

## Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA\_ÁGUA)

Aderaldo de Souza Silva  
 Cláudio César de Almeida Buschinelli  
 Luiz Carlos Hermes  
 Elisabeth Francisconi Fay  
 Célia Maria Maganhotto de Souza Silva  
 Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro  
 Izilda Aparecida Rodrigues

O ISA\_ÁGUA foi construído a partir da integração das variáveis dos Perfis Ecológico, Econômico e Social da região do Submédio São Francisco.

Na Tabela 5.1 é apresentada, em ordem hierárquica, a classificação das dez variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que melhor explicaram o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco. Estas variáveis foram obtidas por meio do método “*stepwise*” e expressam o resultado da matriz integrada de 571 variáveis pertencentes aos Perfis Ecológico, Econômico e Social.

**Tabela 5.1.** Classificação das dez variáveis mais significativas e de seus respectivos indicadores, que compuseram o Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA\_ÁGUA) na região do Submédio São Francisco, por meio do método “*stepwise*”.

Análise da variância					
Fonte	DF	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Valor de F	Pr > F
Modelo	10	5503.70024	550.37002	69.34	<.0001
Erro	61	484.17476	7.93729		
Total	71	5987.87500			

Variáveis	Parâmetro Estimado	Desvio padrão	Type II SS	F Value	Pr > F
Indicador - Intercepto	11.45262	0.97920	1085.77509	136.79	<.0001
Finanças públicas (Receitas)	-0.00030946	0.00009641	81.77883	10.30	0.0021
Finanças públicas (Despesas - agricultura)	0.00001273	0.00000172	435.69635	54.89	<.0001
Pesquisa pecuária municipal (Muares)	0.00401	0.00128	77.64008	9.78	0.0027
Pesquisa pecuária municipal (Ovinos)	0.00011906	0.00001514	491.03358	61.86	<.0001
Fontes de poluição (Mármore)	-19.08844	4.73769	128.84850	16.23	0.0002
Qualidade de água superficial (TDS)	102.95891	13.31321	474.71657	59.81	<.0001
Qualidade de água superficial (Salinidade)	-107.60370	16.58553	334.09339	42.09	<.0001
Balanço hídrico (Déficit no mês de julho)	-8.82763	0.89873	765.77651	96.48	<.0001
Educação (Ensino pré-escolar federal)	-0.35317	0.10872	83.76408	10.55	0.0019
Saúde (Óbitos - mulheres)	-0.18476	0.02886	325.41485	41.00	<.0001

Obs:  $R^2 = 0.9191$

O desenvolvimento sustentável do uso da água na região do Submédio São Francisco é um processo em construção, cujas quantificação e qualificação foram expressas por meio de quatro novos fatores. A concepção da sustentabilidade por meio do Índice ISA\_ÁGUA foi

elaborada com a finalidade de classificar as sub-bacias hidrográficas, os municípios, a qualidade das águas e a qualidade ambiental das fontes segundo a norma ISO 14.001 e fontes de poluição.

A determinação deste índice envolveu cálculos complexos em ambiente multi-dimensional. Para a aplicação da análise fatorial, foi elaborada uma matriz de correlação envolvendo as três bases de dados correspondentes a cada perfil: Ecológico, Econômico e Social. Posteriormente, foram extraídos os fatores iniciais, seguidos da rotação dos fatores e cálculo dos escores fatoriais, para analisar a posição de cada município em cada fator, bem como de cada sub-bacia hidrográfica.

A matriz final do ISA\_ÁGUA conteve 571 variáveis, distribuídas de acordo com a análise fatorial. Estas variáveis foram agrupadas em quatro grupos denominados fatores:

- Fator 1 - Dinâmica da Poluição Urbana e Uso da Água: foram associadas 331 variáveis, correspondendo a 60,4% da carga fatorial total;
- Fator 2 - Agricultura Irrigada: foram 72 variáveis, correspondendo a 21,0% do total;
- Fator 3 - Agricultura Familiar e Pecuária: foram associadas 97 variáveis, com 11,0% do total;
- Fator 4 - Qualidade de Vida e Segurança Alimentar: 71 variáveis correspondendo a 7,6% do total.

O ISA\_ÁGUA, obtido em função das análises integradas dos indicadores sociais, econômicos e ecológicos, é apresentado na Tabela 5.2 e na Fig. 5.1.

**Tabela 5.2.** Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA\_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

Rank	Município	UF	Sub-		Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA_ÁGUA
			bacia	Zona					
1	Abaré	BA	16	24L	487433,39	9036032,39	1	0,04	0,00036
2	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027,50	9142969,10	1	0,07	0,00072
3	Afrânio	PE	19	24L	279253,52	9058156,85	1	0,11	0,00109
4	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718,80	9032318,20	1	0,14	0,00145
5	Betânia	PE	9	24L	606327,72	9085163,48	1	0,18	0,00181
6	Bodocó	PE	1	24M	396191,06	9140053,99	1	0,22	0,00217
7	Brejinho	PE	6	24M	689145,53	9187220,83	1	0,25	0,00254
8	Cabrobó	PE	2	24L	465843,03	9058807,30	1	0,29	0,00290
9	Calumbi	PE	5	24M	593647,20	9122047,34	1	0,33	0,00326
10	Carnaíba	PE	5	24M	632945,67	9137000,50	1	0,36	0,00362
11	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070,18	9080369,98	1	0,40	0,00399
12	Cedro	PE	3	24M	473617,82	9146426,51	1	0,43	0,00435
13	Chorrochó	BA	16	24L	489365,77	9007349,56	1	0,47	0,00471
14	Curaçá	BA	18	24L	399993,19	9006059,97	1	0,51	0,00507
15	Custódia	PE	8	24L	649477,07	9105741,35	1	0,54	0,00543
16	Dormentes	PE	19	24L	304973,88	9065779,16	1	0,58	0,00580
17	Exu	PE	1	24M	420063,93	9169552,65	1	0,62	0,00616
18	Flores	PE	5	24M	612987,96	9130112,02	1	0,65	0,00652
19	Floresta	PE	12	24L	547427,97	9049182,09	1	0,69	0,00688
20	Glória	BA	15	24L	581802,37	8967647,77	1	0,72	0,00725
21	Granito	PE	1	24M	432171,45	9146999,23	1	0,76	0,00761
22	Ibimirim	PE	8	24L	644107,32	9055658,83	1	0,80	0,00797
23	Iguaraci	PE	7	24M	663659,43	9133584,88	1	0,83	0,00833
24	Inajá	PE	8	24L	629275,85	9015775,16	1	0,87	0,00870
25	Ingazeira	PE	6	24M	669850,01	9151164,98	1	0,91	0,00906
26	Ipubi	PE	1	24M	373240,50	9153972,50	1	0,94	0,00942
27	Itacurubá	PE	13	24L	534792,97	9035251,92	1	0,98	0,00978
28	Itapetim	PE	6	24M	699714,32	9183984,01	1	1,01	0,01014

continua...

