



## **II-042 – IGQET - ÍNDICE GERAL DE QUALIDADE DE ESGOTO TRATADO, UMA FERRAMENTA PARA CONTROLE DE QUALIDADE NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE JOINVILLE, SC.**

**Claudia Rocha<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenadora das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Cia Águas de Joinville - SC. Doutoranda em Ecologia e Conservação pela UFPR.

**Márcio Ravadelli**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental Universidade Federal de Santa Catarina pela UFSC. Gerente de Produção e Controle de Qualidade da Companhia Águas de Joinville - SC

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Coronel Procópio Gomes, 790 - Bucarein - Joinville - SC - CEP: 89202-300 - Brasil - Tel: (47) 3481-1400 - e-mail: [claudia.rocha@aguasdejoinville.com.br](mailto:claudia.rocha@aguasdejoinville.com.br)

### **RESUMO**

O simples cálculo de eficiência na remoção da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), não reflete o real desempenho das estações de tratamento de esgotos (ETEs) em relação ao atendimento aos padrões de lançamento de efluentes definidos pela legislação. Este trabalho consiste em desenvolver um indicador de qualidade para o esgoto tratado, considerando os principais parâmetros contemplados no enquadramento dos corpos receptores e padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, Decreto Estadual 14.250/1981 e Resolução COMDEMA 001/2007. O desenvolvimento do IGQET (Índice Geral de Qualidade de Esgoto Tratado) se baseou no IQA<sub>CETESB</sub>, Índice de Qualidade de Água, desenvolvido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), entretanto as curvas das notas foram definidas a partir de classes de valores estabelecidas com base nas legislações aplicáveis e características do esgoto bruto, definidas a partir de um histórico de análises. Além de indicar a qualidade o efluente tratado pode ser utilizado para avaliação operacional de etapa do tratamento, entre as unidades de tratamento existentes e ainda de seus impactos no corpo receptor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice de Qualidade, Estações de Tratamento de Esgotos.

### **INTRODUÇÃO**

A bibliografia referente ao tratamento de esgotos reporta-se apenas ao cálculo da eficiência na remoção de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), como principal indicador de desempenho das estações de tratamento de esgotos (ETEs). No entanto, o simples cálculo de eficiência não reflete o real desempenho das ETEs, uma vez que a legislação brasileira vem restringindo cada vez mais a concentração de outros parâmetros nos efluentes tratados, destacando-se o nitrogênio e fósforo e, uma alta eficiência na remoção de DBO não representa necessariamente o cumprimento da legislação e a proteção do corpo receptor.

A limitação do cálculo de simples eficiência somada à necessidade da empresa em apresentar um indicador único, que representasse a eficiência de suas estações de tratamento de esgotos em relação a sua missão e visão, motivaram a equipe técnica a buscar um novo indicador, não apenas de desempenho, mas também de qualidade, para compor os indicadores estratégicos da empresa.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um indicador de qualidade para o esgoto tratado, considerando os principais parâmetros contemplados no enquadramento dos corpos receptores e padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, Decreto Estadual 14.250/1981 e Resolução COMDEMA 001/2007.



## MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do IGQET (Índice Geral de Qualidade de Esgoto Tratado) se baseou no  $IQA_{CETESB}$ , Índice de Qualidade de Água, desenvolvido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Para cálculo do IQA, cuja finalidade é avaliar a qualidade da água dos rios como fonte para o abastecimento público e preservação da vida aquática, parâmetros físico-químicos e bacteriológicos receberam diferentes pesos ( $w$ ), de acordo com sua importância, sendo que a soma dos pesos dos parâmetros é igual a um (1). De acordo com a concentração apresentada, cada parâmetro analisado recebe uma nota ( $q$ ), variando de 5 a 100, conforme curvas pré-definidas para cada parâmetro. O IQA será correspondente ao produto das notas atribuídas a cada parâmetro elevado ao seu respectivo peso.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

**Figura 1. Equação de cálculo do  $IQA_{CETESB}$**

Onde:

$n$  = número de parâmetros

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro dado pela concentração

$w_i$  = peso dado ao  $i$ -ésimo parâmetro entre 0 e 1, em função da importância

