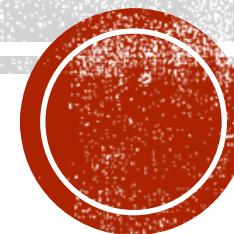


SISTEMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DA TRATABILIDADE DA ÁGUA COMO AUXILIAR PARA UMA FISCALIZAÇÃO *IN LOCO*

Rodrigo Antonio pinto de Melo



MOTIVAÇÃO

- Obter estratégias para direcionar a fiscalização direta
- Diminuir a assimetria de informação no momento da fiscalização
- Elaborar relatórios contendo elementos que permitam uma melhor interação com público estratégicos

OBJETIVOS

- Esse trabalho tem como uma das finalidades definir indicadores de desempenho para o sistema de abastecimento de água, de forma que se possa analisar o sistema em relação a potabilidade da água.
- Obter um critério através da avaliação dos indicadores para definição de vetor direcional para a fiscalização *in loco* de um conjunto de sistemas de abastecimento de água.



METODOLOGIA

ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

1

- Definição do Microsoft Excel® como ferramenta de trabalho.
- Uso de planilhas com algumas características de banco de dados e funções específicas.

2

- Escolha dos parâmetros de qualidade da água que melhor represente a eficiência e eficácia do tratamento de água.

3

- Definição dos indicadores e metodologia de cálculo.

4

- Desenvolvimento de script em linguagem de programação Visual Basic para leitura dos dados (planilhas obtida da prestadora) e cálculo dos indicadores.

5

- Criação de *dashboard* para interpretação dos indicadores.



METODOLOGIA

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

principais

Auxiliar

Turbidez

Cloro
residual livre

Coliformes
Totais

Escherichia
coli

Bactérias
heterotróficas



METODOLOGIA

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

TURBIDEZ

Como se mede a turbidez (efeito): (Dispersão da luz)

Tamanho e diâmetro das partículas (Causa):

$$\text{Diâmetro(D), concentração(c) = diâmetro(d), Concentração(C)} \\ (\text{Turbidez}) = (\text{Turbidez})$$

Uso como indicador : * remoção: Giardia (cisto 8µm a 15 8µm)

Cryptosporidium (oocistos 3µm a 8µm)

* Interfere na eficiência do processo de desinfecção

* Organoléptico

ANEXO XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde

Saída do tratamento:

0,5 uT em 95% das amostras analisadas no mês

Sistema de distribuição:

5 uT



METODOLOGIA

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

CORO RESIDUAL LIVRE

Cloro residual livre: Valor mínimo permitido: 0,2 mg/L

Valor máximo recomendado: 2 mg/L

Valor máximo permitido: 5 mg/L

Saída do Tratamento:

Verificação do processo
desinfecção

Rede de Distribuição:

Verificação do residual para
manter a segurança da rede



METODOLOGIA

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Coliformes Totais

Uso como indicador:

* Saída do Tratamento:

Eficiência do Processo de Tratamento

* Sistema de Distribuição (reservatórios + rede):

Integridade da Rede

Bact. Heterotróficas

* Sistema de Distribuição (reservatórios + rede):

Integridade da Rede

Escherichia coli

Uso como indicador:

* Saída do Tratamento:

Contaminação fecal
(Indicador de organismo patogênico)

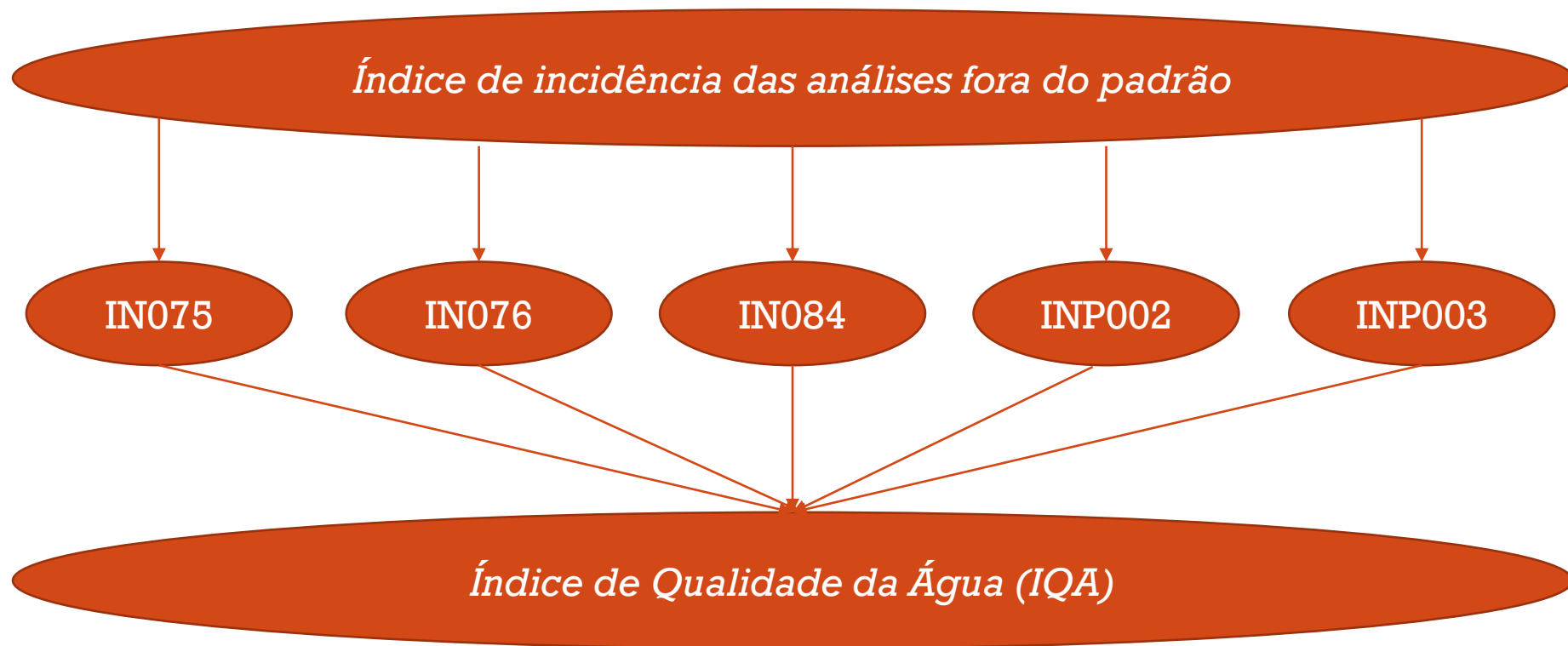
* Sistema de Distribuição (reservatórios + rede):