**Tabela 5.2.** Hierarquização e classificação de 73 municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas do rio São Francisco em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA\_ÁGUA), na região do Submédio, Brasil.

...continuação

Rank	Município	UF	Sub-bacia	Zona	Este	Norte	Cluster	Taxa	ISA_ÁGUA
29	Jatobá	PE	15	24L	580281,79	8984789,03	1	1,05	0,01051
30	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143,74	9005204,18	1	1,09	0,01087
31	Macururê	BA	16	24L	493643,74	8986590,10	1	1,12	0,01123
32	Manari	PE	8	24L	650755,51	9008820,16	1	1,16	0,01159
33	Mata Grande	BA	8	24L	639273,51	8991874,27	1	1,20	0,01196
34	Mirandiba	PE	4	24L	529767,31	9102356,88	1	1,23	0,01232
35	Moreilândia	PE	1	24M	439174,39	9156436,71	1	1,27	0,01268
36	Orocó	PE	2	24L	448972,43	9054460,24	1	1,30	0,01304
37	Ouricuri	PE	1	24M	380720,93	9128499,23	1	1,34	0,01341
38	Ourolândia	BA	33	24L	272329,52	8786479,79	1	1,38	0,01377
39	Pariconha	BA	8	24L	609284,48	8977009,71	1	1,41	0,01413
40	Parnamirim	PE	1	24L	436241,90	9105607,43	1	1,45	0,01449
41	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566,25	8893175,64	1	1,49	0,01486
42	Quixaba	PE	5	24M	626967,39	9146415,92	1	1,52	0,01522
43	Remanso	BA	23	23L	820346,88	8935013,71	1	1,56	0,01558
44	Rodelas	BA	16	24L	525618,43	9022175,99	1	1,59	0,01594
45	Santa Cruz	PE	18	24L	352949,53	9088885,73	1	1,63	0,01630
46	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	5	24M	593368,10	9135407,67	1	1,67	0,01667
47	Santa Filomena	PE	18	24L	321975,76	9097342,69	1	1,70	0,01703
48	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727,58	9184164,84	1	1,74	0,01739
49	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448,35	9130979,87	1	1,78	0,01775
50	Sento Sé	BA	23	24L	183376,66	8921299,61	1	1,81	0,01812
51	Serrita	PE	3	24M	467354,77	9123022,29	1	1,85	0,01848
52	Sertânia	PE	8	24L	691212,22	9107119,02	1	1,88	0,01884
53	Sobradinho	BA	23	24L	299775,03	8954250,64	1	1,92	0,01920
54	Solidão	PE	5	24M	648670,50	9159622,02	1	1,96	0,01957
55	Tabira	PE	5	24M	661086,87	9160626,19	1	1,99	0,01993
56	Tacaratu	PE	8	24L	593455,80	8993359,94	1	2,03	0,02029
57	Terra Nova	PE	3	24L	458598,04	9090248,01	1	2,07	0,02065
58	Trindade	PE	1	24M	360161,39	9141772,22	1	2,10	0,02101
59	Triunfo	PE	5	24M	598999,47	9133461,11	1	2,14	0,02138
60	Tuparetama	PE	6	24M	686247,27	9159275,23	1	2,17	0,02174
61	Umburanas	BA	33	24L	245524,68	8812565,45	1	2,21	0,02210
62	Várzea Nova	BA	33	24L	287964,03	8754684,39	1	2,25	0,02246
63	Verdejante	PE	3	24M	503083,78	9123893,65	1	2,28	0,02283
64	Araripina	PE	1	24M	334660,81	9162240,04	2	2,36	0,02355
65	Arcoverde	PE	8	24L	714236,63	9068821,40	2	2,43	0,02428
66	Casa Nova	BA	20	24L	283394,36	8986611,58	2	2,50	0,02500
67	Petrolândia	PE	15	24L	585762,62	9007321,15	2	2,57	0,02572
68	Salgueiro	PE	3	24L	486831,16	9107462,60	2	2,64	0,02645
69	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170,06	9026260,45	2	2,72	0,02717
70	São José do Egito	PE	6	24M	690378,06	9172899,61	2	2,79	0,02790
71	Serra Talhada	PE	5	24M	577287,66	9116488,52	2	2,86	0,02862
72	Juazeiro	BA	35	24L	335414,56	8959243,74	3	2,97	0,02971
73	Petrolina	PE	35	24L	335164,33	8960686,58	4	3,12	0,03116