A partir deste indicador, foram feitas adaptações às necessidades da empresa, desenvolvendo-se então o IGQET (tabela I), que considera os mesmos parâmetros e pesos utilizados no  $IQA_{CETESB}$  entretanto as curvas das notas foram definidas a partir de classes de valores estabelecidas com base nas legislações aplicáveis e características do esgoto bruto, definidas a partir de um histórico de análises. Assim, um parâmetro recebe nota 100 (cem) se está de acordo com o padrão de qualidade do corpo receptor, e nota 80 (oitenta) se obedece aos padrões de lançamento de efluente tratado, tendo sua nota reduzida na medida em que se afasta deste padrão, até atingir características de esgoto bruto, que corresponderia a nota mínima 5 (cinco). Se um parâmetro não for analisado, este recebe a nota zero (0).



Tabela I. Critérios adotados para pontuação de cada parâmetro que compõe o IGQET.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (w=0,10)		
DBO (mg O <sub>2</sub> /L)	q	Critérios
5	100	Padrão Corpo Receptor Classe II (Dec.Est 14250/81)
60	80	Padrão Lançamento de Efluentes (Dec.Est 14250/81)
170	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)
Fósforo Total - PT (w=0,10)		
PT (mg P/L)	q	Critérios
0,05	100	50%*Padrão de Lançamento
1	80	Padrão Lançamento de Efluentes (Dec.Est 14250/81)
16,63	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)
Obs. Conama 357 define Ptotal = 0,1 para classe II, porém o enquadramento atual dos corpo receptores segue o Decreto Estadual 14.250/1981, que não sita valores		
Nitrogênio Total - NT (w=0,10)		
NT (mg N/L)	q	Critérios
5	100	50%*Padrão de Lançamento
10	80	Padrão Lançamento de Efluentes (Dec.Est 14250/81)
50	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)
Obs. Conama 357 define para séria nitrogenada ~12mg/L de N para classe II, porém o enquadramento atual dos corpo receptores segue o Decreto Estadual 14.250/1981, que não sita valores		
Turbidez (w=0,08)		
Turbidez (NTU)	q	Critérios
10	100	Média Rio Cubatão
40	80	Nota 100 IQA CETESB
90	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)
Obs. Não contemplado pela legislação		
Sólidos Suspensos Totais - SST (w=0,08)		
SST (mg/L)	q	Critérios
375	100	25%- padrão de lançamento
500	80	Padrão Lançamento de Efluentes (COMDEMA 001/07)
690	50	38%+padrão de lançamento
970	5	94%+padrão de lançamento
Escherichia coli - E.coli (w=0,15)		
E.coli(NMP/100mL)	q	Critérios
1000	100	Padrão Corpo Receptor Classe II (Dec.Est 14250/81)
2000	80	Padrão Lançamento de Efluentes (Dec.Est 14250/81)
5070000	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)
pH (w=0,12)		
pH	q	Critérios
6	80	Padrão Lançamento de Efluentes I (Dec.Est 14250/81)
7,5	100	Média padrão de lançamento I e II
9	80	Padrão Lançamento de Efluentes II (Dec.Est 14250/81)
Temperatura - T (w=0,10)		
T (°C)	q	Critérios
30	100	25%- padrão de lançamento
40	80	Padrão Lançamento de Efluentes (COMDEMA 001/07)
55,2	50	38%+padrão de lançamento
77,6	5	94%+padrão de lançamento
Oxigênio Dissolvido - OD (w=0,17)		
OD (mg/L)	q	Critérios
5	100	Padrão corpo receptor (Dec Est 14250/81;CONAMA 357/05)
0,2	80	Padrão Lançamento de Efluentes (COMDEMA 001/07)
0,000001	5	Características do Esgoto Bruto na ETE Jarivatuba (Rocha,2005)



## RESULTADOS

A partir dos critérios definidos na tabela I, foram estabelecidas curvas para cada parâmetro, ajustadas às curvas propostas para o IQA<sub>CETESB</sub>, e enfim estabelecidas equações para pontuação de cada parâmetro. Como prerrogativa para definição das equações, estas deveriam apresentar  $R^2 > 0,95$  (figuras 2 a 11).

