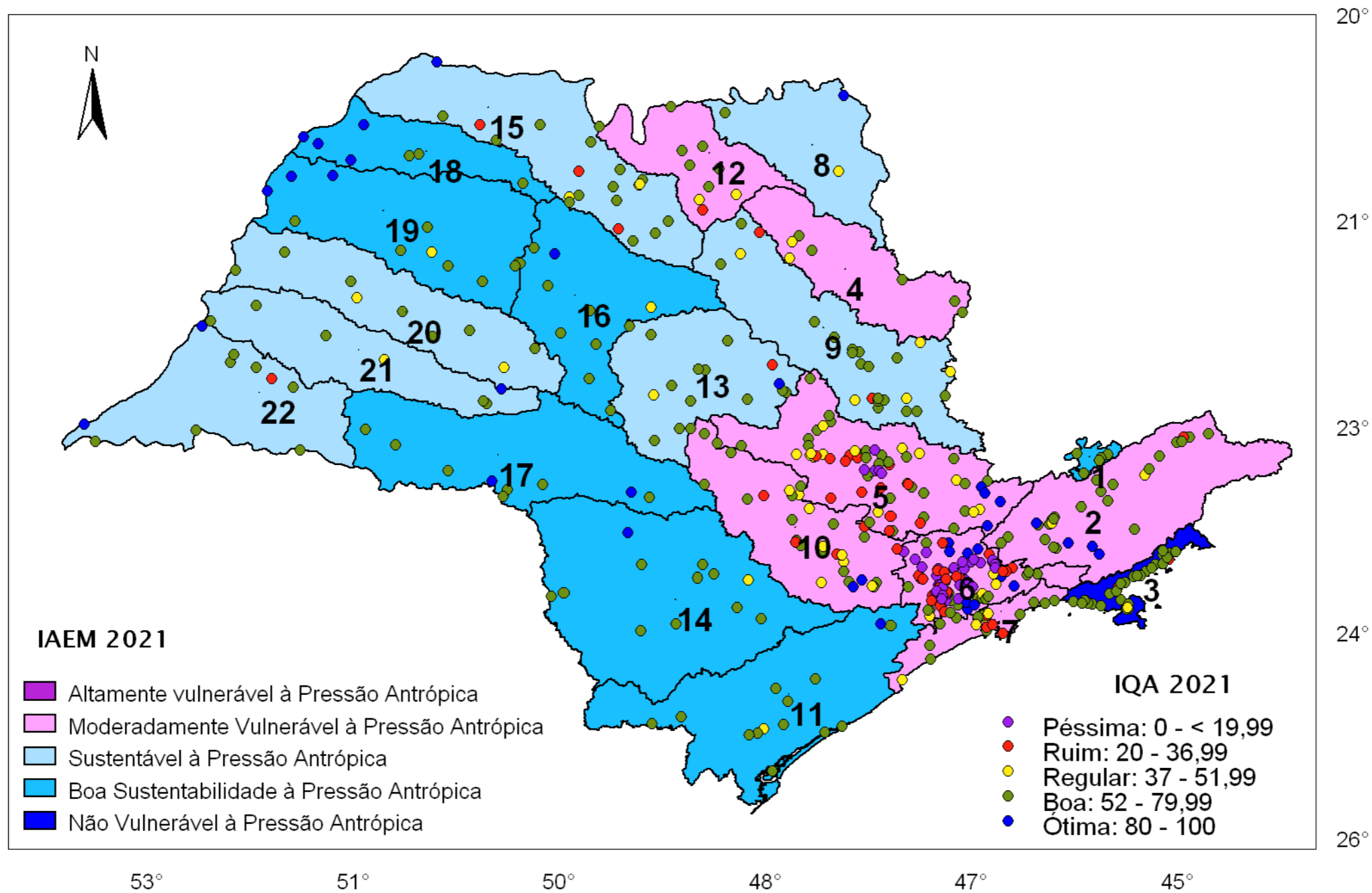
Tabela 6 – Dados originais para geração do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento 2021 e 2022

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2021								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE 0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGHRIs	Área Km²	POP. IBGE 2021	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2021
1	675	70.463	104,39	1	59,09	5	7,41	0,69
2	14.444	2.271.905	157,29	4	62,59	31	2,15	0,47
3	1.948	345.844	177,54	1	64,85	31	15,91	0,80
4	8.993	1.275.223	141,80	3	61,52	7	0,78	0,50
5	14.178	5.972.714	421,27	4	49,83	66	4,66	0,48
6	5.868	21.857.224	3.724,82	4	37,12	101	17,21	0,36
7	2.818	1.897.551	673,37	4	54,70	19	6,74	0,44
8	9.125	750.037	82,20	3	64,89	2	0,22	0,51
9	15.004	1.647.517	109,81	3	58,92	21	1,40	0,52
10	11.829	2.177.771	184,10	4	56,03	30	2,54	0,46
11	17.068	381.848	22,37	1	68,79	14	0,82	0,67
12	7.239	363.816	50,26	3	57,36	9	1,24	0,50
13	11.779	1.676.436	142,32	3	61,79	15	1,27	0,52
14	22.689	785.962	34,64	1	71,23	12	0,53	0,68
15	15.925	1.385.672	87,01	2	58,88	21	1,32	0,58
16	13.149	572.261	43,52	2	70,31	11	0,84	0,61
17	16.749	731.474	43,67	2	73,05	9	0,54	0,61
18	6.783	240.282	35,42	2	78,75	6	0,88	0,63
19	15.588	843.277	54,10	2	72,39	12	0,77	0,61
20	13.196	391.779	29,69	2	62,29	10	0,76	0,58
21	10.769	490.809	45,58	2	68,81	6	0,56	0,60
22	12.395	519.267	41,89	2	66,68	10	0,81	0,60
SP	248.219,5	46.649.132	187,94	3	62,72	448	1,80	12,42
ESTADO de SÃO PAULO								∑ IAEM 2021

Matriz de Análise Multi-criterial para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento-Estado de São Paulo: Ano 2022								
Fatores Analisados:			Antrópico (Custos)		Monit. Ambiental (Benefícios)			Resultado IAEM (ÍNDICE0-1)
Dados Originais		Critérios	Dens. Pop.	Macro Uso-Solo	Média anual IQA/ UGHRI	Núm. Pontos Calc.	Dens.Rede Básica	
UGHRIs	Área Km²	POP. IBGE 2022	hab/km²	fator de pressão 1 a 4	Índice (0-100)	unidade	Ptos./1000 km²	IAEM 2022
1	675	65.791	97,47	1	59,99	5	7,41	0,69
2	14.444	2.180.343	150,95	4	58,64	33	2,28	0,46
3	1.948	344.329	176,76	1	65,34	31	15,91	0,80
4	8.993	1.220.603	135,73	3	62,96	13	1,45	0,51
5	14.178	5.804.349	409,39	4	51,83	91	6,42	0,52
6	5.868	20.565.456	3.504,68	4	36,42	100	17,04	0,36
7	2.818	1.805.451	640,69	4	55,84	19	6,74	0,44
8	9.125	710.610	77,88	3	64,65	18	1,97	0,53
9	15.004	1.536.548	102,41	3	57,49	38	2,53	0,54
10	11.829	2.138.641	180,80	4	54,94	31	2,62	0,45
11	17.068	369.859	21,67	1	68,95	14	0,82	0,67
12	7.239	343.385	47,44	3	57,53	10	1,38	0,50
13	11.779	1.606.394	136,38	3	61,04	16	1,36	0,51
14	22.689	750.777	33,09	1	68,03	12	0,53	0,66
15	15.925	1.366.892	85,83	2	60,95	21	1,32	0,59
16	13.149	547.309	41,62	2	65,16	11	0,84	0,59
17	16.749	697.166	41,62	2	68,85	9	0,54	0,59
18	6.783	232.027	34,21	2	77,76	6	0,88	0,62
19	15.588	796.172	51,08	2	69,69	12	0,77	0,60
20	13.196	372.700	28,24	2	64,26	12	0,91	0,59
21	10.769	474.685	44,08	2	63,40	7	0,65	0,58
22	12.395	490.972	39,61	2	67,05	10	0,81	0,59
SP	248.219,5	44.420.459	178,96	3	61,85	519	2,09	12,39
ESTADO de SÃO PAULO								∑ IAEM 2022