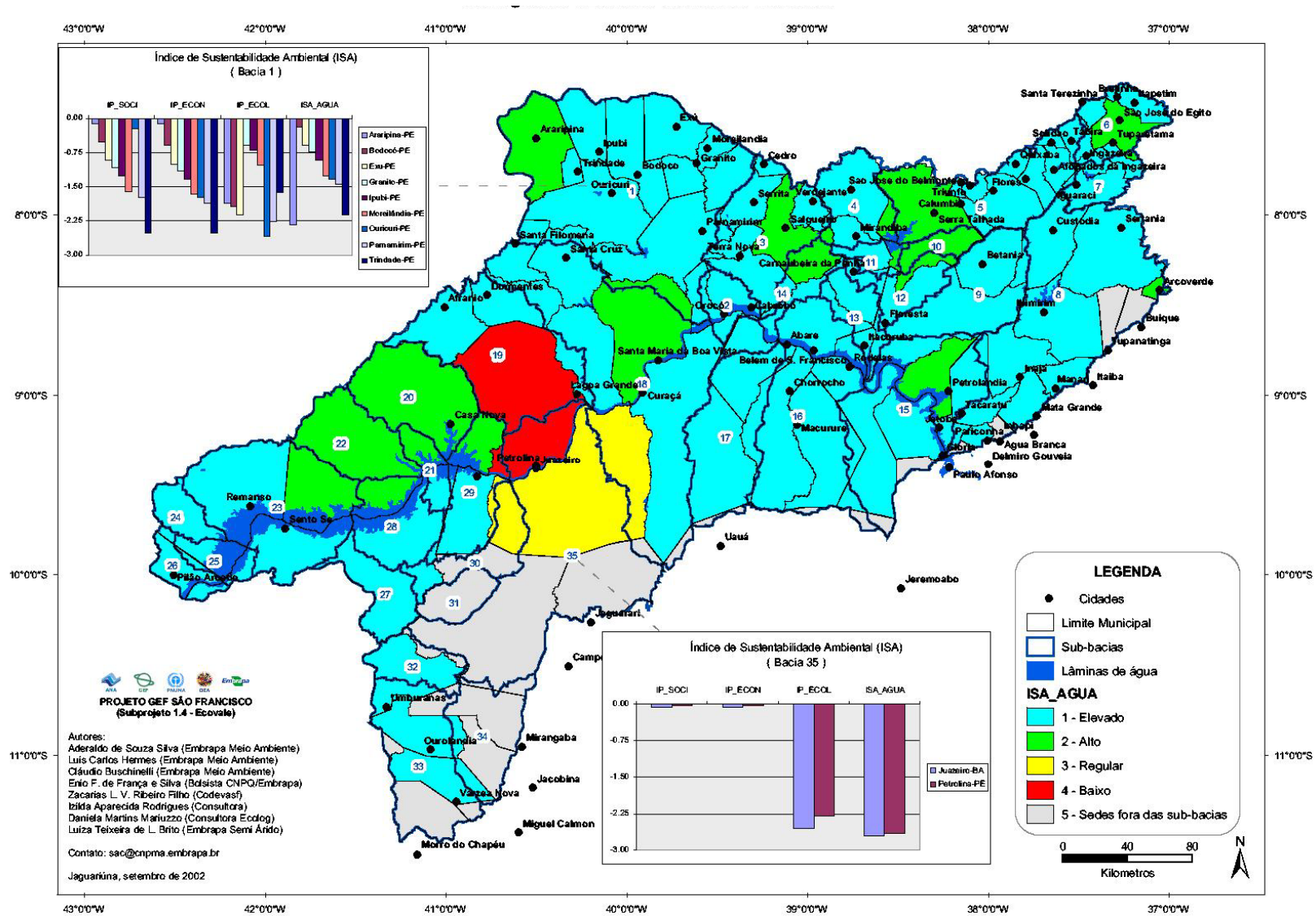


Fig. 5.1. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA\_ÁGUA) abrangendo 35 Sub-bacias hidrográficas e 73 municípios da região do Submédio São Francisco.

A análise de agrupamento (Cluster analysis) definiu um ISA\_ÁGUA elevado em 63 municípios, indicados na cor azul, na Fig. 5.1. Com ISA\_ÁGUA alto, representado no mapa em verde, ocorreram oito municípios (Araripina, Arcoverde, Casa Nova, Petrolândia, Salgueiro, Santa Maria da Boa Vista, São José do Egito e Serra Talhada). O ISA\_ÁGUA regular foi atribuído ao município de Juazeiro, recebendo a cor amarela. Por fim, com um ISA\_ÁGUA baixo, novamente o município de Petrolina, indicado pela a cor vermelha. De maneira geral, o ISA\_ÁGUA refletiu uma condição elevada (ótima) para a grande maioria dos municípios envolvidos, os quais quando vistos sob o perfil social e econômico mostraram-se problemáticos, apesar de terem garantido este ranqueamento no balanço final.

Como resultado preponderante da aplicação dessa nova metodologia (o índice ISA\_ÁGUA), observou-se o aumento significativo da demanda e alteração das águas superficiais, devido às atividades agroindustriais e urbanas ribeirinhas ao longo do rio São Francisco, trecho Pilão Arcado - Paulo Afonso, cerca de 700 km ao longo da calha do rio. É consenso a degradação da qualidade das águas pelas atividades agrícolas e urbanas na região em estudo, mas o grau de impacto dessas atividades pode ser reduzido pela implementação de práticas de manejo e conservação dos recursos naturais, bem como a aplicação e cumprimento de legislação existente.

Ressalta-se que esta análise é capaz de indicar as possíveis causas que estariam levando ao uso não sustentável da água, sejam em municípios que apresentaram bons índices no perfil social e econômico, seja em municípios que foram flagrados com a necessidade desse desenvolvimento, conforme descrito a seguir:

- Deficiência no sistema de saúde e educação regional (IP\_SOC);
- Baixo nível de investimento em serviços básicos (IP\_ECON);
- Carga significativa de poluentes em função das atividades industriais e comerciais e de falta dos serviços públicos. Uso indiscriminado de agrotóxicos e descarte de embalagens no meio rural (IP\_ECOL);
- Impactos ambientais decorrentes do destino inadequado de efluentes urbanos e de resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas, associados à concentração de renda e a suscetibilidade à poluição urbana (ISA\_ÁGUA).

A relatividade do ranqueamento das variáveis na formação do ISA\_ÁGUA permitiu estabelecer diferenças importantes na concepção e encaminhamento do desenvolvimento e demanda ao atendimento e manutenção da qualidade de vida da população nos municípios envolvidos. O quadro final reflete um maior investimento social em áreas onde o desenvolvimento de atividades econômicas incorpora-se à dinâmica de ocupação do solo mais intensiva, caso de Juazeiro e de Petrolina, mas evidencia os problemas potenciais de cunho ambiental, caracterizando o índice final de sustentabilidade como regular e baixo nestas localidades.

Pode-se afirmar que a grande vantagem do ISA\_ÁGUA é a sua utilização para avaliação estratégica em políticas públicas e para grupos de gestão ambiental. Serve de suporte para a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, permitindo o estabelecimento de áreas prioritárias para o monitoramento da qualidade da água, como também identificando as variáveis que devam ser priorizadas nestes estudos, facilitando a intervenção no entorno. Em escala menor, pode subsidiar a elaboração das Agendas 21 municipais, priorizando as linhas de

pesquisa. Para isso, utilizou-se a matriz multivariada de análise causal, cujo resultado demonstra as causas e as medidas mitigadoras para cada problema encontrado.

### **5.1. Matriz multivariada de análise causal**

Uma das inovações no processo de formatação da matriz de análise causal do uso da água, segundo os perfis Social, Econômico e Ecológico, e no desenvolvimento sustentável no Submédio São Francisco foi a inserção da técnica fatorial para a sua elaboração. Trata-se de um procedimento estatístico de análise multivariada, com dois objetivos básicos: o primeiro, aplicável às variáveis explicativas de uma equação a ser ajustada, quando indicam um significativo grau de intercorrelação, semelhante ao uso de regressões múltiplas, visando obter informações por unidades geográficas da carga de poluentes emitidos; e o segundo, para obter uma análise classificatória destas unidades (sub-bacias ou municípios) em função de índices específicos, contidos em cada indicador dos perfis Social, Econômico e Ecológico de âmbito regional.