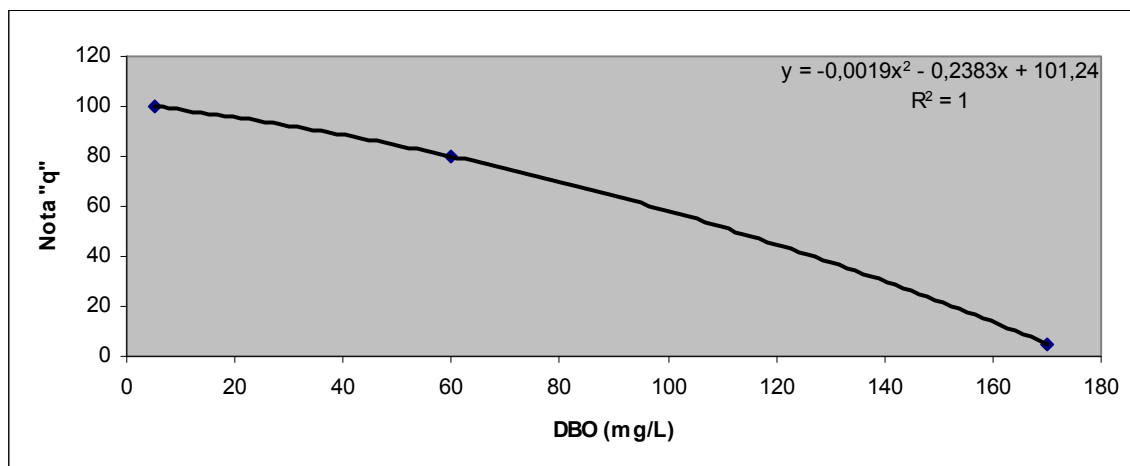


Figura 2. Curva da DBO e respectiva equação.

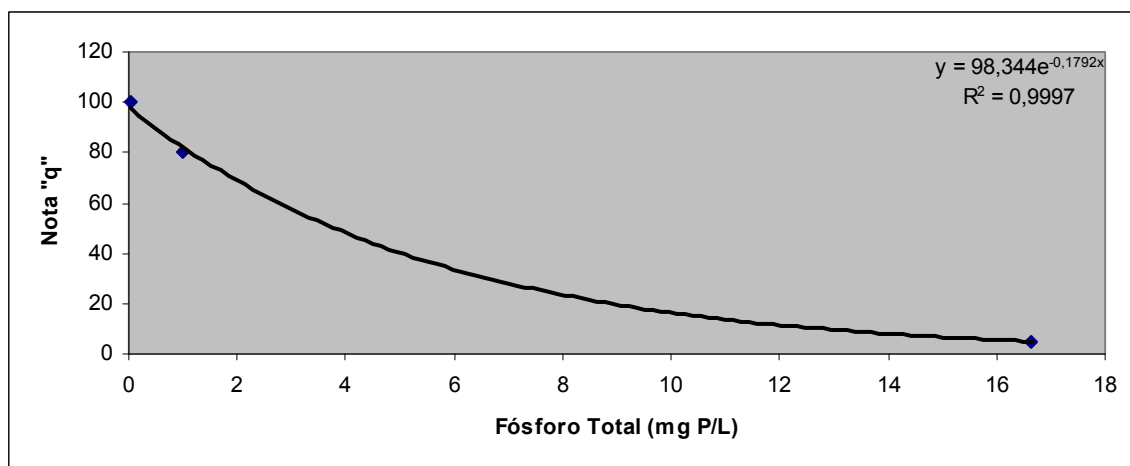


Figura 3. Curva de Fósforo Total e respectiva equação.