Contaminação fecal
(Indicador de organismo patogênico)



METODOLOGIA

INDICADORES DE DESEMPENHO



METODOLOGIA

ÍNDICE DE INCIDÊNCIA DAS ANÁLISES FORA DO PADRÃO

Indicador	Descrição	Formula de cálculo
IN075	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	$IN075 = \left(\frac{QD007}{QD006} \right) \times 100$ <p>QD007 - Quantidade de amostras para cloro residual fora do padrão (analisadas) QD006 - Quantidade de amostras para cloro residual (analisadas)</p>
IN076	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	$IN076 = \left(\frac{QD009}{QD008} \right) \times 100$ <p>QD009 - Quantidade de amostras para turbidez fora do padrão (analisadas) QD008 - Quantidade de amostras para turbidez (analisadas)</p>
IN084	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	$IN084 = \left(\frac{QD027}{QD026} \right) \times 100$ <p>QD027 - Quantidade de amostras para coliformes totais fora do padrão (analisadas) QD026 - Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas)</p>
INP002	Incidência das análises de E.coli fora do padrão	$INP002 = \left(\frac{QDP003}{QDP004} \right) \times 100$ <p>QDP003 - Quantidade de amostras para E.coli fora do padrão (analisadas) QDP004 - Quantidade de amostras para E.coli (analisadas)</p>
INP003	Incidência das análises de bactérias heterotróficas fora do padrão	$INP003 = \left(\frac{QDP005}{QDP006} \right) \times 100$ <p>QDP005 - Quantidade de amostras para Bactérias Heterotróficas fora do padrão (analisadas) QDP006 - Quantidade de amostras para Bactérias Heterotróficas (analisadas)</p>



METODOLOGIA

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Indicador	Classificação	Formula de cálculo												
IQA para SAA		$IQA = \sum_{i=1}^n [(1 - q_i) * w_i]$												
		$\sum_{i=1}^n w_i = 1$												
		onde:												
		n - número de parâmetros de qualidade da água avaliado no SAA												
		i - parâmetro avaliado												
		q _i – Indicador de Incidência das análises fora do padrão para o parâmetro i												
	w _i - Peso atribuído ao parâmetro i													
	<table><tr><th>Faixa de IQA</th><th>Classificação</th></tr><tr><td>90 < IQA ≤ 100</td><td>Excelente</td></tr><tr><td>80 < IQA ≤ 90</td><td>Bom</td></tr><tr><td>70 < IQA ≤ 80</td><td>Regular</td></tr><tr><td>50 < IQA ≤ 70</td><td>Ruim</td></tr><tr><td>0 < IQA ≤ 50</td><td>Muito Ruim</td></tr></table>	Faixa de IQA	Classificação	90 < IQA ≤ 100	Excelente	80 < IQA ≤ 90	Bom	70 < IQA ≤ 80	Regular	50 < IQA ≤ 70	Ruim	0 < IQA ≤ 50	Muito Ruim	
Faixa de IQA	Classificação													
90 < IQA ≤ 100	Excelente													
80 < IQA ≤ 90	Bom													
70 < IQA ≤ 80	Regular													
50 < IQA ≤ 70	Ruim													
0 < IQA ≤ 50	Muito Ruim													



METODOLOGIA

PONTUAÇÃO DOS ASPECTOS

Aspectos Classificação da não conformidade			Escore
Tipo (T)	Alta	Se o parâmetro for sentinela	3
	Moderada	Se o parâmetro for auxiliar	2
Severidade (S)	Alta	Substâncias muito danosas ao meio ambiente, causa efeitos graves a saúde humana, apresentam características de corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (Rodrigues, 2014).	3
	Moderada	Substâncias danosas ao meio ambiente causam efeitos leves à saúde humana (irritações ou alergias), com longo tempo de decomposição (Rodrigues, 2014).	2
	Baixa	Substâncias pouco danosas ao meio ambiente, causa efeitos negativos a saúde humana e possuem curto tempo de decomposição (Rodrigues, 2014).	1
Ocorrência (O)	----	Incidência das análises fora do padrão (normalizado)	0 a 1
Detecção(D)	Alta	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de tecnologias sofisticadas (Rodrigues, 2014).	3
	Moderada	O impacto ambiental é percebido com a utilização de medidores simples (turbidímetros, fotocolorímetros, titulações etc), (Rodrigues, 2014).	2
	Baixa	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente (Rodrigues, 2014).	1



METODOLOGIA

CÁLCULO DO PESO(W) PARA O IQA

$$R_i = \text{tipo}(T) \times (\text{severidade}(S) \times \text{ocorrência}(O) \times \text{detecção}(D)) = T \times (S \times O \times D)$$

Onde: i = Cloro Residual Livre (CRL), Turbidez, Coliformes Totais, *Escherichia coli* e Bactérias Heterotróficas

O risco total dos parâmetros de qualidade é calculado pela soma dos riscos de todos os parâmetros de acordo com a Equação abaixo:

$$R_{total} = \sum_i^n R_i = R_{CRL} + R_{Turbidez} + R_{Coliformes\ Totais} + R_{E.coli} + R_{Bac.\ Heterotróficas}$$