Cada análise correspondente a um perfil (social, econômico, ecológico e de uso sustentável da água) gerou quatro fatores. Os primeiros fatores de cada perfil geraram como resultado as Causas Técnicas Primárias da Análise da Matriz Causal (AMC). Seguindo lógica similar, os segundos, terceiros e quarto fatores geraram as Causas Secundárias, Terciárias e Quaternárias da AMC, respectivamente, como se pode observar nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5. Uma vez que a matriz de análise causal foi obtida por meio de análise multivariada, foi denominada de "Análise da Matriz Causal Multivariada (AMCM)".

Na Tabela 5.4 é possível observar as propostas de ações estratégicas, segundo as causas fundamentais construídas com base na AMCM. A importância deste tipo de análise está na possibilidade de elaborar um diagnóstico analítico das sub-bacias do rio São Francisco, identificando as causas reais e os efeitos dos problemas ambientais, servindo como referência para a elaboração do Programa de Gestão Integrada (PGI) da bacia.

**Tabela 5.3.** Matriz de Análise Causal Multivariada segundo os resultados obtidos por meio da síntese dos perfis ecológico, econômico e social em função da Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água na região do Submédio São Francisco – Síntese.

USO NÃO-SUSTENTÁVEL DA ÁGUA	
PERFIS	CAUSAS
<b>SOCIAL</b>	<p><b>Fator 1 - Atendimento à Saúde:</b> o atendimento deficitário às pessoas foi a causa principal, com ocorrência significativa de doenças, assim como óbitos fetais e de crianças menores de 1 ano.</p> <p><b>Fator 2 - Sistema Educacional Deficiente:</b> há deficiência no sistema educacional (docentes, matrículas e estabelecimentos).</p> <p><b>Fator 3 - Carência de Serviços Básicos:</b> atendimento deficiente dos serviços básicos, sobretudo para a população residente na área rural.</p> <p><b>Fator 4 - Baixa Oferta de Empregos:</b> baixo nível de oferta de empregos nas empresas atuantes na região.</p> <p><b>Causas Fundamentais - Acesso restrito à educação e saúde:</b> carência de oportunidades de emprego e atendimento deficiente dos serviços públicos à maioria da população urbana e rural.</p>
<b>ECONÔMICO</b>	<p><b>Fator 1 - Gastos Públicos em Infra-estrutura:</b> baixo nível de investimento em serviços básicos (saúde e saneamento) e infra-estrutura de produção.</p> <p><b>Fator 2 - Agricultura Irrigada de Baixo Nível Tecnológico:</b> agricultura irrigada sem o uso das normas de Boas Práticas Agrícolas.</p> <p><b>Fator 3 - Agricultura de Sequeiro:</b> exploração de culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca) com baixo nível tecnológico.</p> <p><b>Fator 4 - Outras Culturas de Comercialização Sazonal:</b> instabilidade econômica ocasionada pela exploração de culturas com retornos financeiros ocasionais (cebola e arroz irrigado).</p> <p><b>Causas Fundamentais - Baixo investimento dos recursos públicos para o atendimento da infra-estrutura básica:</b> associado à inadequação dos sistemas de produção agrícola e agroindustrial em uso.</p>
<b>ECOLÓGICO</b>	<p><b>Fator 1 - Disposição de Resíduos:</b> carga total de poluentes na água provenientes de atividades industriais, comerciais e de serviços públicos. Aplicação de agrotóxicos e descarte de embalagens na área rural.</p> <p><b>Fator 2 - Concentração Fundiária:</b> destacam-se certos municípios nas sub-bacias segundo a área total das terras utilizadas (em hectares), seguidas da discriminação do produtor como proprietário.</p> <p><b>Fator 3 - Déficit Hídrico:</b> desequilíbrio no balanço hídrico de um conjunto de municípios a partir do mês de julho.</p> <p><b>Fator 4 - Atividades de Mineração:</b> geração de resíduos químicos em fontes de água, provenientes da atividade mineradora</p> <p><b>Causas Fundamentais - Descarga de poluentes:</b> a descarga de poluentes químicos nos corpos de água decorrentes das atividades dos setores produtivos primários, secundários e dos serviços públicos, foi considerada a causa fundamental da contaminação dos corpos de água.</p>
<b>SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA – ISA_ÁGUA</b>	<p><b>Fator 1 - Dinâmica da Poluição Urbana e Uso Inadequado de Água:</b> destino inadequado de efluentes e resíduos sólidos domésticos, industriais e agrícolas, associados à concentração da população na área urbana.</p> <p><b>Fator 2 - Gestão Ambiental da Agricultura Irrigada:</b> diversificação e complexidade do agronegócio envolvendo frutas tropicais de exportação, com qualidade ambiental e segurança alimentar.</p> <p><b>Fator 3 - Agricultura Familiar e Pecuária:</b> falta de um programa permanente de Governo que forneça subsídios com alternativas tecnológicas para a convivência do homem com a seca.</p> <p><b>Fator 4 - Qualidade de Vida e Segurança Alimentar:</b> Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo na maioria dos municípios da região do Submédio São Francisco.</p> <p><b>Causas Fundamentais - Poluição hídrica:</b> vulnerabilidade do uso da água em função da disposição inadequada dos resíduos urbanos e rurais, gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.</p>

**Tabela 5.4.** Propostas de ações estratégicas segundo as causas fundamentais resultantes da Matriz de Análise Causal do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA\_ÁGUA) no Submédio São Francisco e interface com as políticas da ANA (Plano...2004).