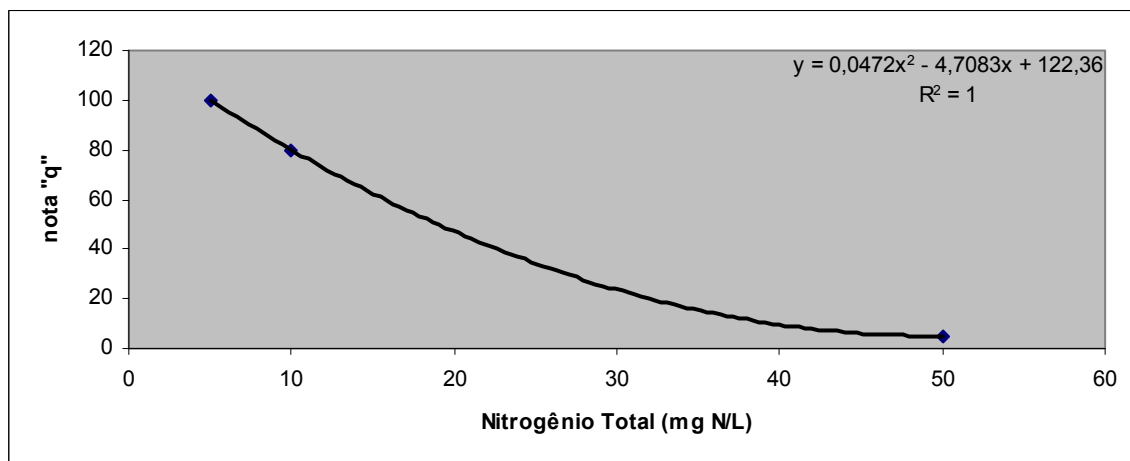


Figura 4. Curva de Nitrogênio Total e respectiva equação.

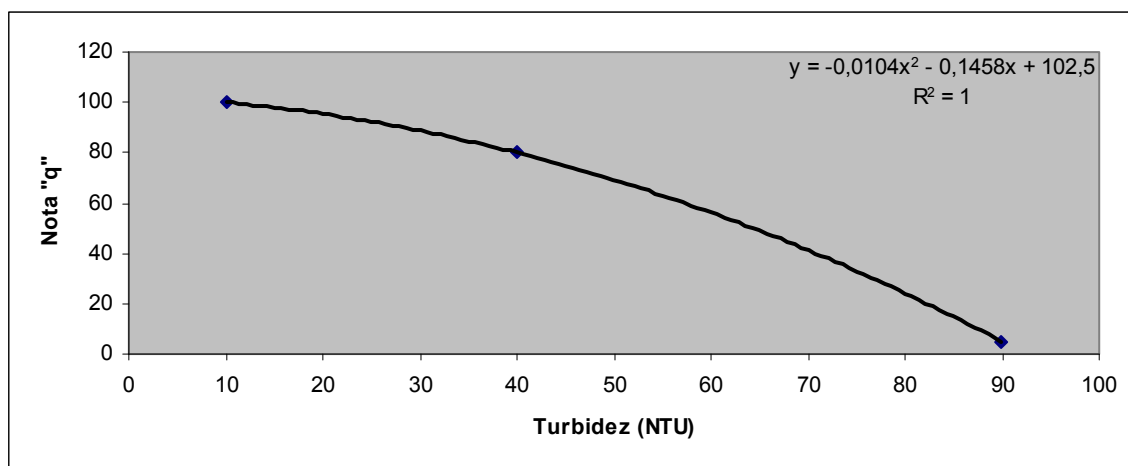


Figura 5. Curva de Turbidez e respectiva equação.

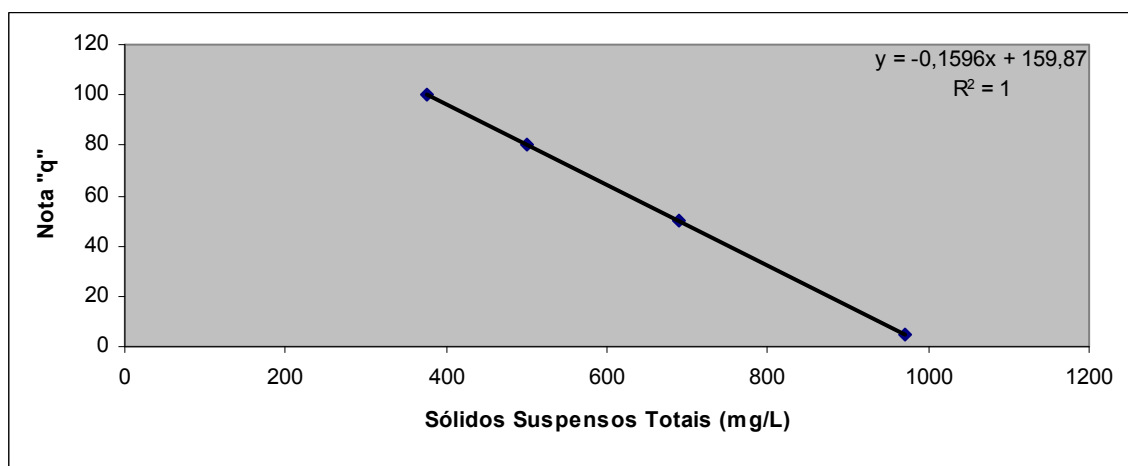


Figura 6. Curva de Sólidos Suspensos Totais e respectiva equação.

