

AUTOMATIZAÇÃO DA ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA USANDO A FERRAMENTA EXCEL

Jader Paulo Gonçalves Verdade Júnior ¹ e Eduardo Felipe Cavalcanti Correa de Oliveira ²

Resumo – O presente trabalho almeja automatizar estudos referentes a qualidade de água, enfocando-se os usos pela sociedade do citado insumo econômico e a capacidade de diluição do corpo hídrico. Buscou-se com o desenvolvimento do programa, usando a ferramenta computacional *EXCEL*, agilizar e flexibilizar: a elaboração de diagnóstico de qualidade de água; o conhecimento de cenários atuais e futuros possíveis e a produção de informações para tomada de decisões quanto a gestão dos recursos hídricos a nível espacial e temporal. Seguiu-se no desenvolvimento metodológico do programa a resolução CONAMA No 20 de 1986 e literatura consagrada sobre o assunto.

Abstract - The present work aims automate studies about quality water, in special the user of water to society and the dilution capacity of water source With the development of program, using the EXCEL tool, wait help: the production of diagnosis of water quality, the knowledge of presents and futures scenaries and the information for the help the definitive decisions in management of the water resources in time and spacial. The methodology of program used the legislation (CONAMA No 20) and books about this subject .

Palavras-Chave - automatizar, qualidade da água, diagnóstico /**Key Words** – water quality, automate, diagnosis

¹ Aluno de Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília – UnB
SqN 416 – Bloco “K” – Apartamento 305 – Asa Norte – Brasília – DF; CEP: 70879-110,
Telefone: (061) 9978-7888 / 3477887 E-mail: verdade@yawl.com.br

² Engenheiro Civil/UnB e Mestre em Recursos Hídricos/UFPb – Consultor
QI. 07 – Conjunto 06 – Casa 15, Lago Sul, Brasília, Distrito Federal

INTRODUÇÃO

O programa foi elaborado em três módulos. No primeiro, aborda-se a qualidade da água sob aspectos físico, químico e biológico, de forma a analisar a satisfação ou não do atendimento a nível de usuários para diversos fins: irrigação, abastecimento, piscicultura, lazer e recreação. Dentro da ótica da Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, a qual concebe o enquadramento dos corpos de água como um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, buscou-se no segundo módulo a verificação do poder de diluição do corpo de água para condições de despejos de efluentes conhecidos, o qual permite estimar a área de contribuição necessária para atender o padrão de qualidade (classe) do manancial, sendo recomendável que o manancial mantenha a classe antes do despejo ou melhore a mesma. Por fim efetuou-se no módulo 3 minuciosa análise do índice de qualidade da água do corpo hídrico através dos métodos CETESB e CAESB.

O PROGRAMA

Usando a ferramenta computacional EXCEL, que possui instrumentos poderosos para o trato e análise de informações: fórmulas científicas, gráficos diversos e macros programáveis, desenvolveu-se um sistema para estudo da qualidade da água, cujos algoritmos por módulo são apresentados nas Figuras 1 e 2 em anexo, com descrição a seguir.

MÓDULO 1: VERIFICAÇÃO DOS USOS PERMISSÍVEIS DA ÁGUA

Este módulo é dividido em três partes: Entrada de Dados (Tabela 1), Cálculos (Tabelas 2 e 3) e Diagnóstico (Tabela 4).

É importante salientar que na análise da água para irrigação usa-se o ábaco : Condutividade Elétrica X RAS (Vide Figura 3), onde definem-se regiões em função destes dois parâmetros. Através de programação no EXCEL, efetua-se a análise da amostra de água de forma automática, podendo esta ser classificada numa das 16 a seguir: C1S1, C1S2, C1S3, C1S4, C2S1, C2S2, C2S3, C2S4, C3S1, C3S2, C3S3, C3S4, C3S1, C3S2, C3S3, C3S4, C4S1, C4S2, C4S3 e C4S4.