<b>CAUSAS FUNDAMENTAIS</b>	<b>AÇÕES</b>	<b>INTERFACE COM AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA</b>
<b>Acesso à educação e saúde restrito à baixa parcela da população.</b>	A – Políticas públicas direcionadas ao atendimento dos serviços básicos (saúde, educação e saneamento). B – Incorporação da educação ambiental na formação dos alunos de todos os níveis de ensino (fundamental, médio e superior).	IV.1. Despoluição de fontes IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água IV.5. Uso racional e combate ao desperdício
<b>Destino dos recursos públicos ao atendimento da infra-estrutura básica.</b>	A – Programas de gestão dos recursos orçamentários, articulados por bacias, destinados aos recursos hídricos nos níveis federal, estadual e municipal.	II.1. Comitê de Bacias Hidrográficas
<b>Inadequação dos Sistemas de produção agrícolas e agroindustriais em uso.</b>	B – Diagnóstico da infra-estrutura básica dos municípios da bacia para elaboração de projetos visando a solicitação de verbas junto às instituições financiadoras. C – Articulação com as comunidades, para incentivar a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água. D – Introduzir a normalização das práticas agrícolas e certificação dos produtos. E – Divulgação dos benefícios da certificação de qualidade no campo para os produtores rurais. F – Implementação do Sistema de Gestão Ambiental nas agroindústrias da região. G – Capacitação e treinamento dos produtores rurais e agroindustriais. H – Financiamentos para desenvolvimento de pesquisa aplicada em tecnologias limpas.	IV.1. Despoluição de fontes IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores IV. Programas Indutores
<b>Descarga de poluentes nos corpos de água decorrente das atividades dos setores produtivos primários, secundários e dos serviços públicos.</b>	A - Unificação da legislação ambiental nos municípios da bacia. B - Cadastro de usuários e levantamento das atividades econômicas com influência nos recursos hídricos. Criação de Banco de Dados contendo informações sobre fontes de água e fontes potenciais de poluição, para utilização no monitoramento do uso sustentável da água. C - Implementação dos instrumentos de gestão ambiental, através de programas oficiais em indústrias, estabelecimentos rurais e instalações de saneamento básico. D - Fortalecimento dos órgãos fiscalizadores e programas de fiscalização por agentes da comunidade treinados. E - Divulgação dos resultados e discussão conjunta com instituições e comunidades. F - Ampliação do programa de irrigação	III.6. Fiscalização Integrada III.1. Cadastro de Usuários III.2. Outorga III.5. Sistema de Informação III.4. Plano de Recursos Hídricos III.6. Fiscalização Integrada III.5. Sistema de Informações III.4. Plano de Recursos Hídricos

continua...



**Tabela 5.4.** Propostas de ações estratégicas segundo as causas fundamentais resultantes da Matriz de Análise Causal do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA\_ÁGUA) no Submédio São Francisco, e interface com as políticas da ANA (Plano...2004).

...continuação

CAUSAS FUNDAMENTAIS	AÇÕES	INTERFACE COM AÇÕES ESTRATÉGICAS DA ANA
Vulnerabilidade da população ao uso da água em função da disposição dos resíduos urbanos e rurais gerados pelas atividades produtivas e ocupação territorial.	<p>A - Institucionalização do desenvolvimento sustentável na gestão municipal.</p> <p>B - Gestões ambientais da bacia utilizando as ferramentas do PDRH: cadastro de usuários, outorga, cobrança pelo uso da água, sistemas de informação de recursos hídricos, macrodrenagem urbana, reúso dos efluentes.</p> <p>C - Implantação de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos.</p> <p>D - Monitoramento dos índices de desenvolvimento sustentável das bacias do Submédio São Francisco.</p>	<p>II. Instrumentos Institucionais</p> <p>III.1. Cadastro de Usuários</p> <p>III.2. Outorga</p> <p>III.4. Plano de Recursos Hídricos</p> <p>IV.1. Despoluição das bacias</p> <p>IV.2. Revitalização / Conservação do solo e água</p> <p>IV.5. Uso racional e combate ao desperdício</p> <p>III.5. Sistema de Informações</p>

**Tabela 5.5.** Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Social, Econômico e Ecológico e com base no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco – propostas baseadas na nova metodologia.

PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO	PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI)
1) Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) sobre a qualidade das águas de usos múltiplos em função das atividades agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços públicos na região da bacia hidrográfica do rio São Francisco	<p><b>a) Inventário georreferenciado da qualidade ambiental:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadastro dos corpos de água e dos usuários de água;</li> <li>- Cadastro das fontes de poluição;</li> <li>- Inventário da qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais e subterrâneas;</li> <li>- Inventário socioambiental das instalações agropecuárias, industriais, comerciais e de saneamento básico (tratamento de esgotos e vazadouros a céu aberto) utilizando a norma ISO 14001.</li> </ul>
2) Avaliação documentada, inclusive mapas, de qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região do Submédio São Francisco	- Construção dos perfis sociais e econômicos da bacia do rio São Francisco com base no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade definidos a partir de dados secundários envolvendo instituições federais, estaduais e municipais.
3) Estruturação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com base em Indicadores Universais, de qualidade de água.	<p><b>b) Desenvolvimento de mapas temáticos digitais de sustentabilidade do uso da água:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice do perfil social (IP_SOCI);</li> <li>- Índice do perfil econômico (IP_ECON);</li> <li>- Índice do perfil ecológico (IP_ÉCOL);</li> <li>- Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_Água).</li> </ul>
4) Documentos técnicos para mitigação e controle dos poluentes prioritários	<p><b>c) Elaboração de cartilhas técnicas sobre o uso sustentável da água:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Confecção de cartilhas sobre práticas de educação ambiental e de participação da população na conservação e fiscalização das águas, visando às escolas do ensino fundamental e médio.</li> </ul>

continua...

**Tabela 5.5.** Matriz de Análise Causal do Uso da Água segundo os Perfis Social, Econômico e Ecológico e com base no Desenvolvimento Sustentável no Submédio São Francisco - propostas baseadas na nova metodologia.

...continuação

PRODUTOS/RESULTADOS DO PROJETO	PROPOSTAS TÉCNICAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (PGI)
5) Planta piloto de monitoramento "on line" de qualidade das águas de usos múltiplos	<b>d) Instalação de estações automáticas de alerta nas sub-bacias hidrográficas prioritárias:</b> - Locação e instalação de estações de alerta em sub-bacias hidrográficas com elevado índice de degradação hídrica. Particularmente naqueles pontos de amostragem georreferenciados, com índices críticos.
6) Indicadores socioeconômicos e ambientais da região do Submédio São Francisco	<b>e) Proposta de racionalização do uso de água de âmbito regional:</b> - Tecnologias inovadoras de "Boas Práticas Agrícolas", agroindustriais e de racionalização do uso da água (políticas públicas).
7) Treinamento e envolvimento da comunidade	<b>f) Desenvolvimento de um programa de monitoramento sustentável do uso das águas:</b> - Formação massiva de Agentes de Água (voluntários da própria comunidade), sobre práticas de educação ambiental e de participação da população, na conservação e fiscalização das águas; - Divulgação de Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos (PGA_RH) relacionada ao uso de "Boas Práticas Agrícolas" e agroindustriais dos serviços públicos municipais.
8) Recomendações para o PAE	<b>g) Desenvolvimento de um programa de divulgação estratégico sobre uso racional da água:</b> - Divulgação e realização de cursos sobre monitoramento de qualidade da água envolvendo alunos das escolas do ensino fundamental e médio. Seminários junto às comunidades incentivando a participação em ações voltadas à sustentabilidade do uso da água, repasse dos resultados alcançados, restauração de áreas e fontes degradadas e fiscalização.