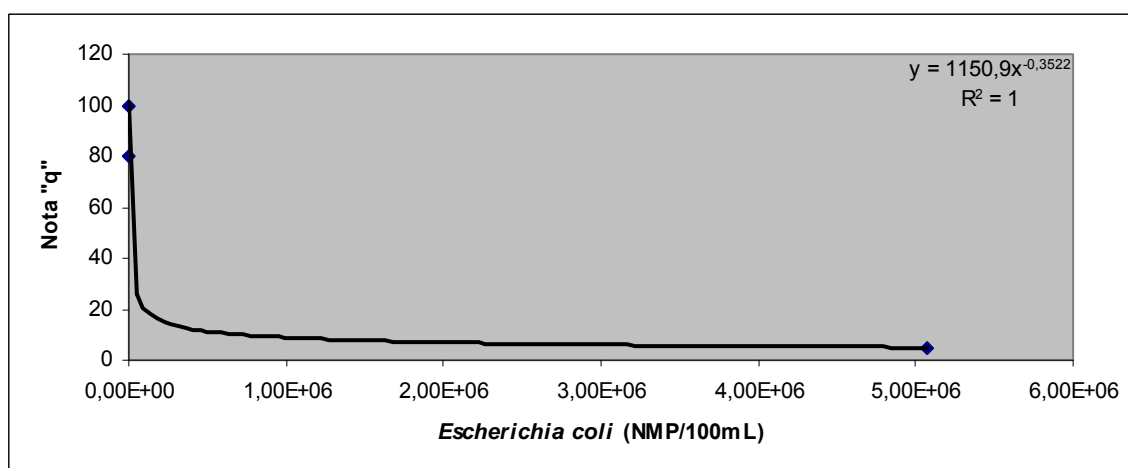


Figura 7. Curva de *Escherichia coli* e respectiva equação.

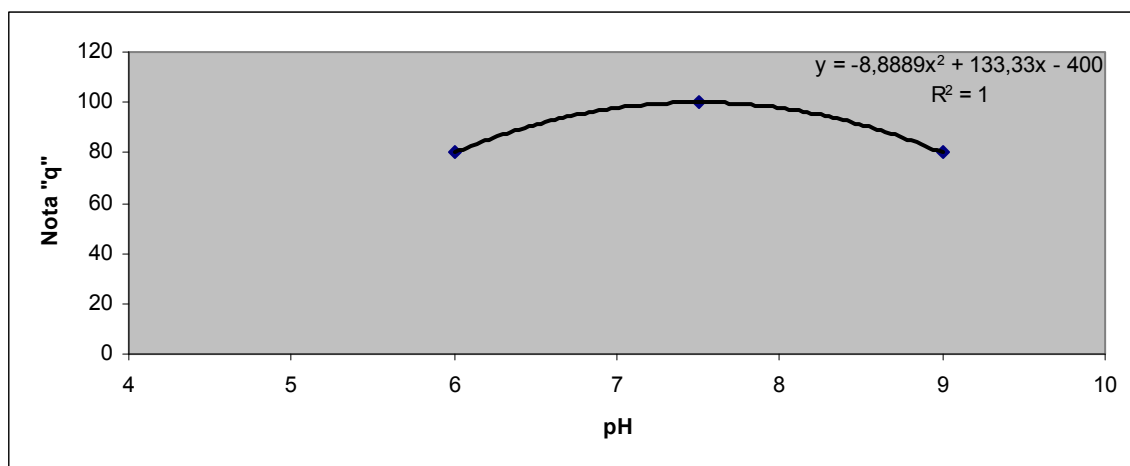


Figura 8. Curva de pH e respectiva equação.