O peso w de um parâmetro é definido como a razão entre o risco do parâmetro pelo risco total dos parâmetros de qualidade, e é calculado pela expressão a seguir:

$$w_i = \frac{R_i}{R_{total}}$$

onde : i = CRL, Turbidez, Coliformes Totais, *Escherichia coli* e Bac. Heterotróficas



METODOLOGIA

CARACTERÍSTICA DO PESO W

Peso Dinâmico: Ocorrência (0 a 1) $\rightarrow R_i = T \times (S \times O \times D) \rightarrow w_i = \frac{R_i}{R_{total}}$

Peso Redistribuído:

Exemplo peso fixo:

$$IQA = \sum_{i=1}^n [(1 - q_i) * w_i]$$

$$IQA = (1 - 0) \times 20 + (1 - 0) \times 20 + (1 - 0) \times 20 + (1 - 0) \times 20 + (1 - 1) \times 20 = 80\%$$

Exemplo peso redistribuído:

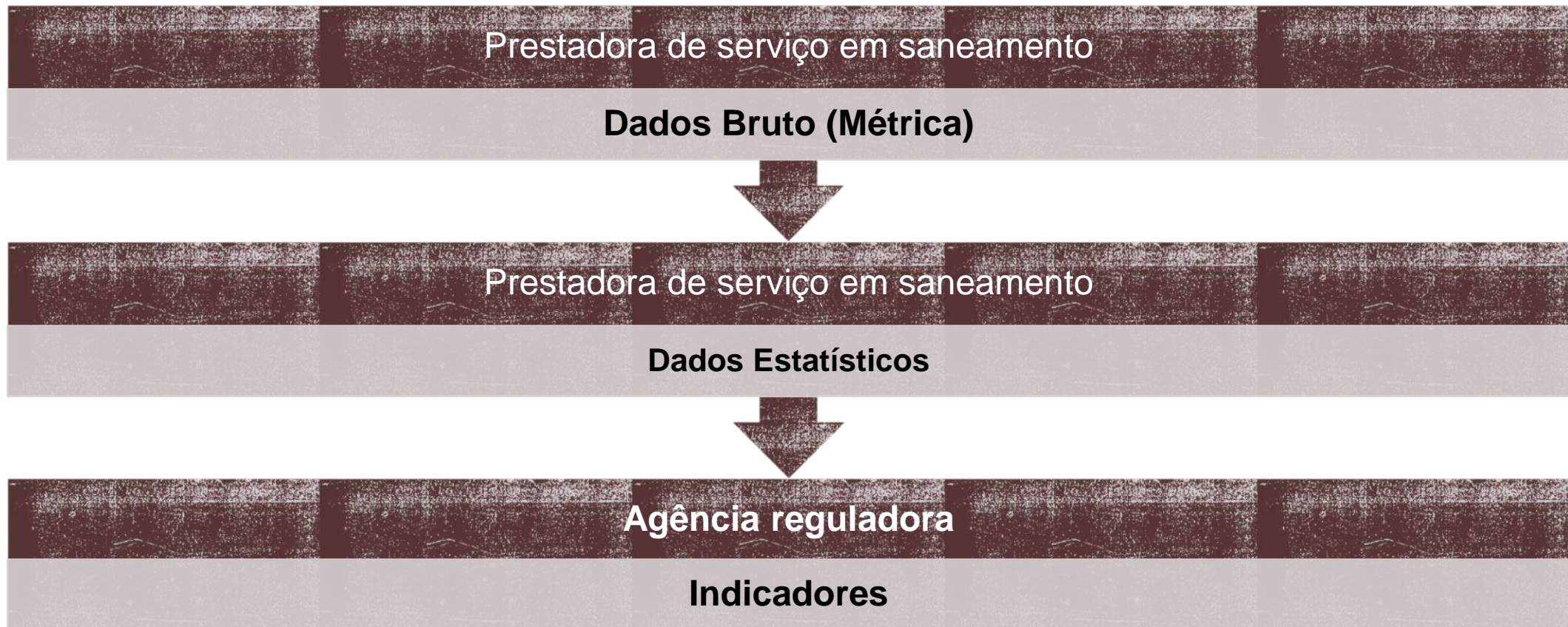
$$R_{total} = \sum_i^n R_i = R_{CRL} + R_{Turbidez} + R_{Coliformes Totais} + R_{E.coli} + R_{Bac. Heterotróficas}$$

$$w_i = \frac{R_i}{R_{total}}$$



METODOLOGIA

TIPOS DE DADOS



METODOLOGIA

DIMENSÕES E UNIDADES DOS INDICADORES

Dimensões: Local ou posição, espacial e temporal

Unidade desagregada ➡ $IN075_A = \left(\frac{QD006}{QD020} \right) \times 100$

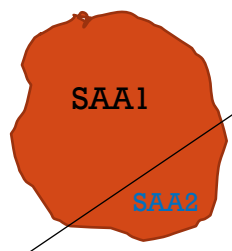
Unidade agregada ➡ $IN075_{município} = \left(\frac{\sum QD006}{\sum QD020} \right) \times 100$ ou $IN075_{município} = \left(\frac{IN079_A + IN079_B}{2} \right)$

Dimensão	Unidades desagregadas	Unidades agregadas
Local ou posição	saída do tratamento (ST) e o sistema de distribuição (RD)	Agregado (saída do tratamento + sistema de distribuição) (ST+RD)
Espacial	SAA, município	município, as gerências da prestadora e a própria prestadora
Temporal	mês	ano



METODOLOGIA

CÁLCULO UNIDADES AGREGADA



$$IN075_{município} = \left(\frac{\sum QD006}{\sum QD020} \right) \times 100$$

Jan

Município 1

+

Fev

Município 1

+

.