## 5.2. Co-validação do ISA\_ÁGUA

A co-validação do ISA\_ÁGUA foi realizada junto às comunidades rurais e urbanas durante o período de 1998 a 2002, tendo como procedimento técnico-científico a implementação de um Programa de Ação Estratégica sobre monitoramento de água, considerando o conceito de Desenvolvimento Sustentável e a Lei da Vida (Lei no. 9605 de 12 de fevereiro de 1998 e Decreto no. 3179 de 21 de outubro de 1999). Também foi realizado um estudo comparativo com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Organização das Nações Unidas (PNUD, 2004).

### 5.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O IDH é uma medida síntese do desenvolvimento humano, abrangendo, segundo seus idealizadores, três dimensões básicas: a) uma vida longa e saudável, medida pela esperança de vida ao nascer; b) conhecimento, medido pela taxa de educação; c) um nível de vida digno, medido pelo PIB *per capita* (dólares PC). Este índice é calculado utilizando-se indicadores de esperança de vida ao nascer (anos), taxa de alfabetização de adultos (acima de 15 anos em %), taxa de escolaridade bruta conjunta dos 1º, 2º e 3º graus (%) e PIB per capita (PC US\$). De posse dessas informações, oriundas principalmente do censo populacional 2000 do IBGE foram calculados os índices de esperança de vida, índice da educação e o índice do PIB. Obtidos os três índices, integraram-se os seus valores e obteve-se o valor do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Na Tabela 5.6, é apresentado o Índice de Desenvolvimento Humano, classificado e hierarquizado para os 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco, válido para o período 1998 a 2002. A Fig. 5.2 ilustra esses valores.

**Tabela 5.6.** Hierarquização e classificação de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio - Período: 1998-2002, segundo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
5	Arcoverde	PE	8	24L	714236.63	9068821.40	0.51	1
30	Itacurubá	PE	13	24L	534792.97	9035251.92	0.57	1
33	Juazeiro	BA	35	24L	335414.56	8959243.74	0.53	1
45	Petrolândia	PE	15	24L	585762.62	9007321.15	0.53	1
46	Petrolina	PE	35	24L	335164.33	8960686.58	0.60	1
51	Salgueiro	PE	3	24L	486831.16	9107462.60	0.54	1
1	Abaré	BA	16	24L	487433.39	9036032.39	0.48	2
2	Afogados da Ingazeira	PE	5	24M	650027.50	9142969.10	0.45	2
6	Belém de S. Francisco	PE	16	24L	503718.80	9032318.20	0.47	2
10	Cabrobó	PE	2	24L	465843.03	9058807.30	0.46	2
14	Casa Nova	BA	20	24L	283394.36	8986611.58	0.48	2
17	Curaçá	BA	18	24L	399993.19	9006059.97	0.49	2
22	Floresta	PE	12	24L	547427.97	9049182.09	0.46	2
32	Jatobá	PE	15	24L	580281.79	8984789.03	0.44	2
36	Manari	PE	8	24L	650755.51	9008820.16	0.43	2
38	Mirandiba	PE	4	24L	529767.31	9102356.88	0.43	2
40	Orocó	PE	2	24L	448972.43	9054460.24	0.44	2
44	Parnamirim	PE	1	24L	436241.90	9105607.43	0.43	2
48	Quixaba	PE	5	24M	626967.39	9146415.92	0.49	2
50	Rodelas	BA	16	24L	525618.43	9022175.99	0.48	2
55	Santa Maria da Boa Vista	PE	18	24L	409170.06	9026260.45	0.45	2
58	São José do Egito	PE	6	24M	690378.06	9172899.61	0.47	2
60	Serra Talhada	PE	5	24M	577287.66	9116488.52	0.50	2
62	Sertânia	PE	8	24L	691212.22	9107119.02	0.44	2
67	Terra Nova	PE	3	24L	458598.04	9090248.01	0.48	2
69	Triunfo	PE	5	24M	598999.47	9133461.11	0.43	2
71	Umburanas	BA	33	24L	245524.68	8812565.45	0.44	2
73	Verdejante	PE	3	24M	503083.78	9123893.65	0.42	2
3	Afrânio	PE	19	24L	279253.52	9058156.85	0.38	3
4	Arapipina	PE	1	24M	334660.81	9162240.04	0.39	3
8	Bodocó	PE	1	24M	396191.06	9140053.99	0.36	3
9	Brejinho	PE	6	24M	689145.53	9187220.83	0.36	3
12	Carnaíba	PE	5	24M	632945.67	9137000.50	0.38	3
15	Cedro	PE	3	24M	473617.82	9146426.51	0.41	3
16	Chorrochó	BA	16	24L	489365.77	9007349.56	0.38	3
18	Custódia	PE	8	24L	649477.07	9105741.35	0.38	3
19	Dormentes	PE	19	24L	304973.88	9065779.16	0.37	3
20	Exu	PE	1	24M	420063.93	9169552.65	0.38	3
21	Flores	PE	5	24M	612987.96	9130112.02	0.38	3
24	Granito	PE	1	24M	432171.45	9146999.23	0.40	3
26	Igaraci	PE	7	24M	663659.43	9133584.88	0.39	3
28	Ingazeira	PE	6	24M	669850.01	9151164.98	0.40	3
29	Ipubi	PE	1	24M	373240.50	9153972.50	0.36	3
31	Itapetim	PE	6	24M	699714.32	9183984.01	0.40	3
34	Lagoa Grande	PE	19	24L	360143.74	9005204.18	0.38	3
39	Moreilândia	PE	1	24M	439174.39	9156436.71	0.36	3
41	Ouricuri	PE	1	24M	380720.93	9128499.23	0.37	3
42	Ourolândia	BA	33	24L	272329.52	8786479.79	0.37	3
43	Pariconha	AL	8	24L	609284.48	8977009.71	0.40	3
53	Santa C. da Baixa Verde	PE	5	24M	593368.10	9135407.67	0.39	3
54	Santa Filomena	PE	18	24L	321975.76	9097342.69	0.39	3

continua...