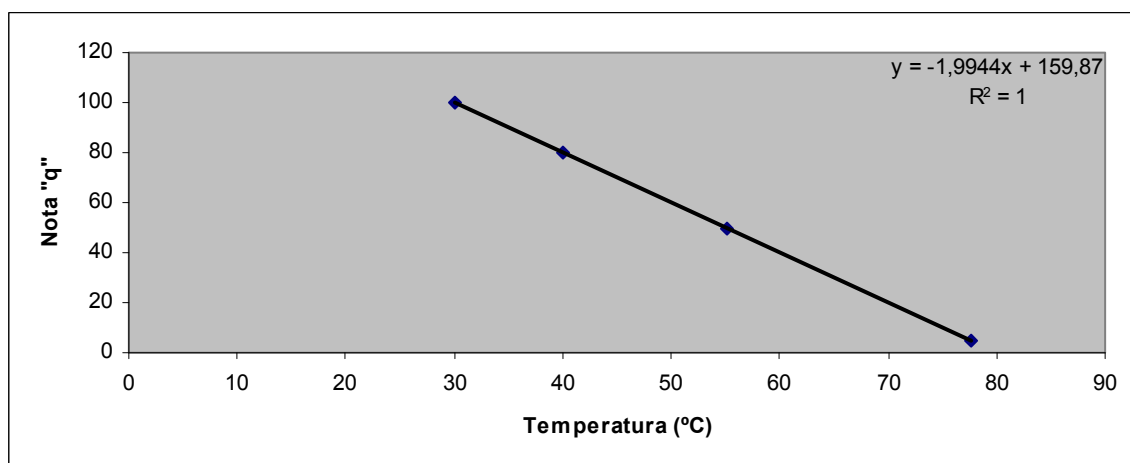


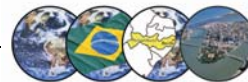
Figura 9. Curva de Temperatura e respectiva equação.

Tabela II. Pesos e equações das notas de cada parâmetro que compõe o IGQET

Parâmetro	Peso (w) $\Sigma=1,00$	Nota (q)	OBSERVAÇÕES	R²
DBO (mg/L)	0,10	$y = -0,0019x^2 - 0,2383x + 101,24$	Se $x > 170$ , $y=5$ ; se $x < 5$ , $y=100$	1,00
Fósforo Total (mg/L)	0,10	$y = 98,344e-0,1792x$	Se $x > 16,63$ , $y=5$ ; se $x < 0,05$ , $y=100$	0,99
pH	0,12	$y = -8,8889x^2 + 133,33x - 400$	Se $4,2 > x > 10,6$ , $y=3$	1,00
Sólidos Suspensos Total (mg/L)	0,08	$y = -0,1596x + 159,87$	Se $x > 970$ , $y=5$ ; se $x < 375$ , $y=100$	1,00
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,17	$y = 6,1549\ln(x) + 90,011$	Se $x > 5$ , $y=100$ ; se $x < 0,02$ , $y=5$	1,00
Turbidez (UT)	0,08	$y = -0,0104x^2 - 0,1458x + 102,5$	Se $x > 90$ , $y=5$ ; se $x < 10$ , $y=100$	1,00
Nitrogênio Total (mg/L)	0,10	$y = 0,0472x^2 - 4,7083x + 122,36$	Se $x > 50$ , $y=5$ ; se $x < 5$ , $y=100$	1,00
Temperatura (°C)	0,10	$y = -1,9944x + 159,87$	Se $x > 77,6$ , $y=5$ ; se $x < 30$ , $y=100$	1,00
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	0,15	$y = 1150,9x - 0,3522$	Se $x > 5070000$ , $y=5$ ; se $x < 1000$ , $y=100$	1,00

Onde: x = concentração ou situação de determinado parâmetro; y = nota correspondente

Como o planejamento estratégico da empresa exige um acompanhamento mensal dos indicadores, para viabilizar o cálculo mensal do IGQET mesmo no caso de um ou mais parâmetros não terem sido analisados, este é obtido a partir do somatório das notas obtidas por cada parâmetro multiplicadas pelos respectivos pesos.