.

.

+

Dez

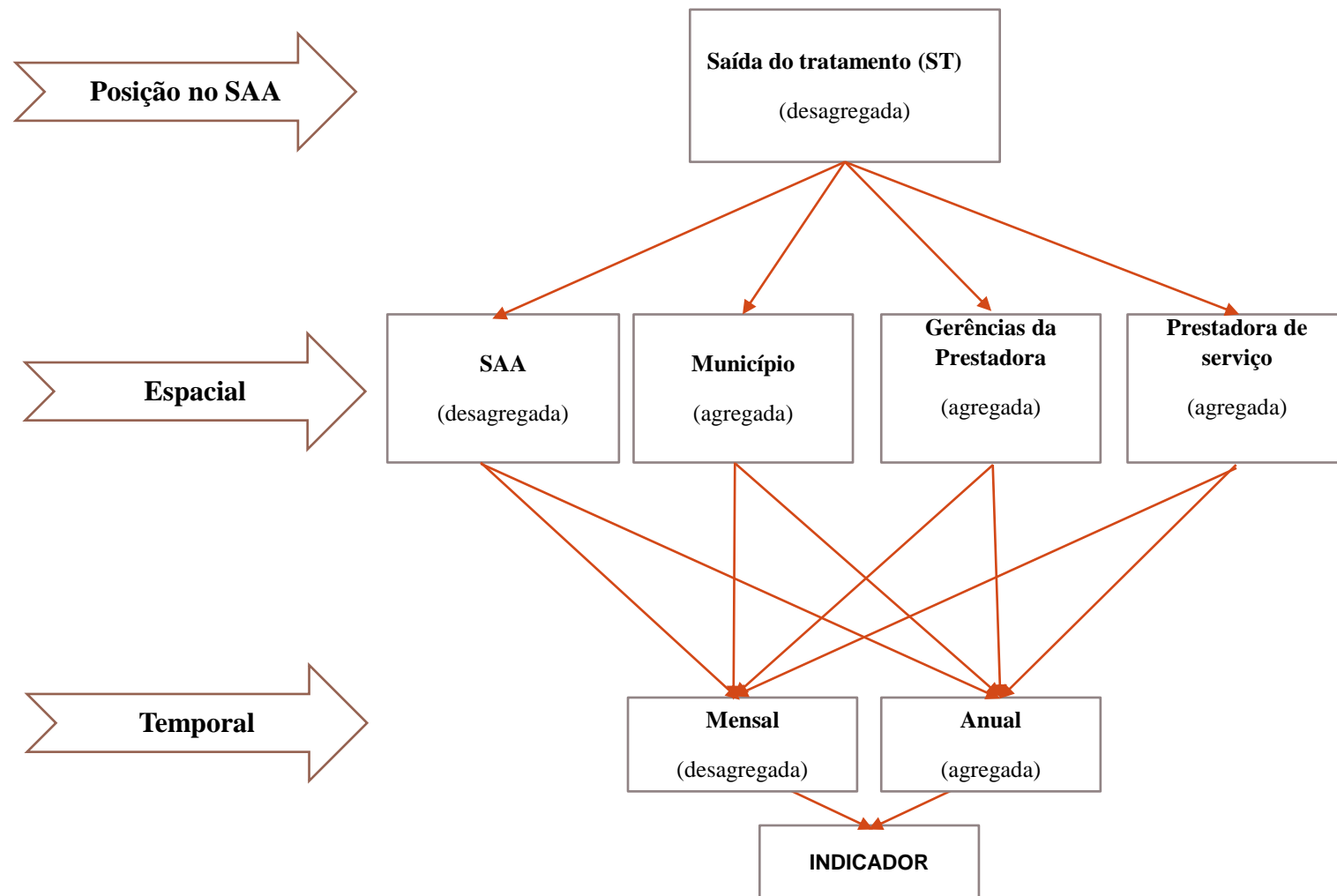
Município 1

$$IN075_{município} = \left(\frac{IN079_A + IN079_A + \dots + IN079}{12} \right)$$