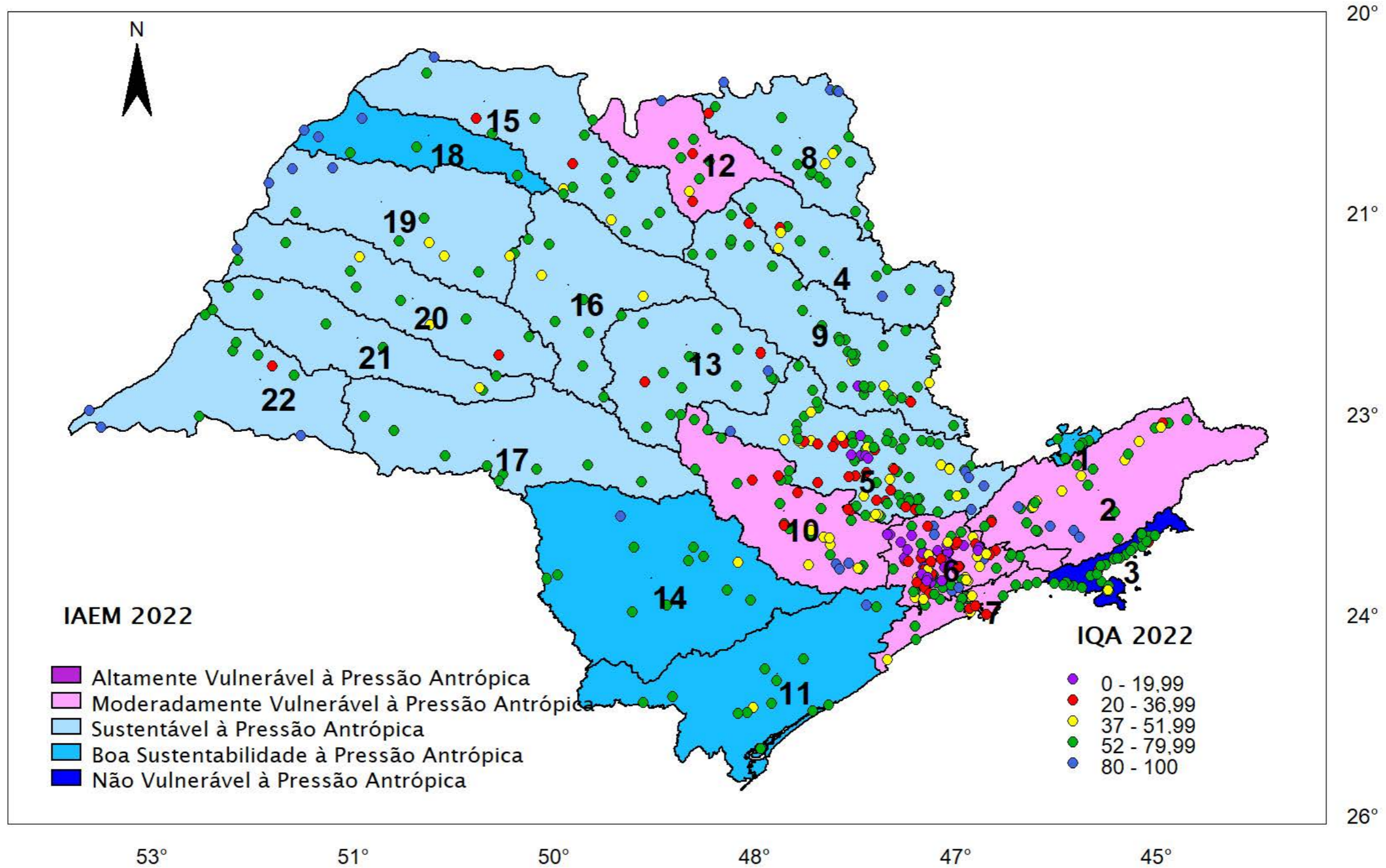
Mapa 2 – Situação das UGRHs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2021

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2021 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHs



Mapa 3 – Situação das UGRHIs no Estado de São Paulo em função do IAEM – 2022

Mapa do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento de Água - 2022 - Estado de São Paulo e suas 22 UGRHIs



Segundo os resultados do IAEM 2022, somente a UGRHI 03 - Litoral Norte foi classificada com o monitoramento **“Muito Abrangente/Não vulnerável” à pressão antrópica:**

- A unidade manteve ainda altíssima densidade de pontos - 15,91 pontos/1.000 km² na rede básica, pois tem muitos rios que nascem na Serra do Mar e drenam diretamente para o mar. A UGRHI 3 - Litoral Norte, em seus 31 pontos amostrados apresentou pequeno aumento na média anual do IQA 65,34 (2022) contra 64,85 de 2021 (ambas com Boa qualidade). O IAEM permaneceu igual em 0,80 (2021/2022), **“Muito Abrangente/Não vulnerável” à pressão antrópica.**

Quatro UGRHIs foram classificadas na categoria **“Abrangente/Boa Sustentabilidade” “Abrangente/Boa Sustentabilidade”**, frente à pressão antrópica, conforme os critérios do IAEM de 2022. Três unidades cujo macroúso é ponderado pelo fator de pressão antrópica 1, com grandes unidades de conservação: As UGRHIs 1, 11 e 14 descritas abaixo:

- A UGRHI 1 – Mantiqueira, que permanece com cinco pontos de amostragem e densidade de 7,41 pontos/1.000 km², igual de 2021. A média do IQA subiu 59,09 (qualidade Boa) em 2021 para 59,99 (qualidade Boa) em 2022. Com isso, sem alterações significativas, o IAEM não variou e ficou em 0,69 em ambos os anos.
- A UGRHI 11 - Ribeira de Iguape/Litoral Sul, que continua a apresentar a menor pressão antrópica do estado, com densidade populacional de 21,67 hab./km² em 2022. Os 14 pontos monitorados em 2022 resultam em densidade em 0,82 pontos/1.000 km², ainda abaixo do recomendado. A média do IQA 68,95 (Boa qualidade) foi muito semelhante em relação ao ano de 2021, onde foi de 68,79 (Boa qualidade). Como não houve alterações dos critérios formadores do IAEM, a média permanece em 0,67, igual ao ano anterior.
- A UGRHI 14 - Alto Paranapanema, cujo IAEM caiu de 0,68 para 0,66, permanece na mesma classe. A unidade continua a apresentar baixa pressão antrópica graças a sua densidade populacional de 33,09 hab./km² em 2022. Os 12 pontos previstos para 2022 foram executados, tal como em 2021, e assim sua densidade se manteve a mesma, de 0,53 pontos/1.000 km², metade do recomendado. O IQA médio desta unidade continua com Boa qualidade, apenas diminuindo a sua média anual de 71,23 em 2021 para 68,03 em 2022.

Ainda classificada na categoria **“Abrangente/Boa Sustentabilidade”** temos a UGRHI 18 - São José dos Dourados, com macroúso agropecuário (fator de ponderação 2).

- A UGRHI 18 - São José dos Dourados, cuja pressão antrópica permanece estável, manteve a densidade populacional entorno de 35 hab./km² tanto em 2021 como em 2022. Esta UGRHI possui 6 pontos monitorados que resultaram na densidade de 0,88 pontos/1.000 km². Destaca-se que nesta unidade foi obtida a melhor nota do IQA no Estado de São Paulo em 2022: O ponto ISOL 02995, localizado no Reservatório de Ilha Solteira teve IQA de 91,96 (qualidade Ótima). Não obstante a média do IQA variou de 78,75, em 2021, para 77,76 (Boa qualidade), em 2022 que também foi a maior média dentre todas as outras unidades do estado: O IAEM caiu de 0,63 para 0,62. Assim, a rede de monitoramento na UGRHI permanece classificada como **“Abrangente/Boa Sustentabilidade”**.