Na análise do usos da água para piscicultura, recreação, abastecimento público e navegação, utilizou-se o Índice de Qualidade de Água de Dinius que inclui 11 variáveis poluentes. Este índice tem escala decrescente com valores expressos na forma de percentagem, onde a “água ótima” corresponde ao valor 100% e a “água imprópria” recebe o valor 0 (aproximadamente). O índice é calculado como uma média ponderada:

$$ID = (1 / 21) \times \sum_{i=1}^{11} I_i W_i \quad (1)$$

As equações usadas para o cálculo do índice de Dinius é apresentada na Tabela 3 a seguir.

Tabela 1 – Entrada de Dados do Módulo 1

DADOS DE ENTRADA		
Resíduo seco:	<input type="text"/>	mg/l
Coliforme total:	<input type="text"/>	NMP/100ml
Coliforme fecal:	<input type="text"/>	NMP/100ml
Condutividade elétrica:	<input type="text"/>	µmhos/cm
Alcalinidade em carbonato:	<input type="text"/>	mg/l de CaCO ₃
Dureza total:	<input type="text"/>	mg/l de CaCO ₃
Temperatura:	<input type="text"/>	°C
Oxigênio dissolvido (ODsat):	<input type="text"/>	mg/l
Demanda bioquímica por oxigênio (DBO):	<input type="text"/>	mg/l
Demanda química por oxigênio (DQO):	<input type="text"/>	mg/l
Nitrogênio total:	<input type="text"/>	mg/l
Fosfato total:	<input type="text"/>	mg/l
Sólidos totais dissolvidos:	<input type="text"/>	mg/l
Cor:	<input type="text"/>	uH
Turbidez:	<input type="text"/>	UNT
PH:	<input type="text"/>	
Cloreto:	<input type="text"/>	mg/l
Sulfato:	<input type="text"/>	mg/l
Nitrato:	<input type="text"/>	mg/l
Carbonato:	<input type="text"/>	mg/l
Cálcio:	<input type="text"/>	mg/l
Amônia:	<input type="text"/>	mg/l
Ferro total:	<input type="text"/>	mg/l

Tabela 2 – Cálculos do Módulo 1

Item	Equação	Componentes da Equação
Força Iônica (I)	$I = 0,5 \sum [C_i] (Z_i)^2$	[C _i] (Concentração do elemento) – 10 ⁻³ mg/l Z _i (Valência de cada elemento)
Sólido Total (STD)	$STD = I / (2,5 \times 10^{-5})$	
Alcalinidade (ALC)	$ALC = [HCO_3] + [CO_3]$	[HCO ₃] (Concentração do ácido carbônico) – mg/l [CO ₃] (Concentração do carbonato) – mg/l
Corrosividade (COR)	$COR = ([SO_4] + [Cl]) / ALC$	[SO ₄] (Concentração de sulfato) – mg/l [Cl] (Concentração de cloreto) – mg/l
Razão de Adsorção Sódica (RAS)	$RAS = (([Na] / + ([Mg] + [Ca]) / 2))^{1/2}$	[Na] (Concentração de sódio) – mg/l [Mg] (Concentração de magnésio) – mg/l [Ca] (Concentração do cálcio) – mg/l
Residual Carbonato Sódico	$RCS = ALC - ([Mg] + [Ca])$	[Mg] (Concentração de magnésio) – mg/l [Ca] (Concentração do cálcio) – mg/l

Tabela 3 – Parâmetros, Equações e Pesos usados para cálculo do índice de Dinius

Parâmetro	Equação	Peso (Wi)
Oxigênio Dissolvido	$I_1 = OD$	5
DBO ₅	$I_2 = 107 DBO_5^{-0,642}$	2
Coliforme Total	$I_3 = 100 CT^{0,30}$	4
Coliforme Fecal	$I_4 = 100 (5 CT)^{0,30}$	3
Condutividade Elétrica	$I_5 = 535 r^{-0,3565}$	1
Cloro	$I_6 = 125,8 Cl^{-0,207}$	0,5
Dureza	$I_7 = 10^{1,974 - 0,00132D}$	1
Alcalinidade	$I_8 = 108 Alc^{-0,178}$	0,5
PH	$I_9 = 10^{0,235 PH + 0,40}$ (PH < 6,7) $I_9 = 100$ (6,7 < PH < 7,58) $I_9 = 10^{4,22 - 0,293 PH}$ (PH > 7,58)	1
Temperatura	$I_{10} = -4 (T_a - T_p) + 112$	2
Cor	$I_{11} = 128 Cor^{-0,288}$	1