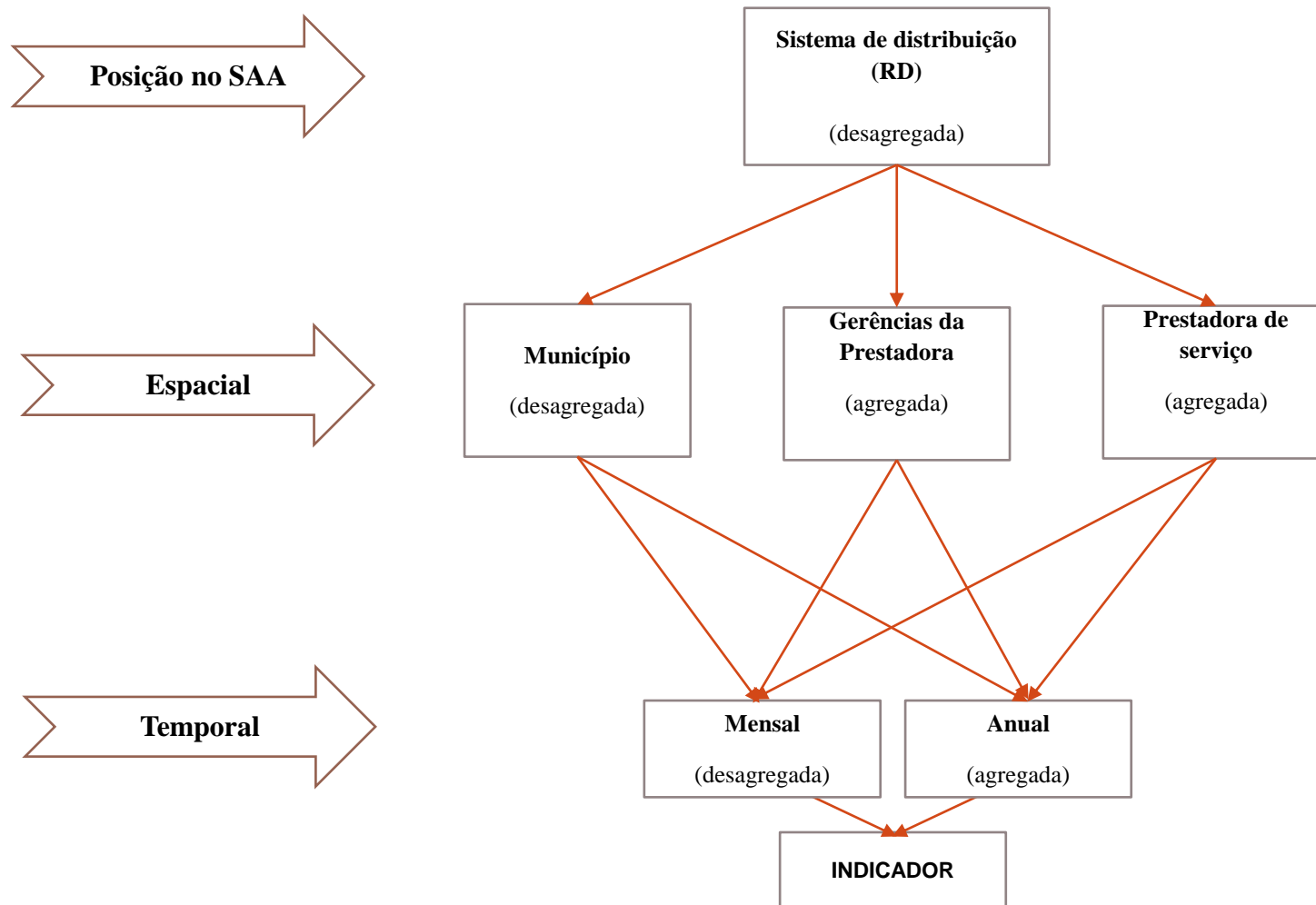
METODOLOGIA

DIMENSÕES E UNIDADES DOS INDICADORES



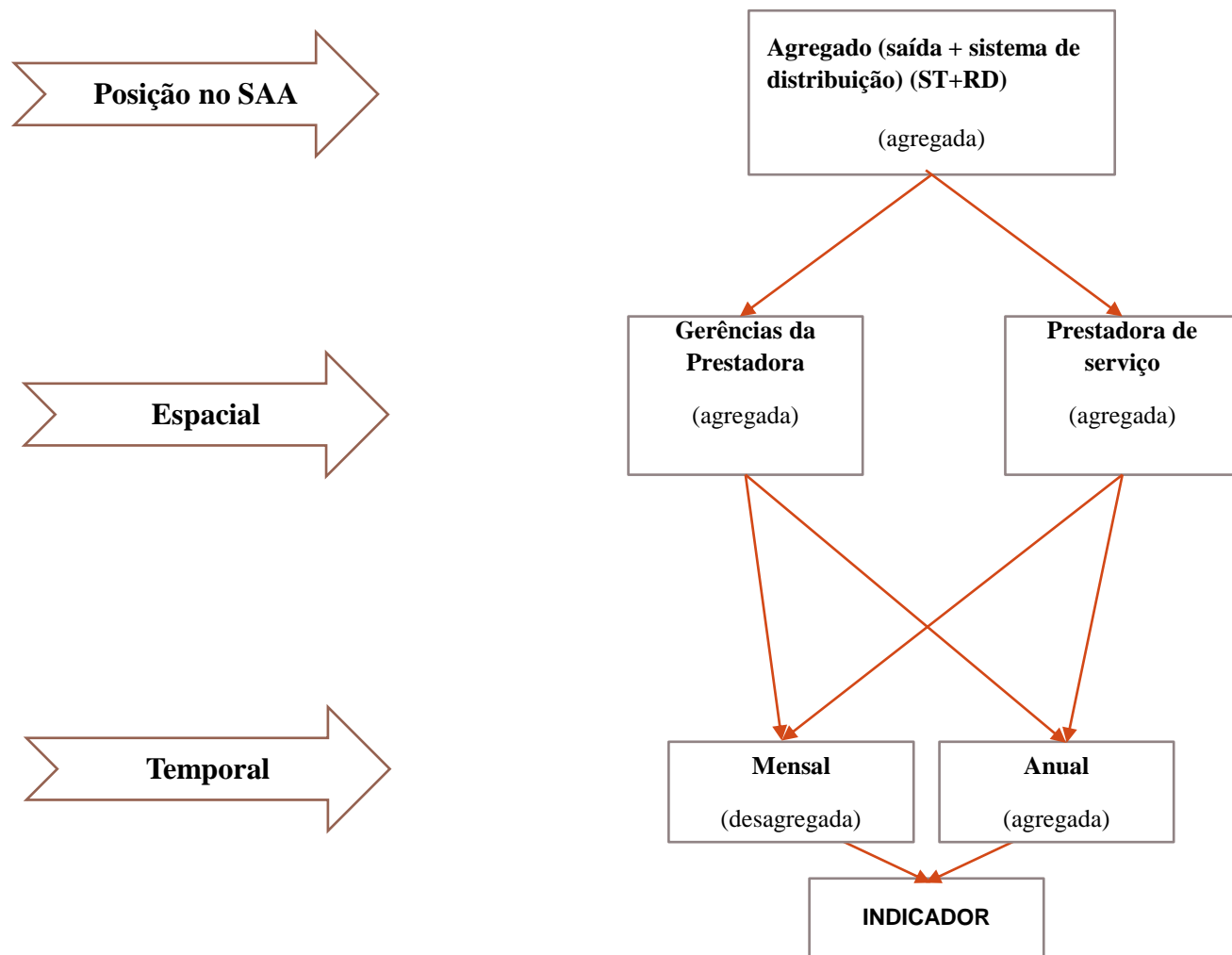
METODOLOGIA

DIMENSÕES E UNIDADES DOS INDICADORES



METODOLOGIA

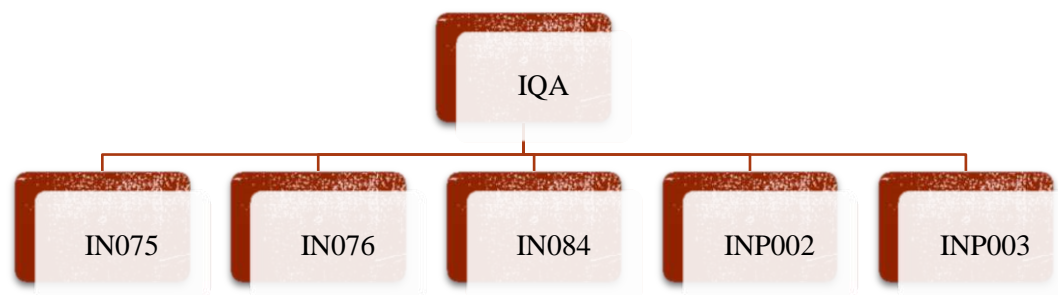
DIMENSÕES E UNIDADES DOS INDICADORES



RESULTADOS/DISCUSSÃO

SEQUÊNCIA DE AVALIAÇÃO

1 - Sequência de avaliação dos indicadores a ser observada



2 - Sequência de avaliação a ser observada em relação a dimensão espacial da prestadora

Prestadora

Obter uma panorama geral da prestadora em relação a qualidade da água

Gerências da Prestadora