Foram 12 as UGRHIs classificadas com o Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento como **“Suficiente/Sustentável”**: São elas: 7 do conjunto das agropecuárias, quatro unidades do conjunto de UGRHIs com macro uso do solo em industrialização: e mais uma unidade do grupo das unidades industrializadas:

As 7 UGRHIs do conjunto de macro uso predominantemente agropecuário foram as seguintes:

A UGRHI 15 - Turvo/Grande, que continua a ser a única do grupo das agropecuárias com acima da densidade recomendada, com 1,32 pontos/1000 km², executando em 2022 todos os 21 pontos planejados. A média anual do IQA foi classificada na categoria (Boa qualidade), com 58,88 em 2021, melhorando para 60,95 (Boa qualidade) em 2022. O IAEM variou positivamente de 0,58 para 0,59 em 2022, mas não houve alteração de categoria, permanecendo como "Suficiente/Sustentável".

- A UGRHI 16 - Tietê/Batalha, que permanece na mesma categoria do ano anterior "Suficiente/Sustentável", onde o IAEM subiu de 0,59 para 0,61. A unidade mantém baixa densidade demográfica com 41,62 hab./km² em 2022 e 547.309 habitantes, portanto, pressão antrópica é praticamente estável. Essa UGRHI, que já possuía densidade de pontos abaixo do recomendado, monitorou os mesmos 11 pontos previstos no intervalo 2021/2022 e obteve assim densidade de 0,84 pontos/1.000 km². A média do IQA caiu de 70,31 em 2021, para 65,16 em 2022, mas mantendo a Boa qualidade em ambos os anos.
- A UGRHI 17 – Médio Paranapanema, que possuía uma população de 697.166 habitantes em 2022 (IBGE,2022), mantendo assim baixa densidade demográfica 41,62 hab./km². Entre 2021 e 2022 como previsto monitorou 9 pontos (0,54 pontos/1.000 km² permanecendo estável este critério. Houve uma queda na média anual do IQA de 73,05 (2021) para 68,85 (2022), mas mantendo a Boa qualidade. O IAEM do ano anterior foi de 0,59 e subiu para 0,61 "Suficiente/Sustentável". no período.
- A UGRHI 19 - Baixo Tietê, deixou a categoria **Abrangente/Boa Sustentabilidade** uma vez que o IAEM foi 0,61 em 2021 para 0,60 em 2022, classificando-se assim como "Suficiente/Sustentável" frente à pressão antrópica. Em 2022, tal como no ano anterior, manteve os 12 pontos previstos para a rede básica, com densidade de 0,77 pontos/1.000 km², ainda abaixo do recomendado. Este fator foi compensado pela baixa densidade demográfica, que esteve entorno de 51,08 hab./km² em 2022 e também devido ao macro-uso do solo ser ponderado pelo fator 2. O IQA Médio anual da unidade oscilou um pouco para baixo, com a média anual passando de 72,39 para 69,69 (Boa qualidade em ambos os casos).
- A UGRHI 20 –Aguapeí, que tal como 2021 manteve-se na mesma categoria do IAEM "Suficiente/Sustentável", porém com a média subindo de 0,58 em 2021 para 0,59. Além disto, essa UGRHI aumentou de 10 pontos (2021) para 12 pontos (2022) e densidade foi para 0,91 pontos/1.000 km², aproximando um pouco mais da densidade recomendada. O IQA médio se manteve com qualidade Boa em ambos os anos estudados: 62,29 (2021) e 64,26 (2022). O fator da densidade populacional continua a atuar favoravelmente na nota do IAEM, pois a unidade permanece com baixa densidade populacional, mantendo-se em 28 hab./km² no período estudado, o que indica baixa pressão antrópica sobre seus recursos hídricos.
- A UGRHI 21 – Peixe, que apesar de ter mantido baixa densidade populacional, estável no período avaliado, entorno de 44 hab./km² obteve IAEM de 0,60 em 2021 e 0,58 em 2022 e oscilou negativamente, mas permanece -se na mesma categoria "Suficiente/Sustentável". Esta unidade passou de seis pontos (2021) para 7 em 2022, mas continua apresentando baixa densidade de pontos de monitoramento com 0,65 pontos/1.000 km² em 2022. Em relação à qualidade de água, apresentou média anual do IQA de 68,81 em 2021 e caiu para 63,40 em 2022, sendo ambos os anos estas

notas são classificadas como de água bruta de Boa qualidade.

- A UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, que em 2021 estava com IAEM 0,60 e desceu para 0,59 “Suficiente/Sustentável”, mas mantendo-se na mesma classe. Tanto em 2021 como em 2022 monitorou 10 pontos, cuja densidade ficou em 0,81 pontos/1.000 km², permanecendo estável estes dois critérios. A média do IQA anual foi classificada como de Boa qualidade em 2021 (66,68) e muito semelhante à média de 2022, 67,05 (Boa qualidade). Já quanto a pressão antrópica, a população desta UGRHI foi recenseada pelo IBGE 2022 em 490.972, com a densidade demográfica entorno de 39,61 hab./km², manteve-se estável.

Mais quatro unidades do grupo das UGRHIs com macro uso do solo em industrialização

- A UGRHI 4 - Pardo, que ascendeu da categoria “Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade Significativa” para “Suficiente/Sustentável”. Em 2021, em função de maiores restrições de análise laboratoriais só obteve 7 pontos coletados e assim a densidade de pontos foi de 0,78 pontos/1.000 km². Em 2022 voltou a monitorar 13 pontos (1,45 pontos/1.000 km²) e obteve a densidade territorial mínima da CEE. Além disto, a média anual de IQA 61,52 (Boa qualidade) em 2021 foi para 62,96 (2022) e com isto a nota do IAEM aumentou de 0,50 (2021) para 0,51 em 2022.
- A UGRHI 8 - Sapucaí/Grande permaneceu nesta categoria com o monitoramento “Suficiente/Sustentável”, pois tinha IAEM de 0,51, em 2021 e alcançou 0,53 em 2022. A unidade manteve a densidade populacional entorno de 77,88 hab./km² em 2022, e a população total atingiu 710.610 habitantes, conforme resultados preliminares do CENSO 2022 (IBGE,2022). Já quanto ao número de pontos monitorados, houve progresso no biênio 2021/2022 por reflexos das restrições de coletas específicas desta unidade em 2021 (apenas 2 pontos 0,22 pontos/1.000 km²). Mas unidade voltou a ter 18 pontos e densidade subiu para 1,97/1.000 km² em 2022. Por fim, o IQA médio anual foi praticamente igual 64,89 (Boa qualidade), e 64,65 em 2022.
- A UGRHI 9- Mogi-Guaçu, com 1.536.548 habitantes (2022) possui pressão antrópica relevante com densidade populacional de 102,41 hab./km². Em 2021 a rede de monitoramento conseguiu realizar somente 21 pontos com mais de três coletas e com isso a densidade foi de 1,40 pontos/1.000 km². Mas 2022 retornou com 38 pontos e a densidade subiu para 2,53 pontos/1.000 km². No entanto a média do IQA oscilou um pouco no período comparado, passando 58,92 em 2021 para 57,49, ambas com (Boa qualidade). O IAEM melhorou de 0,52 “Suficiente/Sustentável” 0,54 para em 2022, demonstrando a importância da abrangência espacial do monitoramento.
- E a UGRHI 13 - Tiete/Jacaré, com 1.606.394 habitantes (2022) onde o IAEM foi de 0,51 para 0,52 mantendo-se na mesma categoria no período comparado: Suficiente/Sustentável”. A unidade amostrou 15 pontos em 2021 (com 1,27 pontos/1.000 km²) e 16 pontos em 2022 com densidade de 1,36 pontos/1.000 km² superando assim o mínimo recomendado. Já a respeito da média anual do IQA, verifica-se que foi muito semelhante: 61,04 (2022) contra 61,79 (2021) ambas demonstrando Boa qualidade da água.