**Tabela 5.6.** Hierarquização e classificação de 73 municípios e 35 sub-bacias hidrográficas da Bacia do rio São Francisco - Região do Submédio - Período: 1998-2002, segundo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

...continuação

Obs	Município	UF	Bacia	Zona	Este	Norte	IDH	CLUSTER
56	Santa Terezinha	PE	6	24M	667727.58	9184164.84	0.38	3
57	São José do Belmonte	PE	4	24M	526448.35	9130979.87	0.39	3
61	Serrita	PE	3	24M	467354.77	9123022.29	0.39	3
63	Sobradinho	BA	29	24L	299775.03	8954250.64	0.37	3
64	Solidão	PE	5	24M	648670.50	9159622.02	0.38	3
65	Tabira	PE	5	24M	661086.87	9160626.19	0.42	3
66	Tacaratu	PE	8	24L	593455.80	8993359.94	0.42	3
68	Trindade	PE	1	24M	360161.39	9141772.22	0.41	3
72	Várzea Nova	BA	33	24L	287964.03	8754684.39	0.40	3
7	Betânia	PE	9	24L	606327.72	9085163.48	0.34	4
11	Calumbi	PE	5	24M	593647.20	9122047.34	0.35	4
13	Carnaubeira da Penha	PE	12	24L	528070.18	9080369.98	0.32	4
23	Glória	BA	15	24L	581802.37	8967647.77	0.33	4
25	Ibimirim	PE	8	24L	644107.32	9055658.83	0.34	4
27	Inajá	PE	8	24L	629275.85	9015775.16	0.31	4
35	Macururê	BA	16	24L	493643.74	8986590.10	0.28	4
37	Mata Grande	AL	8	24L	639273.51	8991874.27	0.35	4
47	Pilão Arcado	BA	26	23L	773566.25	8893175.64	0.33	4
49	Remanso	BA	23	23L	820346.88	8935013.71	0.35	4
52	Santa Cruz	PE	18	24L	352949.53	9088885.73	0.31	4
59	Sento Sé	BA	23	24L	183376.66	8921299.61	0.31	4
70	Tuparetama	PE	6	24M	686247.27	9159275.23	0.31	4

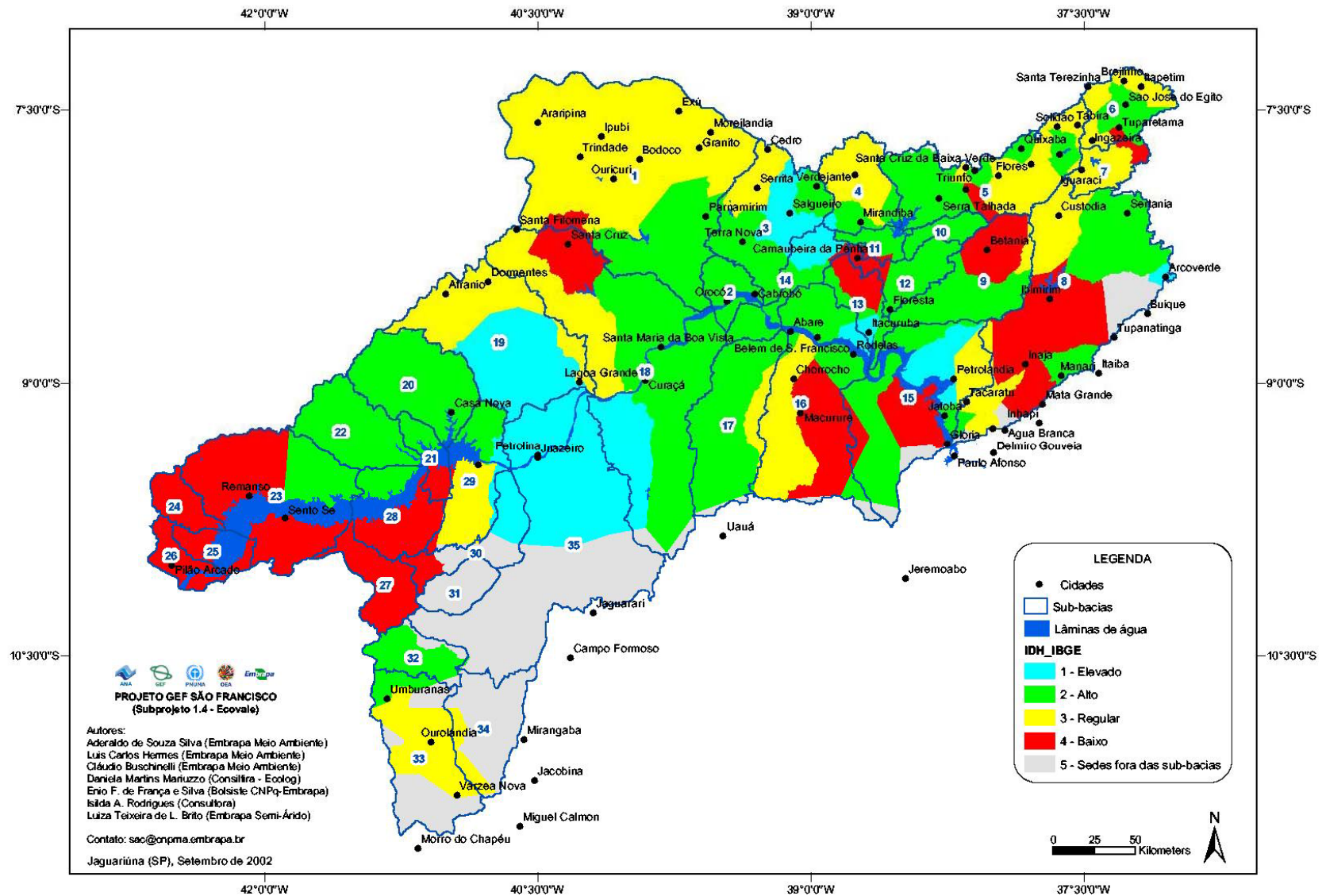


Fig. 5.2. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH\_IBGE) dos municípios localizados em 35 sub-bacias hidrográficas da região do Submédio São Francisco.

### **5.2.2. Estudo Comparativo IDH *Versus* ISA\_ÁGUA**

Considerando-se que o IDH tem utilização generalizada no País como indicador de qualidade de vida, realizou-se uma análise comparativa entre os dois índices no âmbito regional. Numa primeira etapa classificaram-se as 35 sub-bacias hidrográficas em relação ao IDH e, em seguida, fez-se uma comparação desses resultados com o índice ISA\_ÁGUA (Fig. 5.3).