Avaliar as gerências, observar IQA, e verificar as condições em relação ao tratamento da água (direcionando a fiscalização direta)

Municípios e SAA

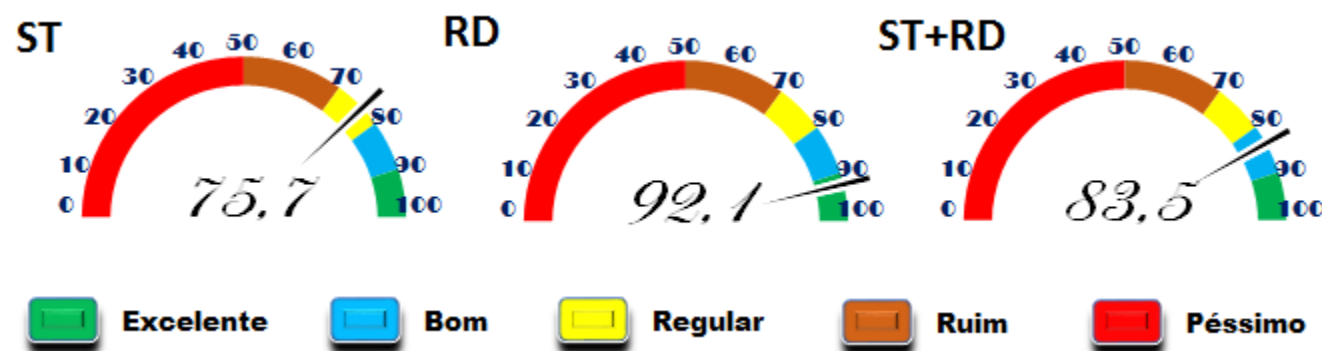
De posse da avaliação das condições das gerências, calcular os indicadores por municípios e SAA pertencentes as gerências (diminuir a assimetria da informação e obter indícios de não conformidades)



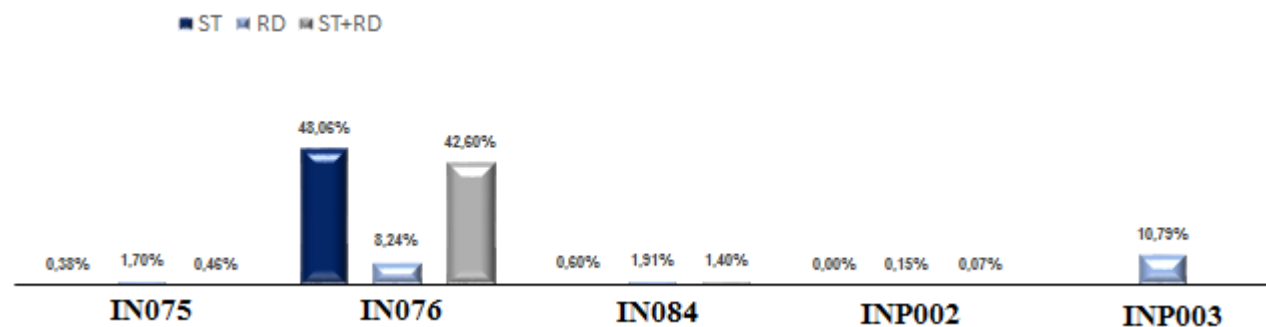
RESULTADOS/DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DA PRESTADORA (2018)

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (2018)



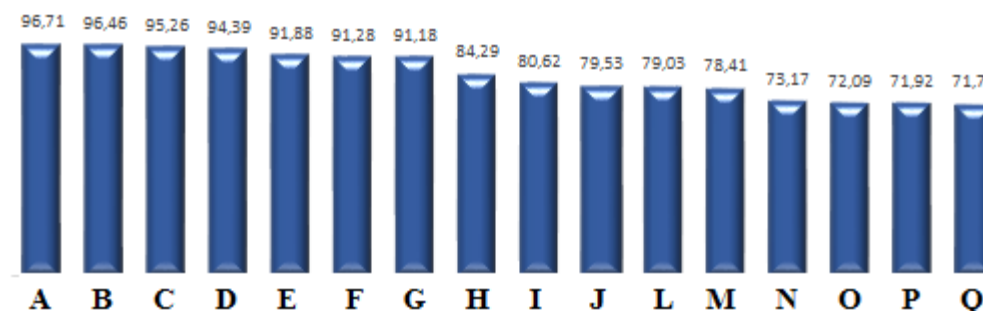
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (2018)