Este índice é calculado para cada ponto de lançamento de esgoto tratado em cada ETE. Após é feita uma ponderação levando em consideração o volume de esgoto tratado em cada unidade, chegando-se a um valor geral que representa a qualidade do efluente tratado em todas as unidades de tratamento operadas pela empresa (figura 10).

$$IGQET = \frac{\left( \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i \right)_a \cdot V_a + \left( \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i \right)_b \cdot V_b + \left( \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i \right)_c \cdot V_c}{V_a + V_b + V_c}$$

**Figura 10. Equação de cálculo do IGQET**

Onde:

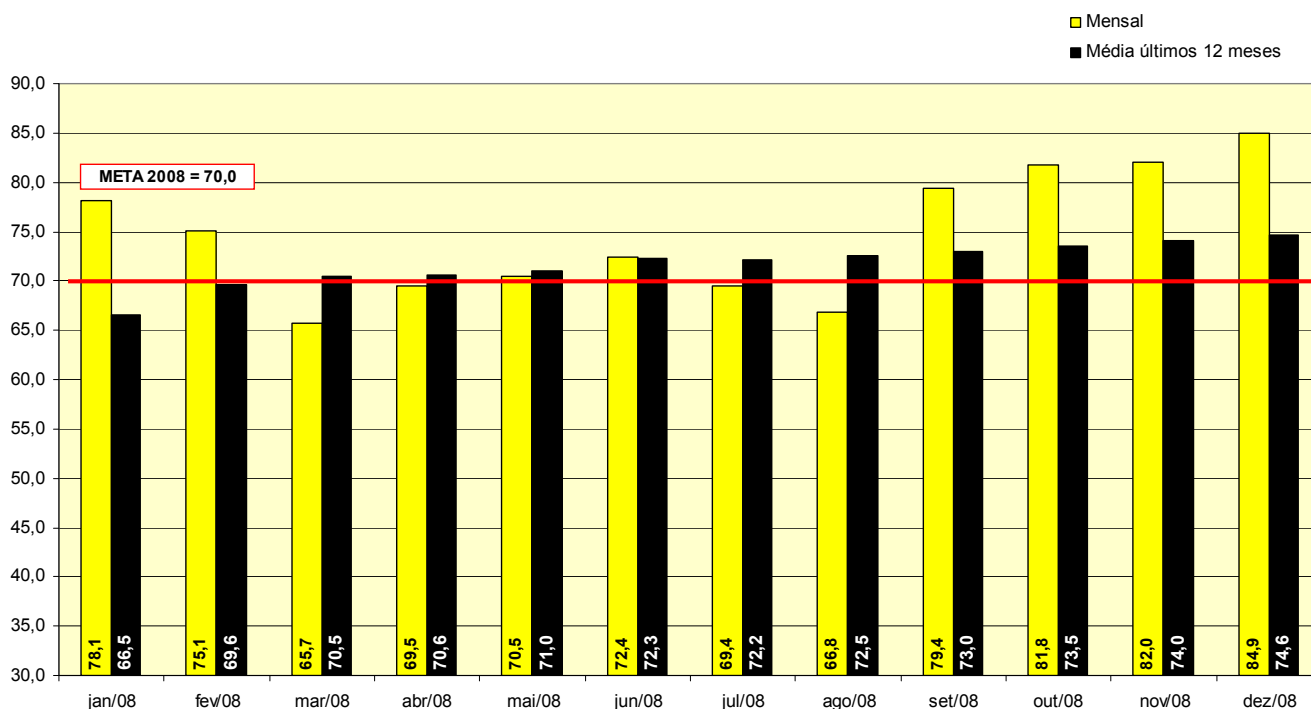
n = número de parâmetros

qi = qualidade do inésimo parâmetro dado pela concentração na ETE a, b ou c

wi = peso dado ao inésimo parâmetro entre 0 e 1, em função da importância

V = volume de esgoto tratado pela ETE a, b ou c

Calculou-se então o IGQET para todos os meses a partir de janeiro de 2007 obtendo-se a seguinte resultados em 2008 (figura 11) e 2009 (figura 12).