Tabela 4 – Diagnóstico do Módulo 1

Uso da água	Condições permissíveis
Irrigação	Classificação da água em: C1S1, C1S2, C1S3, C1S4, C2S1, C2S2, C2S3, C2S4.
Abastecimento	Uso Municipal: $Cl \leq 300$ mg / l Uso Humano: Ver resolução CONAMA Uso Público: IQA _{CETESB} > 32 ID > 80
Recreação	ID > 40
Navegação	ID > 20
Piscicultura	ID > 30 Amônia (NH ₃): 20 a 30 µg / L Nitrito: inferior a 1 mg / L Nitrato: inferior a 1.000 mg / L Oxigênio dissolvido: 3 a 4 mg / L Ácido sulfídrico: inferior a 2 µg / L Gás carbônico: 20 a 40 mg / L Cloro residual: inferior a 10 µg / L PH: 6 a 10

MÓDULO 2: CAPACIDADE DE DILUIÇÃO DO CORPO HÍDRICO

A resolução CONAMA N° 20, de 18/06/86, dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade < 0,05 %), salobras (salinidade entre 0,05 % e 3 %) e salinas (salinidade > 3 %). Em função dos usos previstos, criou-se nove classes:

- Água doce: classe especial e classes 1,2,3 e 4;
- Água salina: classes 5 e 6;
- Água salobra: classes 7 e 8.

A cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo de água. Tal qualidade é expressa na forma de padrões, o qual será usado para classificar tanto os corpos hídricos receptores como os efluentes despejados. Devendo-se observar que a qualidade do corpo hídrico receptor não poderá apresentar classe inferior ao período anterior ao despejo.

Respeitadas as citações anteriores, desenvolveu-se o módulo 2 do programa, que objetiva verificar o poder de diluição do corpo hídrico receptor. Conhecidos alguns parâmetros já referenciados no módulo 1: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliforme fecal, dados relativos a bacia hidrográfica do manancial: vazão específica (Qesp), área de drenagem (Ad) e classe do corpo hídrico e as condições e volume do efluente despejado, permite-se efetuar estudos concernentes ao corpo hídrico:

- Área de drenagem requerida para atender a diluição necessária para atendimento da classe (Adr);
- Condição e volume de esgoto que poderá ser despejado sem comprometimento da classe.

Os cálculos efetuados neste módulo do programa são efetuados a partir das equações 2 e 3 a seguir, que possibilitam estimar as grandezas: razão de diluição (RD) e Adr.

$$RD = (Q_{RIO} / Q_{ESGOTO}) = (C_{ESGOTO} - C_{MISTURA}) / (C_{MISTURA} - C_{RIO}) \quad (2)$$

Onde: C_{ESGOTO} (Concentração dos parâmetros OD, DBO_5 e Coliformes fecais em função do tratamento efetuado no efluente antes do despejo, vide Tabela 5);

$C_{MISTURA}$ (Concentração dos parâmetros OD, DBO_5 e Coliformes fecais a montante do ponto de lançamento do efluente);

C_{RIO} (Concentração dos parâmetros OD, DBO_5 e Coliformes fecais exigidas para atendimento de classe pré-estabelecida).

$$Ad = (MáX (RD) \times (DE + 120 \times POP)) / Q_{esp}(3)$$

Onde: RD (Razão de diluição, o qual indica o volume mínimo de água para diluir um dos parâmetros referenciados - OD, DBO_5 e Coliformes fecais a fim de atender uma classe pré-estabelecida. No caso do presente trabalho considera-se a maior dentre as três razões de diluição (RD) encontradas);

POP (Quantidade total de habitantes, devendo salientar que o valor 120 corresponde a quantidade de esgotos diário produzido por uma pessoa);

DE (volume despejado em l/s por alguma indústria).