E mais uma unidade do grupo das unidades industrializadas:

- A UGRHI 5 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí, de macro-uso industrial é a segunda UGRHI mais populosa do estado, com 5,8 milhões de habitantes (2022), portanto, com pressão antrópica bastante significativa. Em 2021 monitorou 66 pontos estava com densidade de 4,66 pontos/1.000 km². Já em

2022 executou os 91 pontos planejados e a densidade subiu para 6,42; sendo 6 vezes maior que o recomendado. Quanto à nota do IQA médio houve melhora, pois foi registrada média anual de 49,83 em 2021 e 51,83 em 2022, indicando qualidade Regular em ambos os anos. Com a melhora destes critérios, o IAEM desta unidade aumentou de 0,48 “**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade Significativa**”, e subiu para a categoria “**Suficiente/Sustentável**”, com IAEM 0,52.

O número de UGRHIs que foram classificadas com o IAEM “**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade Significativa**” diminuiu de 7 em 2021 para 5 em 2022. Ressalta-se que todas estas 5 unidades, abaixo descritas, já estavam contempladas na mesma classificação em 2021, não havendo, portanto, melhora de classe entre elas.

Uma UGRHI com macroúso do solo em industrialização (com fator de ponderação 3):

- A UGRHI 12 - Baixo Pardo/Grande, que têm mantido a variável da pressão antrópica (densidade demográfica) baixa no intervalo apresentado, aproximadamente 50 hab./km². Em 2021, foram monitorados 9 pontos e atingiu a densidade de pontos recomendada, com densidade de 1,24 pontos/1.000 km². Já em 2022, com o acréscimo de um ponto de monitoramento, a densidade atingiu 1,38 pontos/1.000 km². O IQA médio anual manteve qualidade Regular, com valores 57,53 e 57,36 para os anos 2021 e 2022, respectivamente. Com isso, não houve variação no IAEM, mantendo-se em 0,50 e permanecendo na categoria Vulnerável.

E, mais 4 UGRHIs de IAEM “**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade significativa**”, com predominância de UGRHIs de macroúso do solo de uso industrial com fator 4 de ponderação, o que influencia negativamente na componente de pressão antrópica do índice. Os motivos são:

- A UGRHI 2 - Paraíba do Sul, onde vivem 2.180.343 habitantes (2022), e densidade de 150,95 hab./km² com pressão antrópica relevante. A média do IQA 58,64 (Boa qualidade (2022) caiu em relação à média de 62,59 (Boa qualidade) do ano anterior. O número de pontos na UGRHI permanece o mesmo: 31 pontos monitorados. Dentre as unidades com predominância de macroúso industrial, foi a UGRHI que apresentou a menor densidade de pontos no ano de 2022, com 2,28 pontos/1.000 km². O IAEM variou negativamente de 0,47 para 0,46, portanto ainda dentro da categoria “**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade significativa**” devido à pressão antrópica existente.
- A UGRHI 6 - Alto Tietê, cujo índice IAEM considerada vulnerável à pressão antrópica e registrou exatamente a mesma nota do ano anterior: 0,36, permanecendo na categoria “**Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade significativa**”. Essa continua a ser a UGRHI classificada com a pior nota do IAEM. Os seguintes fatores explicam sua classificação:
 - Alta vulnerabilidade frente à pressão antrópica existente na região, pois conta com uma população total de 20.565.456 habitantes em 2022. Assim, apresenta altíssima densidade demográfica, com 3.504,68 hab./km², concentrados no entorno das duas maiores cidade do Estado de São Paulo, onde já habitam 12.200.180 residentes em São Paulo, e 1.383.272 em Guarulhos (IBGE PRÉVIA CENSO 2022).
 - A rede de monitoramento de água na UGRHI 6 - Alto Tietê atingiu 100 pontos em 2022, sendo o maior número de pontos por UGRHI no estado. Com isto também apresentou uma densidade de 17,04 pontos/1.000 km², sendo também a mais densa rede do Estado. Muitos pontos pertencentes ao Projeto Novo Pinheiros e ao Projeto Mananciais foram incorporados na Rede Básica em 2022, razão da manutenção deste alto número.

- A Média do IQA 36,42 (Qualidade Regular) em 2022 caiu em relação à de 2021 (37,12) principalmente devido aos pontos que foram colocados em locais sensíveis, tais como afluentes do Rio Pinheiros, juntamente com os antigos pontos do projeto FEHIDRO mananciais, que mantiveram a média do IQA na classe regular. O ponto GVIT 00900, situado na foz do Córrego Guavirutuba, junto a Represa de Guarapiranga, registrou tal como em 2021, a pior nota do IQA com valores de 10,87 (Qualidade Péssima) e 12,1 (Qualidade Péssima) em 2022.
- A UGRHI 7 - Baixada Santista, em 2022, tal como no ano anterior, apresentou-se com monitoramento dos 19 pontos planejados e densidade de 6,74 pontos/1.000 km². A média do IQA permaneceu estável no intervalo comparado (de 54,70 para 55,84, ambas na faixa de qualidade Boa). Já a pressão antrópica existente continua presente, com cerca de 1,8 milhões de habitantes. A densidade demográfica também permaneceu muito alta em 2022, de 640,69 hab./km², sendo a segunda maior do Estado. Com isto o IAEM permaneceu o mesmo: 0,44, dentro na categoria **"Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade significativa"**.
- A UGRHI 10 - Sorocaba/Médio Tietê, também bastante urbanizada e industrializada, possui 2.138.641 habitantes e tem mantido a pressão antrópica semelhante aos anos anteriores. O número de pontos (30 pontos) em 2021 aumentou para 31 em 2022 e a densidade subiu para 2,62 pontos/1.000 km². O IQA obteve média anual com qualidade Boa (de 56,03 e 54,94, respectivamente para os anos 2021 e 2022). O índice IAEM permaneceu na mesma categoria **"Pouco Abrangente/ Vulnerabilidade significativa"**, com notas de 0,45 (2021) e 0,46 (2022).

Finalmente, em 2022, tal como em 2021, nenhuma UGRHI esteve com nota baixa o suficiente para ser classificada com IAEM **"Insuficiente/ Alta vulnerabilidade à pressão antrópica"**.

3. Resultados e Conclusões

- No período de 2012/2022

Analisando-se a variação da abrangência do monitoramento entre 2012 e 2022, somente com o critério territorial, um dos fatores para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento, contemplou-se o seguinte cenário em 2012: somente 9 das 22 UGRHIs mantiveram-se dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km²; mas em 2022 a densidade mínima foi atingida por 13 das 22 UGRHIs. Já de acordo com os cenários do Índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHIs classificadas com o monitoramento **"Não vulnerável" à pressão antrópica** que havia sido de 14 UGRHIs em 2012 subiu para 17 em 2022. Resumindo-se: pode-se concluir que a comparação da rede de monitoramento de 2012/2022 que houve diminuição de unidades vulneráveis. De resto a somatória geral foi praticamente igual também pode ser visto pelo aumento da somatória geral do estado, que foi um pouco maior, passando de 12,40 (2012) para 12,39 (2022).

- No período de 2021/2022

De forma resumida, analisando a variação da abrangência do monitoramento, somente com o critério territorial – um dos fatores para caracterizar a abrangência da rede de monitoramento – obteve-se

o seguinte cenário: em 2021, metade das 22 UGRHIs estavam dentro do índice de densidade mínima de 1 ponto/1.000 km²; já em 2022 a densidade mínima foi atingida por 13 das 22 UGRHIs. De acordo com os cenários do índice de abrangência espacial do monitoramento - IAEM no período estudado, o número de UGRHIs classificadas com o monitoramento “**Não vulnerável à pressão antrópica**” que era de 7, em 2021, caiu para 5, em 2022. Dessa forma, pode-se concluir que a rede de monitoramento de 2022 já se recuperou dos impactos das restrições de coletas e análises laboratoriais e que houve diminuição de unidades classificadas como vulneráveis. Porém, houve pequena diminuição na somatória geral do estado, passando de 12,42 em 2021 para 12,39 em 2022.