**Figura 11. IGQET 2008**

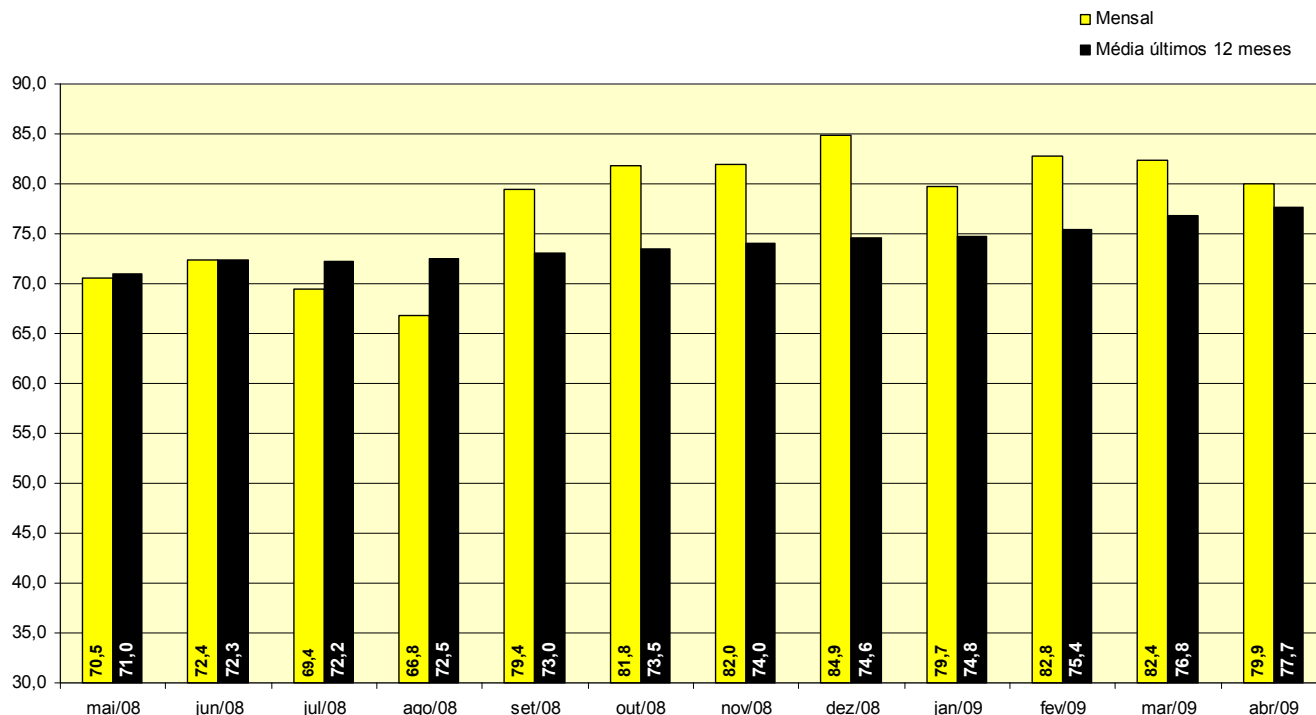


Figura 12. IGQET 2008

## CONCLUSÕES

O IGQET apresenta, em relação ao IQA, o diferencial de indicar o atendimento ou não aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação brasileira. Além disso, ao contrário do IQA, no caso da impossibilidade de se analisar um determinado parâmetro num ciclo de análises, isto não inviabiliza seu cálculo, apesar de contribuir para a queda do indicador, uma vez que a nota atribuída para este parâmetro será igual a zero. Ou seja, apesar de calculado, o indicador é visivelmente afetado pela não regularidade no monitoramento, indicando também a importância que a empresa atribui a esta prática.

O IGQET pode ainda ser utilizado como indicador operacional, permitindo a avaliação das diferentes etapas dos tratamentos existentes, a comparação entre as unidades tratamento e ainda a determinação deste impacto no corpo receptor.

No entanto, o indicador apresenta algumas limitações, no sentido de não ser possível determinar um referencial comparativo, uma vez que está baseado na legislação local. Além disso, observa-se a necessidade de ajustes no cálculo, de forma que um parâmetro que obteve nota (q) elevada, não compense outro com q abaixo da meta.

Estes ajustes podem ainda contemplar a supressão de parâmetros cuja série histórica apontem baixas variações e atendimento integral aos padrões de lançamento, bem como a inclusão de parâmetros com alta variação e significância no processo de tratamento como um todo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. \_\_\_\_\_. Decreto Estadual 14.250, de 05 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental. Diário Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.





2. \_\_\_\_\_ Resolução nº 001, de 18 de janeiro de 2007 do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMDEMA). Regulamenta o capítulo XIII da Lei complementar 29/96, do Código Municipal de Meio Ambiente.
3. ROCHA, Claudia. Proposta para o Gerenciamento da Estação de Tratamento de Esgotos Jarivatuba – ETE Jarivatuba, Joinville, SC. Florianópolis: Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2005.
4. IQA. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp)> Acessado em 15/10/2006 as 10:12.35.