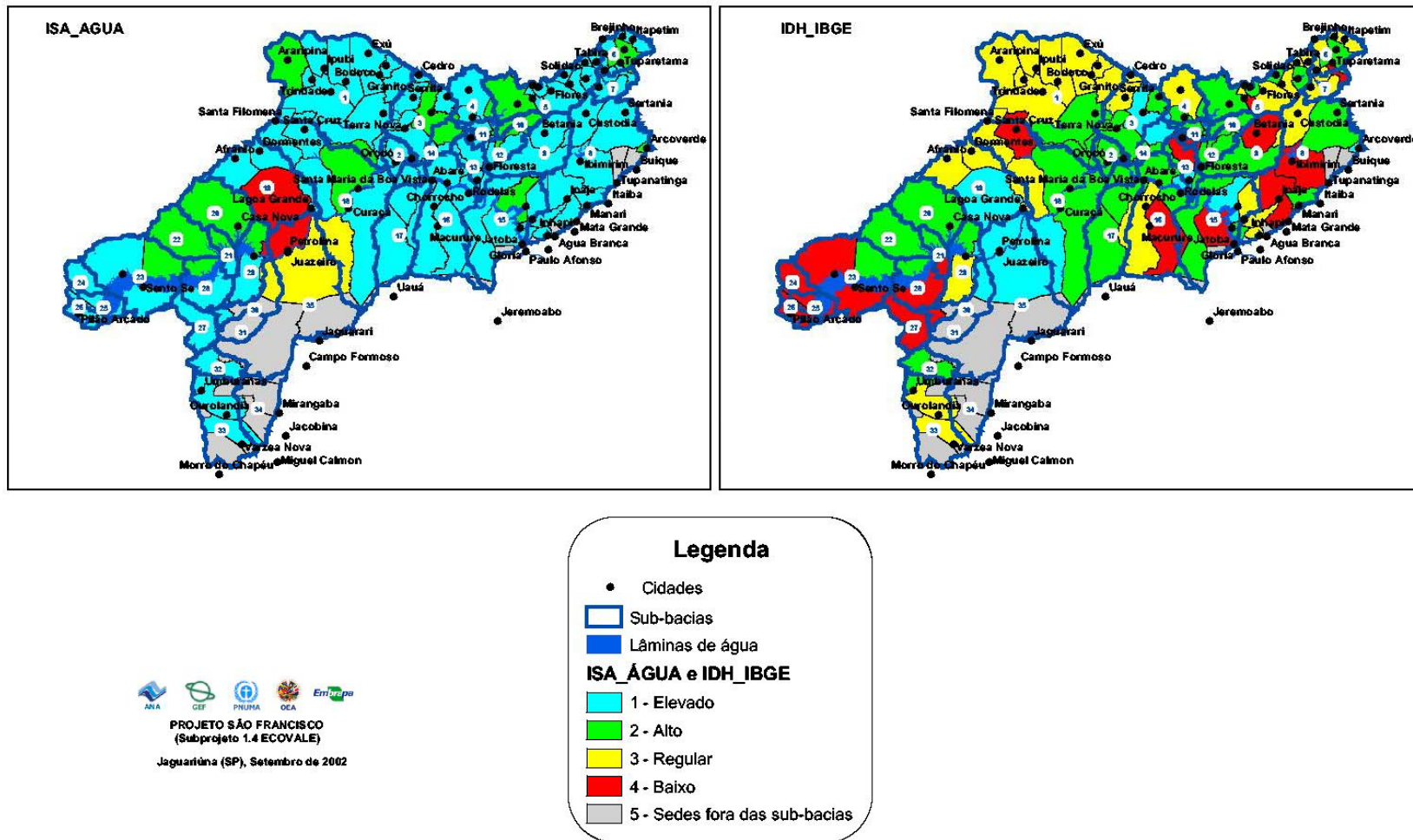


Fig. 5.3. Mapa comparativo do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA\_ÁGUA) com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH\_IBGE) dos municípios da região do Submédio São Francisco.

Observa-se que o índice IDH privilegiou as sub-bacias hidrográficas ou municípios que apresentaram as maiores médias nas três dimensões básicas de desenvolvimento humano, em detrimento da dimensão ecológica, ou seja, os municípios da região do Submédio São Francisco que apresentam altos índices de IDH não necessariamente terão desenvolvimento sustentável do uso das águas em longo prazo, uma vez que em sua maioria, para obterem tal êxito, tiveram que penalizar o meio ambiente.

Com base nas considerações anteriores, poder-se-ia dizer que a maioria dos municípios com IDH elevados apresentaria também altos valores do índice ISA\_ÁGUA. Isto, porém, não é verdadeiro; pois o IDH não agrega variáveis da dimensão ecológica. Dessa maneira, conclui-se que o IDH não é adequado como indicador da sustentabilidade ambiental do uso das águas na região semi-árida brasileira, onde foi desenvolvida a metodologia do ISA\_ÁGUA.

### 5.3. Considerações Finais

O ISA\_ÁGUA permite a avaliação integral de um sistema composto pelos perfis ecológico, social e econômico interrelacionando-os, determinando o grau de sustentabilidade dos recursos hídricos e servindo como suporte à gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas. Por meio desse índice, foi verificado que 78% dos municípios que compõem a região do Submédio São Francisco necessitam de medidas ambientais restritivas e mitigadoras em curto prazo, 11% exigem monitoração ambiental e medidas mitigadoras de curto prazo, e para o restante dos municípios é conveniente um programa de educação ambiental em todos os níveis da população. Também foi observado um aumento significativo da demanda e alteração das águas superficiais que ocorreram junto às atividades agroindustriais e urbanas ribeirinhas ao longo do rio São Francisco, trecho Pilão Arcado - Paulo Afonso, em cerca de 700 km.

O ISA\_ÁGUA espelhou as possíveis causas que estariam levando ao uso não sustentável da água, seja em municípios que apresentam bons índices no perfil social e econômico, seja em municípios que são flagrados com a necessidade desse desenvolvimento.

### 5.4. Referências

PLANO Nacional de Recursos Hídricos: documento base de referência. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/pnrh\\_novo/Tela\\_Apresentação.htm](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentação.htm)>. Acesso em 13 abr. 2004.

PNUD. **Relatório do desenvolvimento humano 2004**. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/reports/global/2004/>>. Acesso em: 13 abr. 2004.