RESULTADOS/DISCUSSÃO

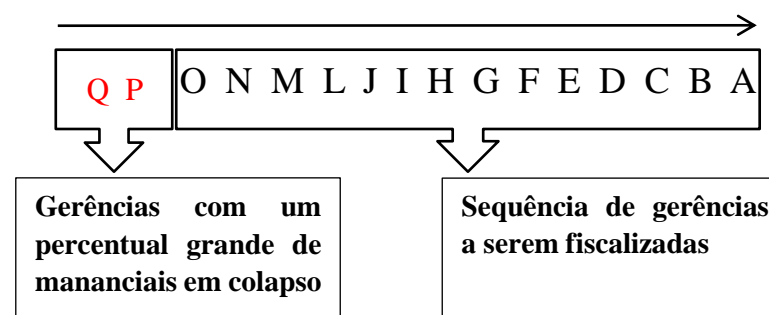
AVALIAÇÃO DAS GERÊNCIAS DA PRESTADORA (2018)

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA AS GERÊNCIAS (2018)



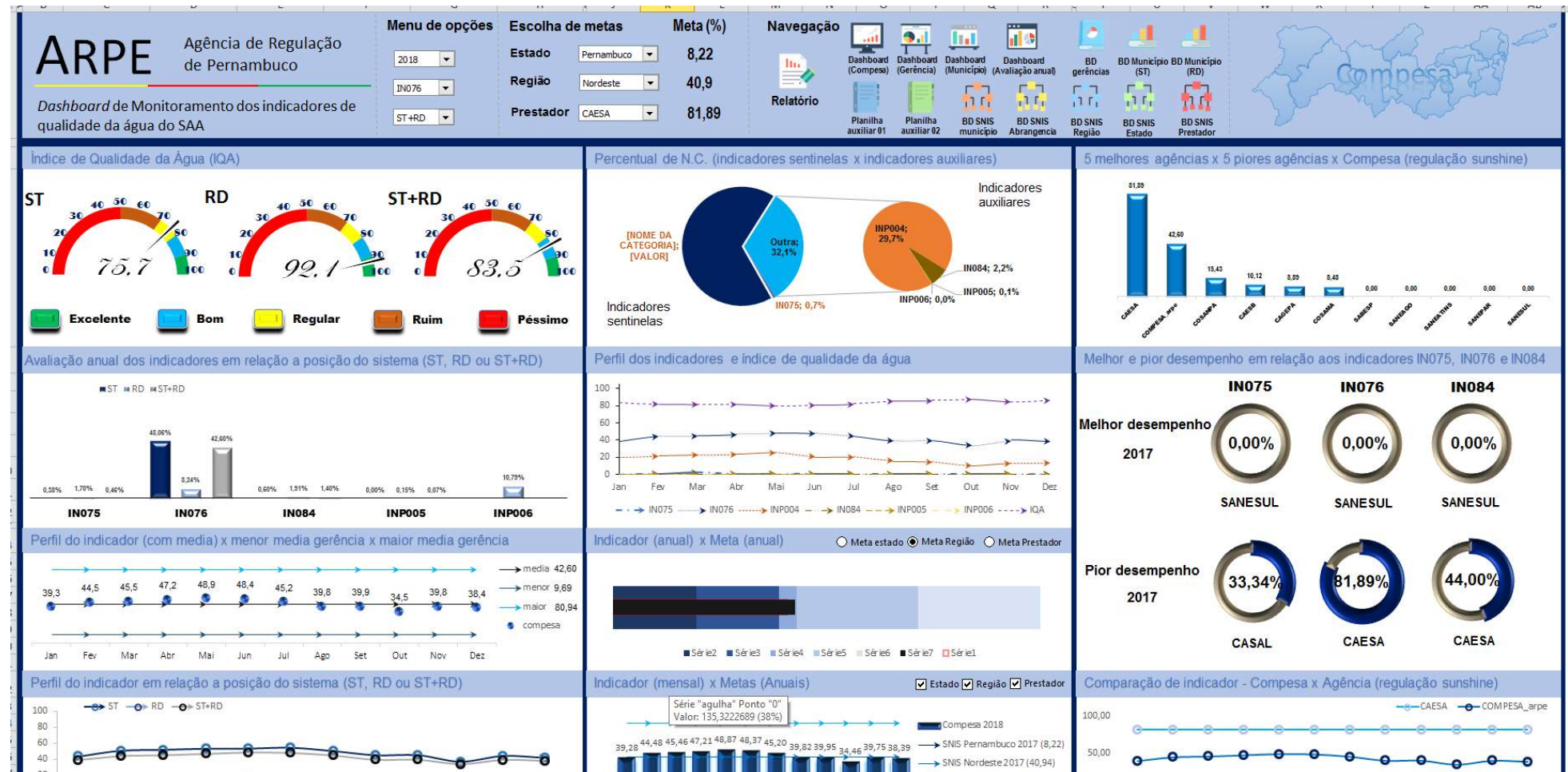
DIRECIONAMENTO DA FISCALIZAÇÃO DIRETA

VETOR DE FISCALIZAÇÃO DIRETA



RESULTADOS/DISCUSSÃO

EXEMPLO DE PAINEL



RESULTADOS/DISCUSSÃO

EXEMPLO DE PAINEL



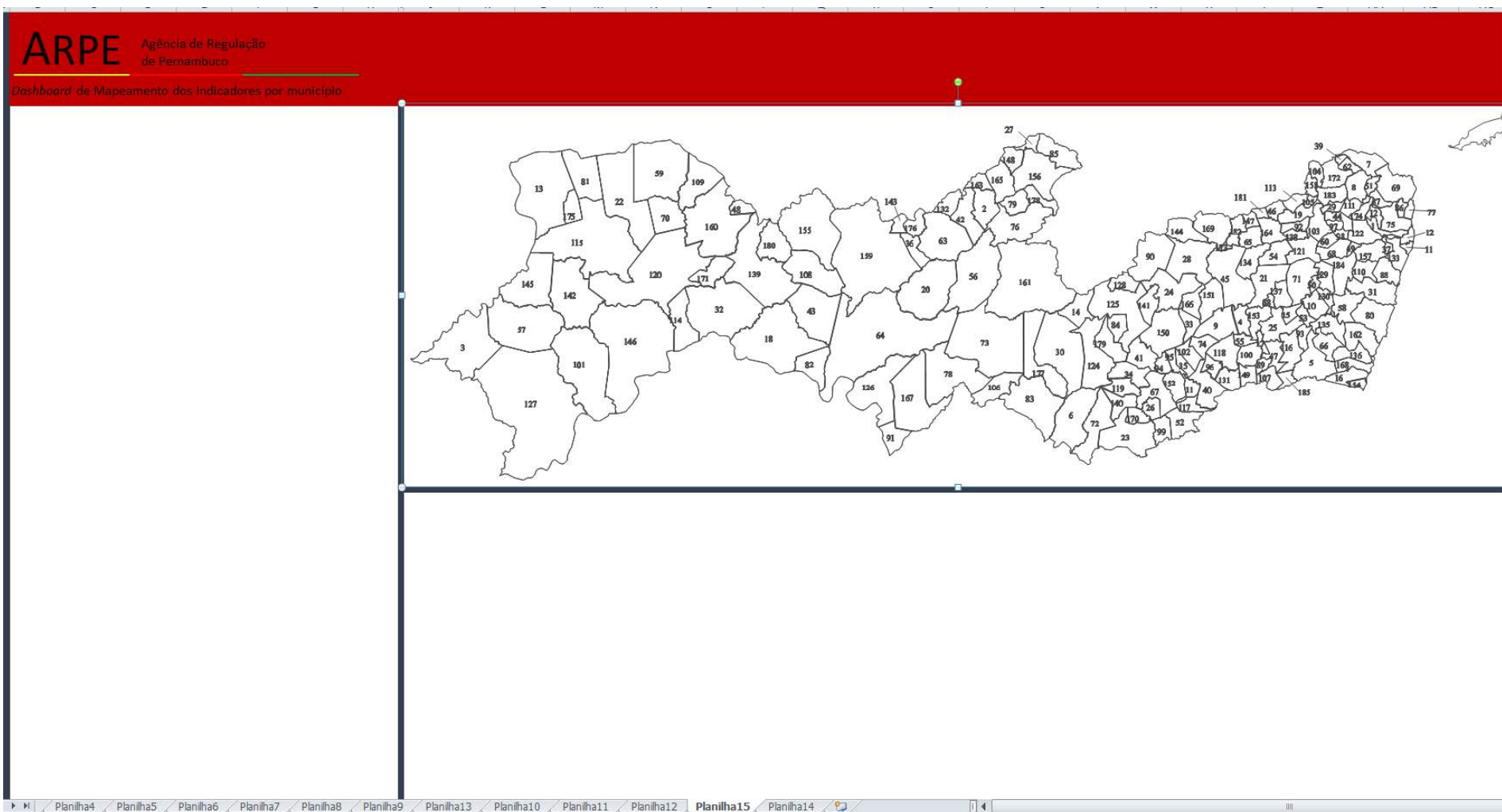
RESULTADOS / DISCUSSÃO

EXEMPLO DE PAINEL



RESULTADOS/DISCUSSÃO

EXEMPLO DE PAINEL



RESULTADOS/DISCUSSÃO

FORMAS DE AVALIAÇÃO NO RELATÓRIO

1) Gráficos: regulação por exposição

2) Elementos Pictóricos:

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Faixa de IQA	Classificação
$90 < IQA \leq 100$	Excelente
$80 < IQA \leq 90$	Bom
$70 < IQA \leq 80$	Regular
$50 < IQA \leq 70$	Ruim
$0 < IQA \leq 50$	Muito Ruim

ÍNDICE DE INCIDÊNCIA DAS ANÁLISES FORA DO PADRÃO

Valores de referência do indicador	Classificação