Tabela 7 – Média do IAEM para cada uma das UGRHIs do Estado por ano comparado

UGHRI	IAEM 2012	IAEM 2021	IAEM 2022
1	0,62	0,69	0,69
2	0,48	0,47	0,46
3	0,81	0,8	0,8
4	0,50	0,50	0,51
5	0,54	0,48	0,52
6	0,30	0,36	0,36
7	0,46	0,44	0,44
8	0,54	0,51	0,53
9	0,54	0,52	0,54
10	0,45	0,46	0,45
11	0,66	0,67	0,67
12	0,50	0,50	0,50
13	0,50	0,52	0,51
14	0,66	0,68	0,66
15	0,58	0,58	0,59
16	0,63	0,61	0,59
17	0,60	0,61	0,59
18	0,60	0,63	0,62
19	0,63	0,61	0,6
20	0,59	0,58	0,59
21	0,59	0,6	0,58
22	0,61	0,60	0,59
∑ IAEM	12,4	12,42	12,39

4. Concepção e Metodologia do cálculo do IAEM - Índice de Abrangência Espacial de Monitoramento:

O IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento realiza uma análise multicriterial composta por dois grupos principais de variáveis: antrópicos e ambientais. A correlação espacial baseia-se em cinco fatores que executam uma análise integrada, portanto, indo além do critério de referência da densidade de pontos de cada UGRHI, firmado apenas na extensão territorial.

- *Critério antrópico*: onde são analisados fatores tais como a pressão populacional (estimada pela densidade populacional/km² e pelo macroúso do solo (conforme as ex-vocações das UGRHIs), que fornecem uma ideia das atividades económicas presentes majoritariamente ligadas a pressão antrópica existente em cada unidade; e
- *Critério ambiental*: relativo ao Monitoramento de Água da Rede básica da CETESB, com fatores relacionados ao número total de pontos que puderam gerar o IQA - Índice de Qualidade de Águas, a densidade de pontos de cada UGRHI e a média de qualidade da água (média anual do IQA por UGRHI).

Após a fase de análise multicriterial, os dados ficam sintetizados e disponíveis para a gestão das águas paulistas, facilitando a comparação pela da abrangência espacial e vulnerabilidade da rede de monitoramento entre as UGRHIs, para cada ano analisado conforme o universo de dados cada ano, e, possibilita mais subsídios ao planejamento anual da rede superficial de monitoramento. Dessa forma o índice gerado contribui para avaliar os avanços da rede de monitoramento estadual.

A matriz para geração do índice compõe-se de dois grupos, divididos em custos e benefícios (**Tabela 7** *Error! Reference source not found.*). O grupo de variáveis antrópicas (densidade populacional e macroúso do solo) é considerado como custo para o ambiente, pois no cálculo do índice IAEM influenciam negativamente, ou seja, podendo ocasionar degradação no sistema *hídrico*. Podem somar até 0,45 da nota máxima do índice que oscila de 0 a 1 (sendo 1 a melhor nota).

O grupo das variáveis ambientais está associado à gestão e ao resultado do monitoramento da qualidade de água, é considerado como benefício, pois estes fatores influenciam positivamente na análise, dado que, quanto maior a presença, melhor será a gestão do território e sua contribuição positiva para o índice. Equivalem a 0,55 da composição nota do IAEM.

Portanto, o resultado não é um índice que avalia a qualidade de água, mas sim um que afere a abrangência e a vulnerabilidade espacial da rede de monitoramento, dentro do contexto de cada UGRHI e no universo amostral de cada ano. Uma vez que a qualidade de água é um de seus componentes principais, bons resultados do IQA sempre podem contribuir para a melhora do índice IAEM (Midaglia, 2009).

Tabela 8 – Composição da Matriz de análise dos fatores da Análise Multicritério.

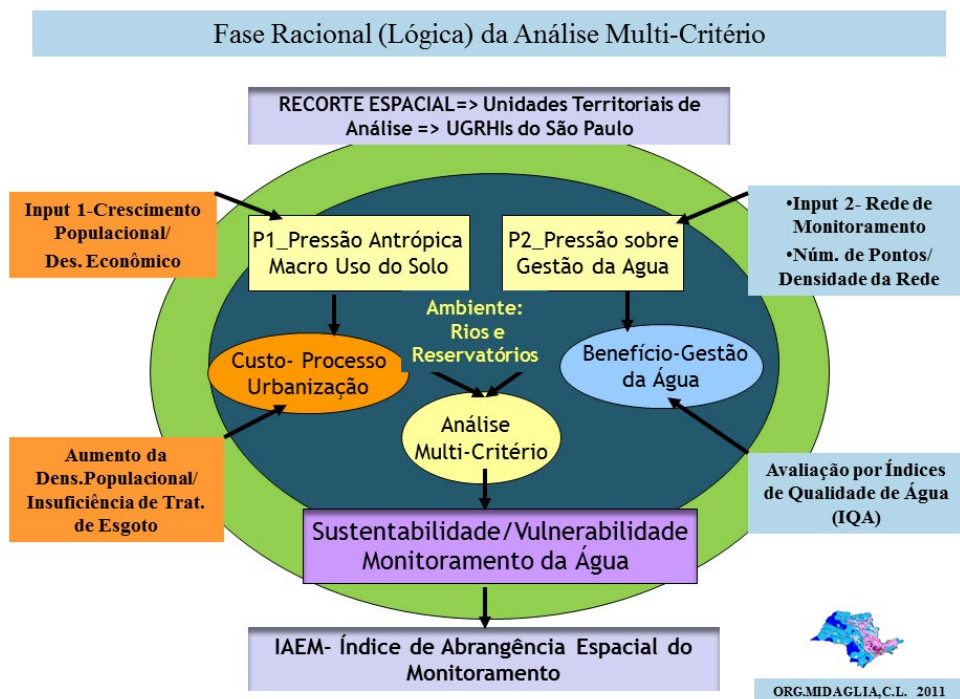
Critérios	Variável	Peso
Antrópico (Dens. Pop. e Macro Uso do Solo da UGRHI)	Dens. Pop.	0,25
	Atribuição da UGRHI	0,2
Custos	\sum Impactos	0,45
Ambiental (Monitoramento da Qualidade da Água)	Média Anual do IQA	0,3
	Num. Pontos	0,1
	Dens. de Pontos	0,15
Benefícios	\sum Gestão do Monitoramento	0,55
Total		1

- **Concepção do Índice:**

O desenvolvimento de novas métricas que sintetizem a informação é uma forma de evitar o consumo excessivo de tempo para a compreensão de fatores correlacionados. Desta forma, o desenvolvimento de indicadores e índices compostos tem evoluído muito mais recentemente.

As redes de monitoramento de qualidade de águas superficiais são instrumentos importantes na avaliação e na gestão do estado da qualidade de água, tanto por sua série histórica como pela distribuição geográfica dos locais avaliados.

De modo a detectar mudanças nos fatores utilizados para avaliar o progresso num âmbito mais abrangente para o monitoramento, foi desenvolvido o IAEM. Os indicadores consideram as particularidades de cada UGRHI. Isto significa, na prática, incluir além da densidade de pontos baseada apenas na extensão territorial, a atribuição da UGRHI, a qualidade ambiental da água (fator que representa o status da parcela da natureza) e considerar no mesmo âmbito a parcela da contribuição da ocupação antrópica (densidade populacional no mesmo espaço). A Figura 1 **Error! Reference source not found.** mostra a estruturação lógica idealizada para compor a matriz AMC, de análise multicritério.