Q_{esp} (vazão específica da bacia hidrográfica em l / s / Km^2).

Tabela 5 – Concentrações típicas nos esgotos domésticos

Parâmetro	Esgoto Bruto	Efluente Primário	Efluente Secundário	Efluente Secundário + Lagoa de Maturação
DBO_5 (mg / l)	350	240	35	30
OD (mg / l)	0	0	1	6
Coliformes fecais (org / 100 ml)	1×10^7	7×10^7	1×10^6	1×10^3

Tabela 6 – Padrões de qualidade para os corpos d’água das diversas classes (Água doce)

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO ₅ (mg / l)	3	5	5	-
OD (mg / l)	>=6	>=5	>=4	>=2
Coliformes fecais (org / 100 ml)	1000	5000	20000	-
Coliformes totais (org / 100 ml)	200	1000	4000	-

MÓDULO 3: ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)

O Índice de Qualidade de Águas – IQA, sendo um índice similar em seu conceito metodológico aos índices econômicos que pretendem medir o produto bruto, o custo de vida, etc, proporcional uma informação que pode ser utilizada como instrumento de controle gerencial como avaliação da efetividade de programas de controle da poluição, estabelecimento de prioridades para ações de controle e principalmente como meio de comunicação entre os administradores de qualidade de água e o público.

O desenvolvimento do IQA foi realizado pelo National Sanitation Foundation através de uma pesquisa realizada com vários profissionais de distintas especialidades que indicaram os parâmetros que se deveriam medir, o peso relativo e a condição em que se apresentava o parâmetro segundo uma escala de valores. Adotou-se no presente trabalho os parâmetros usados pela CETESB – Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental e CAESB – Companhia de Águas e Esgotos do Distrito Federal, conforme mostram as Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Parâmetros usados pela CETESB no cálculo do IQA

No	Parâmetro	Unidade	Peso
01	Oxigênio dissolvido	% SAT	0,17
02	Coliforme fecal	NMP / 1000 ml	0,15
03	PH		0,12
04	DBO ₅	mg / l	0,10
05	Nitrogênio Total	mg / l	0,10
06	Fósforo Total	mg / l	0,10
07	Temperatura – desvio	°C	0,10
08	Turbidez	UNT	0,08
09	Sólidos Totais	mg / l	0,08

Tabela 7 – Parâmetros usados pela CAESB no cálculo do IQA

No	Parâmetro	Unidade	Peso
01	Coliforme total	NMP / 1000 ml	0,20
03	PH		0,05
04	DQO	mg / l	0,10
05	Cor	Uh	0,10
06	Cloreto	mg / l	0,10
07	Amônia	mg / l	0,15
08	Turbidez	UNT	0,15
09	Ferro Total	mg / l	0,15

A partir dos parâmetros referenciados nas Tabelas 7 e 8 e sabendo-se que tais valores já foram inseridos no programa (módulo 1), calcula-se os IQA's usados pela CAESB e CETESB através das expressões 4 e 5 respectivamente, o que possibilita a designação qualitativa da água para o abastecimento público (Vide Tabela 8).

$$IQA = \sum_{i=1}^8 q_i \cdot W_i \quad (4)$$

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{W_i} \quad (5)$$

Onde: q_i é a qualidade do i ésimo parâmetro, um valor entre 0 e 100;

W_i é o peso unitário do i ésimo parâmetro (Vide Tabelas 7 e 8).

Tabela 9 – Diagnóstico da água para abastecimento público usando o IQA

IQA	Condição da água
80 - 100	Ótima
52 - 80	Boa
37 - 52	Aceitável
20 - 37	Imprópria para tratamento convencional
0 - 20	Imprópria

RECOMENDAÇÕES

Como tem ocorrido na maioria dos países em desenvolvimento, o gerenciamento de recursos hídricos, onde insere-se programas de monitoramento da qualidade de água, é uma atividade que ocorre de forma centralizada. A grande quantidade de mananciais superficiais e subterrâneos num país de extensão como o Brasil requer muitas vezes ações descentralizadas. Dentro deste contexto, torna-se fundamental o uso de ferramentas ágeis em todas as esferas governamentais, o que com certeza ajudará na execução de políticas públicas.