ANEXO XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde	Ideal
SNIS Estado de Pernambuco	Satisfatório
SNIS Região Nordeste	Pouco satisfatório
----	Insatisfatório

3) Sistema de pontuação: critério de ranking



RESULTADOS/DISCUSSÃO

FORMAS DE AVALIAÇÃO NO RELATÓRIO

RELATÓRIO ANUAL: REGULAÇÃO POR EXPOSIÇÃO (ELEMENTOS PICTÓRICOS, GRÁFICOS E TABELA)

RELATÓRIO PARA FISCALIZAÇÃO: AUXILIAR A FISCALIZAÇÃO E DIMINUIR A ASSIMETRIA DA INFORMAÇÃO

RELATÓRIO MENSAL (SIMPLES): MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA (DADOS OU ELEMENTOS PICTÓRICOS)

PRODUTOS:

Nota Técnica ou Relatório Técnico

Desenvolvimento de Script de leitura de planilhas e cálculo dos indicadores em Visual Basic.

Planilhas para armazenamento dos dados (indicadores)

Desenvolvimento de painéis de visualização dos indicadores (dashboards)

O que falta?

Qualidade

Operacionais

Econômicos
- Financeiro

Fiscalização

Normativo em relação aos indicadores.

Sistema de informação que permita
trabalhar com dados.