Figura 1 – Estruturação Racional dos Critérios para Análise Multicritério do IAEM

A fase racional mostra o resumo da composição dos fatores com a função de verificar a relação de sustentabilidade do meio físico, aqui representado pelos recursos hídricos superficiais, (os rios e reservatórios). Exibe também como avaliar a sustentabilidade da rede, considerando-se a pressão populacional e o uso do solo, em função da densidade espacial da rede de cada ano. A inclusão dos resultados do IQA no grupo de benefícios resgata o valor histórico deste índice, o qual é utilizado pela CETESB há mais de 35 anos. O produto é o índice IAEM, que correlaciona os fatos básicos inerentes ao monitoramento da qualidade das águas a cada ano, buscando especializar e sintetizar as informações disponíveis sobre os resultados com a geração de cenários desde praticamente o início da rede de monitoramento de água bruta.

A adoção do IAEM/SCWMI – *Spatial Coverage Water Monitoring Index* promove a discussão e implementação de novas políticas voltadas ao gerenciamento e uso sustentável desse recurso natural, tal como usado em relatórios de planos de bacias. <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-SMT/6684/3brelatorio-situao-2018.pdf>. O índice foi relacionado no Banco de Indicadores do SIRGH para Gestão dos Recursos Hídricos – na Categoria: Resposta. http://143.107.108.83/sigrh/basecon/Caderno_Indicadores_Gestao_2014_setembro_2014.pdf. O delineamento metodológico está descrito a seguir:

4.1 Metodologia do cálculo do IAEM - Índice de Abrangência Espacial de Monitoramento:

O IAEM resulta de uma análise Multicritério, composta basicamente por dois grupos de variáveis pensadas para integrá-lo: antrópicos e ambiental. A fase seguinte consiste em se definir, como cada grupo de critério,

influencia na AMC- Análise multicritério. E isto é feito basicamente verificando-se qual a importância de cada componente e o significado de cada um deles. Ressalta-se que é uma análise subjetiva, podendo variar conforme o analista e seus interesses prioritários. Mas é fundamental dividi-los de maneira que possam ser entendidos como custo ou benefício para o avaliador. O grupo de variáveis antrópicas representam os custos, pois podem causar impactos no ambiente hídrico. E o grupo de benefícios, fatores que influem positivamente no resultado, tal como o conhecimento da rede de monitoramento, resultados e distribuição espacial.

Para cada um dos indicadores de ambos os grupos, necessita-se padronizar as variáveis, pois apresentam em valores expressos com diferentes unidades, de forma a torná-las comparáveis entre si. Sem isto não existe a menor possibilidade de fazer a tabela AMC e obter uma comparação óbvia entre elas. A partir da padronização, poderão ser confrontados, somados ou multiplicados ou entre si.

Existem vários métodos de transformar as unidades de medida de cada um dos critérios em unidades comparáveis. Neste caso, foram utilizados dois métodos: **padronização máxima** e **padronização intervalada**. Durante este processo, percebe-se como cada critério é transformado em unidades comparáveis, e como se comportam uns em relação aos outros.

As seguintes equações transformam os valores originais, de cada UGRHI, dentro de razão de proporção, em uma escala que varia entre 0-1.

- **Padronização máxima:** Este método transforma os valores reais para um valor adimensional entre 0 e 1. Nas condições de benefícios, o maior valor da série será padronizado para um valor igual a 1 e, quando existir na série um valor igual a zero, o valor de padronização será igual ao seu número original (zero). Para as condições de custo ocorre o inverso, isto é, o maior valor da série, será padronizado a zero e quando existir na série um valor igual a zero, o valor padronizado será igual a 1. Qualquer cifra entre o máximo e o mínimo da série será padronizado a uma razão proporcional à série.

As padronizações máximas são regidas pelas seguintes equações lineares:

Equação de Padronização Máxima para Custos:

$$x_i = 1 - \left(\frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série}} \right)$$

Equação de Padronização Máxima para Benefícios:

$$x = \frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i}{\text{maior valor real do critério na série}}$$

- **Padronização intervalada:** Este método transforma valores reais para um valor adimensional entre 0 e 1. Para as condições de benefícios, o maior valor da série será padronizado para um valor igual a 1 e o menor valor da série será padronizado para um valor igual a zero. Para as condições de custo ocorre o inverso, o maior valor da série será padronizado a 0 e o menor valor da série será padronizado para um igual a 1. Usam-se as seguintes equações:

A Equação de Padronização Intervalada para Custos é mostrada a seguir:

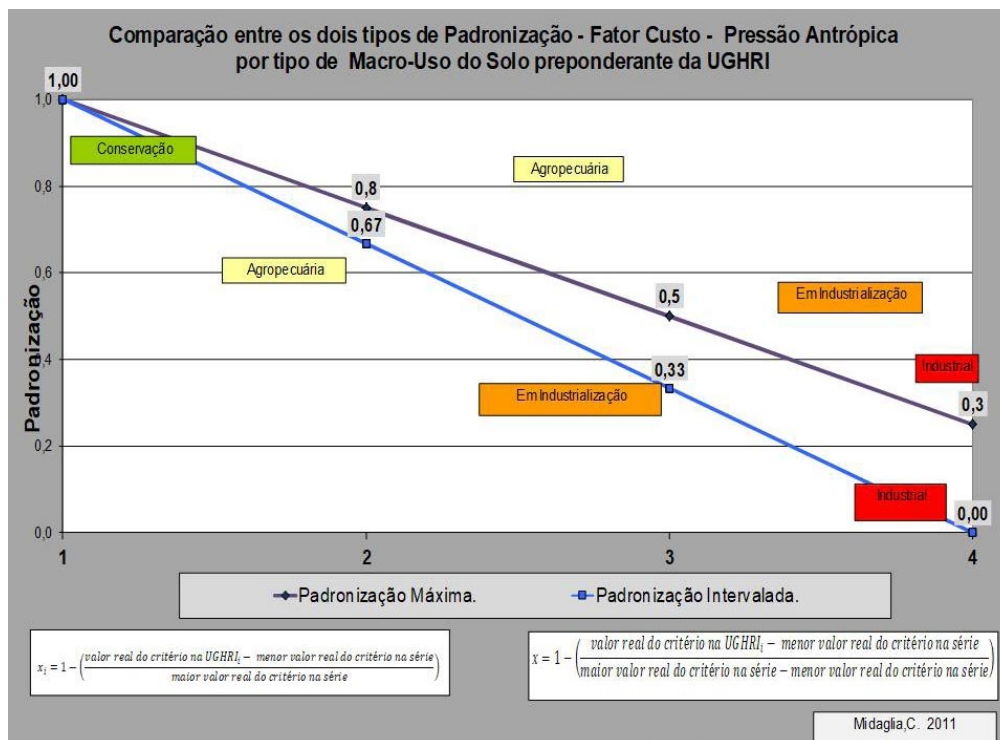
$$x = 1 - \left(\frac{\text{valor real do critério na UGHRI}_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série} - \text{menor valor real do critério na série}} \right)$$

Enquanto a Equação da Padronização Intervalada para Benefícios é:

$$x = \frac{\text{valor real do critério na } UGHRI_i - \text{menor valor real do critério na série}}{\text{maior valor real do critério na série} - \text{menor valor real do critério na série}}$$

A Figura 2 **Error! Reference source not found.** revela um exemplo da diferença dos tipos de padronização para o critério atribuição das UGRHIs quando ponderadas pelo fato de pressão de 1 a 4.

Figura 2 – Comparação dos valores gerados padronizados



- **Material de Análise:**

A comparação dos cenários anuais de dados originais para dos vários anos das tabelas com os dados originais publicadas no corpo principal do RAS, e levam em conta que são todos fatores correlacionados para possibilitar a geração do índice IAEM.