A democratização e o avanço da informática no mundo moderno permitiu tornar o nosso planeta uma aldeia global, o que possibilita obter informações e divulgá-la de forma bastante ágil e rápida. Conhecidos os parâmetros físicos, químicos e biológicos e as características da bacia hidrográfica onde insere-se o manancial em análise, o programa desenvolvido gera um diagnóstico preciso do corpo hídrico no concernente ao uso e a classe de água de enquadramento.

A aplicabilidade da ferramenta computacional do presente trabalho depende diretamente de etapas anteriores: coleta das amostras de água, ensaios laboratoriais e elaboração de laudos completos de qualidade de água. Deve-se atentar a inviabilização de algumas das etapas citadas, muitas vezes decorrente de:

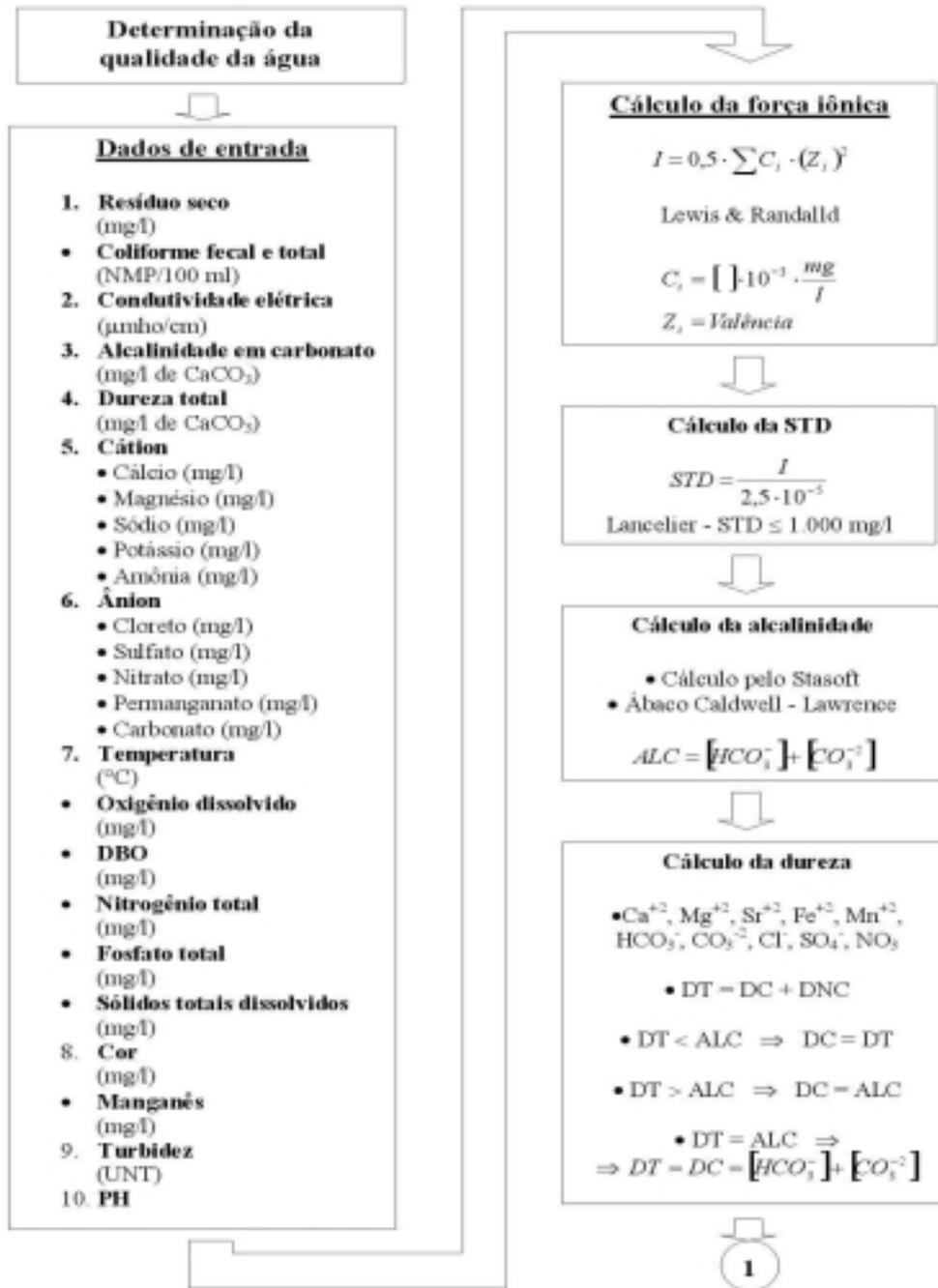
- insuficiência financeira de municípios que têm mananciais sob sua jurisdição;
- falta de articulação entre as esferas governamentais;
- legislação da água bem recente, o que não tornou ainda possível o seu conhecimento pela população, técnicos e administradores públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CYRINO, José Eurico Possebon & KUBITZA, Fernando- Piscicultura (Coleção Agroindústria, volume 08) – Editora SEBRAE,. Cuiabá,1996
- SILVA, Fernando Fernandes; CAVALCANTE, Bernadete Feitosa; SILVA, Alexandre Malta, & ESPINEL, Xavier Fernandez – Estudo de qualidade da água com os índices IQA, Norton, McDuffie e Dinius no Rio Parnaíba / Pe-Al – Anais do IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Campina Grande / Pb, 1998.
- SPERLING, Marcos Von – Análise dos Padrões Brasileiros de Qualidade de Corpos d'Água e de Lançamento de Efluentes Líquidos – RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 3, n. 1(1998).Porto Alegre / RS, 1998.