São as seguintes as fontes dos dados para compor as Matrizes AMC Anuais para geração do IAEM - Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento para os anos estudados são obtidos a partir das seguintes:

- **Número de Pontos, densidade e dados de qualidade (IQA)** – Relatórios anuais de qualidade de Água – CETESB. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>
- **Dados da população:** são obtidos no site do IBGE (www.ibge.gov.br) ou em divulgações publicada no Diário Oficial da União, anualmente.
- **Macroúso do Solo-** Foi baseado na Atribuição da UGRHI, segundo o anexo III da Lei 9034 de 1994 (PERH); LEI Nº 16.337, DE 14 de dezembro de 2016, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. (<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20161215&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=1>) e <https://www.al.sp.gov.br/norma/180242>

Entretanto, foi publicado um novo art. 28 da Lei 16.337/2016 revogando a Lei 9.034/1994, onde constava essa classificação por “vocação” onde constava essa classificação de um dos critérios antrópicos, a atribuição das UGRHs por “vocação”. Na nova Lei 16.337/2016 não existe mais essa classificação, mas sim aquela dada pelo Anexo III da mesma, isto é, uma caracterização geral, atualizada por meio dos Relatórios de Situação. Mas para manter o critério de comparação, a ponderação originalmente delineada na proposta do índice, a vocação, referindo-se, genericamente, o macroúso do solo preponderante das UGRHs e permanecerá utilizado no cálculo, com pesos variando de 1 a 4.

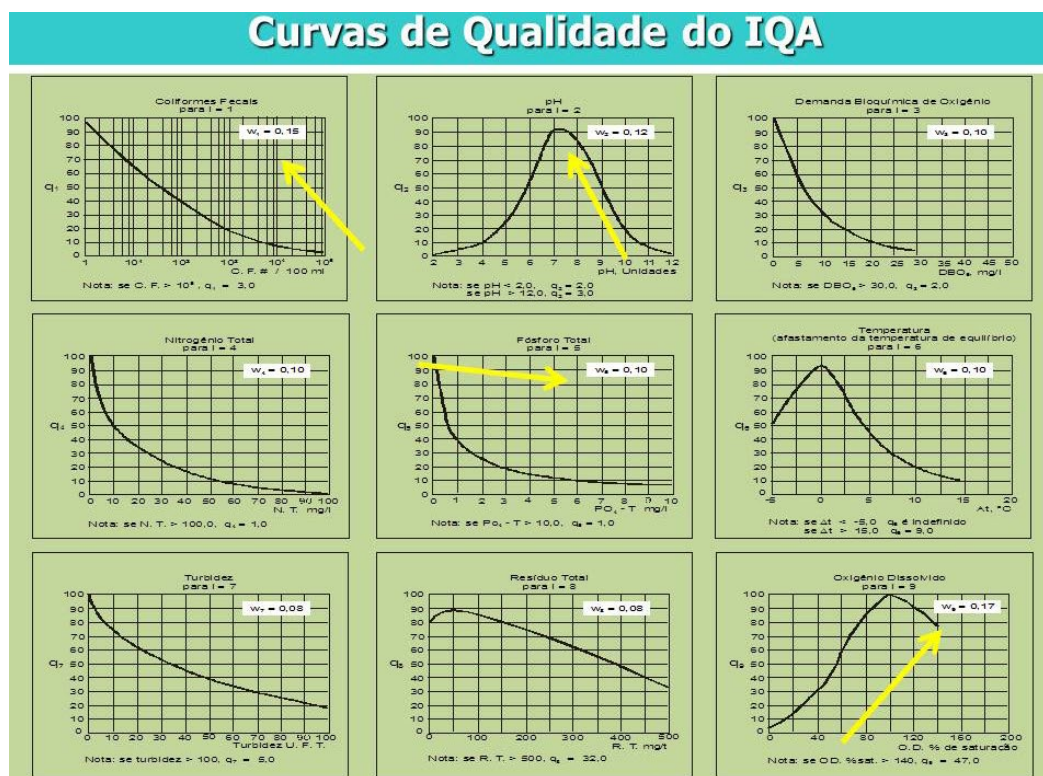
Assim, dentro do critério antrópico, continuam sendo analisados enquanto custos dois fatores: a pressão populacional estimada pela densidade populacional/km², de cada ano e, pelos macroúso do solo, conforme a classificação das principais antigas ex-vocações das UGRHs. Ambos fornecendo uma ideia da pressão antrópica existente em cada unidade.

- O fator IQA sem normalizar:

O IAEM reconhece a importância e o valor histórico do IQA- Índice de Qualidade de Água, no monitoramento da qualidade de água, utilizado pela CETESB há mais de 40 anos, e através da inserção de suas médias anuais como parte de sua composição do Índice, com peso de 0,30.

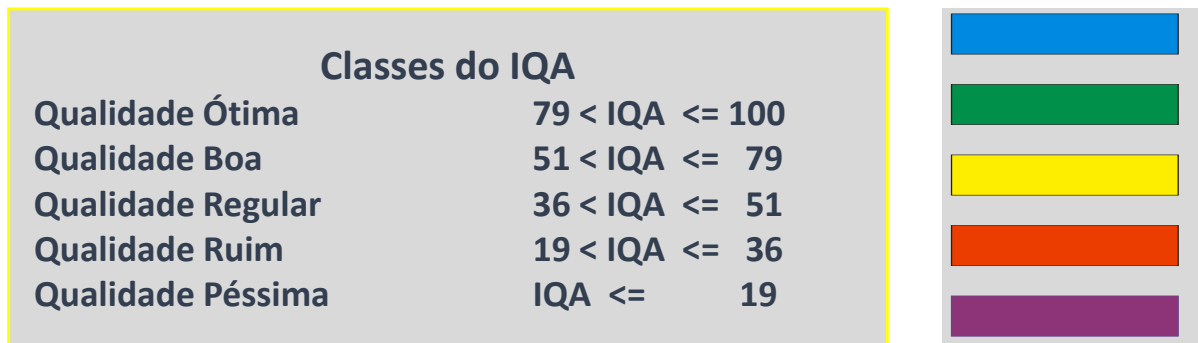
A nota do IQA-Índice de Qualidade de Água-utilizado pela CETESB desde 1975, foi regulamentado pelo decreto Estadual 8468, de 1976 com vistas a servir de informação básica para o público em geral, bem como para o gerenciamento das águas superficiais. (CETESB, 1980). Os resultados representam uma média ponderada de 9 parâmetros (Figura 3 **Error! Reference source not found.**) para expressar a qualidade das águas, com maior facilidade de comunicação para público especializado ou não.

Figura 3 – Pesos dos parâmetros do IQA – Índice de Qualidade de Água



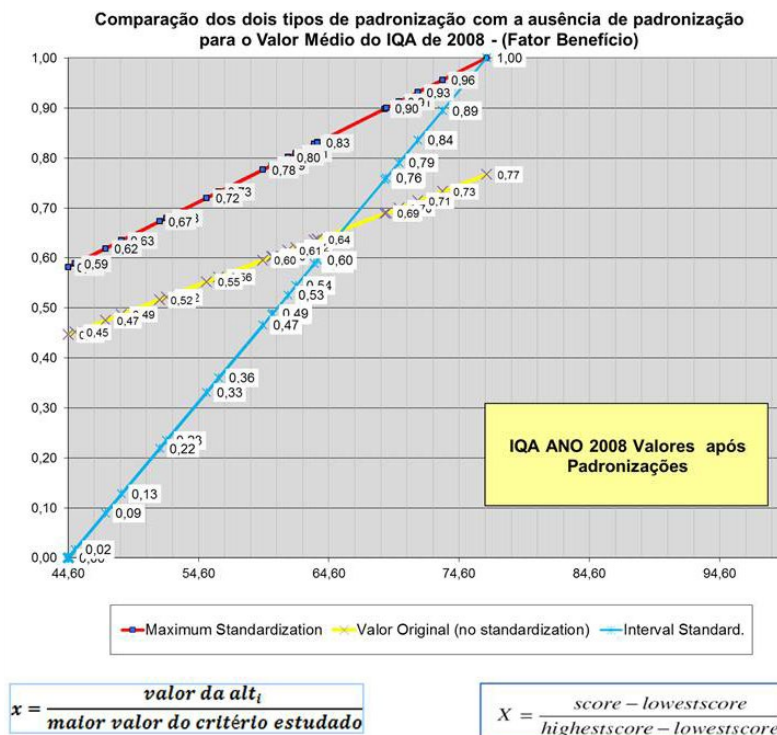
Porém, ainda que tenha sido escolhido o método de padronização intervalada, a normatização do IQA foi questionada. Como esta nota já é resultado de um produtório ponderado cujo intervalo varia de 0 a 100, (Figura 4 **Error! Reference source not found.**) não se necessitaria submetê-la a nova normatização/ padronização que poderia resultar em uma transformação equivocada, pois poderia subestimar ou superestimar os resultados da nota da qualidade da água (IQA).

Figura 4 – Classes do IQA – Índice de Qualidade de Água



A sugestão foi considerada como uma contribuição positiva para a revisão da proposta original e foi incorporada. Portanto, mostram-se os valores que contemplam esta revisão, ainda que em termos de avaliação da melhor *performance* por unidade por ano, e isto possa dificultar a avaliação comparativa (Figura 5 **Error! Reference source not found.**). Porém, como não é o objetivo principal, decidiu-se aceitar esta sugestão e assim foi apresentado no 2º. CARTOGEO (disponível em <http://www.2cartogeo.com.br/index.asp>) em 2011.

Figura 5 – Exemplo dos tipos de Padronização sobre o valor original do IQA 2008



Em 2012 foi apresentado como proposta de solução na plataforma online do 6º Fórum Mundial de Águas em Marseilles, na França (<http://www.solutionsforwater.org/solutions/proposal-of-implementation-of-an-spatial-coverage-water-monitoring-index-scwmi#item-header-targets>).

Por fim, os resultados numéricos sintetizados por unidade, com médias para cada UGRHI, são classificados conforme os intervalos do índice, que oscilam de 1 (melhor situação) até 0 (pior situação) distribuídos nas 5 faixas e 2 classes, com as respectivas denominações, quanto ao nível de pressão antrópica exercida na UGRHI. A tabela sofreu em 2022 alteração na denominação das classes referentes aos termos utilizados na coluna “Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água”, em relação aos anos anteriores:

Tabela 9 – Classes do Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento (IAEM)

IAEM-Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento		Intervalos		Sustentabilidade do Monitoramento da Qualidade de Água	Status do Monitoramento da Qualidade X Pressão Antrópica
Classes	Muito Abrangente	1	0,756	Não Vulnerável	Não Vulnerável
	Abrangente	0,755	0,606	Boa Sustentabilidade	
	Suficiente	0,605	0,506	Sustentável	
	Pouco Abrangente	0,505	0,356	Vulnerabilidade Significativa	Vulnerável
	Insuficiente	0,355	0	Alta vulnerabilidade à pressão antrópica	

Os produtos gerados pelos dois métodos de padronização, resultam em 2 séries normalizadas, que foram posteriormente multiplicadas pelo viés de 2 pesos, 2 visões ou opiniões, que devem ser analisados ao máximo. Comparando-se as 4 séries de índices gerados, passou-se a interpretação dos resultados e tendo como base a realidade da época de cada ano. Entendeu-se que o resultado que melhor representou o período de estudo foi o método da padronização intervalada. E dentre as duas visões ou pesos propostos, entendeu-se que era mais adequado considerar os resultados obtidos na segunda fase da AMC – sensibilização, isto é, a multiplicação pelos pesos. A visão AMC indica uma importância ligeiramente maior para a parte dos benefícios (0,55), ou seja, para a gestão da água, englobando o número de pontos, densidade espacial e a média do IQA, principalmente para se evidenciar esta condição, de boa gestão da qualidade, que este índice de abrangência se atém, frente aos custos causados pelo uso antrópico (0,45).

A CETESB passou a utilizar o índice IAEM a partir de 2012, com a finalidade de avaliar a evolução dos cenários existentes na rede de monitoramento de diversos anos. O intervalo de comparação temporal inicialmente do índice foi de 10 anos, mas recentemente tem se adaptado a demanda de análise. A evolução positiva/negativa é exibida em forma de tabelas AMC e os respectivos mapas de cada ano. Esta análise enriquece o entendimento da variação da abrangência do monitoramento para muito mais do que o critério territorial da CEE, caracterizando anualmente cada cenário da rede de monitoramento de água frente às pressões presentes em cada UGRHI.

Portanto, com o IAEM é um índice de qualidade do monitoramento água, com propriedade de verificar a susceptibilidade e a sustentabilidade do monitoramento são demonstradas por cenários anuais, refletindo as influências dos demais aspectos vinculados aos pontos de monitoramento. Inclui a qualidade de água entre seus componentes de maior peso, pois se infere que além de se monitorar, quando se obtém bons resultados da

qualidade da água, os valores obtidos influem positivamente na nota geral. Indica onde é necessário adensar ou reduzir a rede em determinadas unidades de gerenciamento hídrico e/ou investir em recuperação ambiental.

5. Referências Bibliográficas:

D.RUIZ; C.L.V.MIDAGLIA; C.C.LAMPARELLI, J.E. BEVILACQUA & N.MENEGON JR. - **O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO ESTADO DE SÃO PAULO: Perspectivas para redução do fósforo** - XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE- 2012 J.P. Paraíba. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/xisrhn/local.php>

<http://www.asec.com.br/ArquivoAMR/ArtigoTecnico/ASECArtigoTecnico0007.pdf>

HERWIJNEN, M. van. *Spatial Decision Support for Environmental Management*. Amsterdam: Vrije Universiteit, 1999. 274 p.

ITC - INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION. **Principles of Remote Sensing and Geographic Information Systems**. CD. 3ªed. Enschede, NL, 2004.

_____. **Spatial Decision Support Systems: Distance Education**. 2 CD's. Curso a distância de especialização. Enschede, NL, 2008.

_____. **ILWIS - Remote Sensing and GIS software**. . Enschede, NL, 20 de agosto de 2009. Disponível em: <www.itc.nl/ilwis>.

_____. **ILWIS - Documentation version 3**. Enschede, NL, s/d. Disponível em: <<http://www.itc.nl/ilwis/documentation/version3.asp>>.

MIDAGLIA, C.L. Proposta de Implantação do Índice de Abrangência Espacial de Monitoramento - IAEM por meio da Análise da Evolução da Rede de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo, 2009. Tese de doutorado e (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MIDAGLIA,C.L.; TASHIBANA, E.; KAWAKUBO, F. **Análise da Pressão Antrópica Sobre A Rede de Monitoramento das Águas Superficiais do Estado de São Paulo por Meio da Avaliação Multi-Critério do IAEM -Índice de Abrangência Espacial do Monitoramento**. Anais do Simpósio Internacional: Anais do II SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA 2010. Disponível em <http://www.2cartogeo.com.br/Anais_2CARTOGEO.pdf >

MIDAGLIA, C.L. 2012 -**The difficult sustainability between cities and their Waters**. Pg. 68-69. Missão empresarial. Rio de Janeiro: Abrapress, 2012. 144p. 2012 1(1) jun. Edição especial Rio+20 Disponível em: <http://www.abrapress.com.br/revistas_missoes.php>

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. NY: McGraw Hill, 1980.

Sharifi, M.A. (2007) Integrated planning and decision support systems: concepts, adoption and evaluation. In: Asian journal of geoinformatics, 7 (2007)4, pp. 13-21

6th World Water Forum: Solutions for water: **Proposal of Implementation of an Spatial Coverage Water Monitoring Index-SCWMI**. MIDAGLIA, CARMEN LUCIA VERGUEIRO; OVANDO CRESPO, CRISTINA KAREN; PÉREZ MACHADO, REINALDO PAUL - 2012. Marseilles, France. Disponível em: <<http://www.solutionsforwater.org/solutions/proposal-of-implementation-of-an-spatial-coverage-water-monitoring-index-scwmi>>