ANEXOS

Figura 1 - Fluxograma do módulo 1



1

Cálculo da corrosividade

• Método 1

1. WRC

$$Cl^- \text{ ou } SO_4 > 50 \text{ mg/l}$$

Potencialmente corrosiva

• Método 2

2. Larson modificado

$$RL = \frac{(SO_4 + Cl)}{ALC} \leq 0,2$$

Cálculo da salinidade

• Para uso municipal

Ideal para consumo

$$Cl \leq 300 \text{ mg/l}$$

Salobra

$$300 \text{ mg/l} < Cl \leq 800 \text{ mg/l}$$

Salina

$$Cl > 800 \text{ mg/l}$$

• Costa & Cavalcante

Baixa salinidade

$$STD < 4.000 \text{ mg/l}$$

Média salinidade

$$4.000 \text{ mg/l} \leq STD \leq 15.000 \text{ mg/l}$$

Alta salinidade

$$STD > 15.000 \text{ mg/l e } I > 0,25$$

• Irrigação

c1 - Baixa salinidade

$$Cl < 20 \text{ mg/l}$$

c2 - Média salinidade

$$21 \text{ mg/l} \leq Cl \leq 60 \text{ mg/l}$$

c3 - Salina

$$61 \text{ mg/l} \leq Cl \leq 300 \text{ mg/l}$$

c4 - Alta salinidade

$$Cl > 300 \text{ mg/l}$$

Cálculo da sodicidade

• RAS - Razão de adsorção sódica

$$RAS = \sqrt{\frac{Ca^{+2}}{\frac{Mg^{+2} + Ca^{+2}}{2}}}$$

Cálculo do residual carbonatado sódico

$$RCS = (ALC) - (Mg^{+2} + Ca^{+2})$$

Classificação para irrigação (Riverside)

1. Levantar condutividade elétrica (micrômetro)
2. Calcular RAS
3. Consulta ao ábaco
4. Determinação: C__S__
5. Usar o Método de Dinuis

Classificação para piscicultura (Colt)

1. Consultar a tabela
2. Usar o Método de Dinuis

Classificação para abastecimento

1. Ver padrões de potabilidade nacional

2

2



Classificação para abastecimento público

1. Usar o método IQA



Classificação para recreação

1. Usar o Método de Dirius



Classificação para navegação

1. Usar o Método de Dirius

Figura 2 - Fluxograma do módulo 2

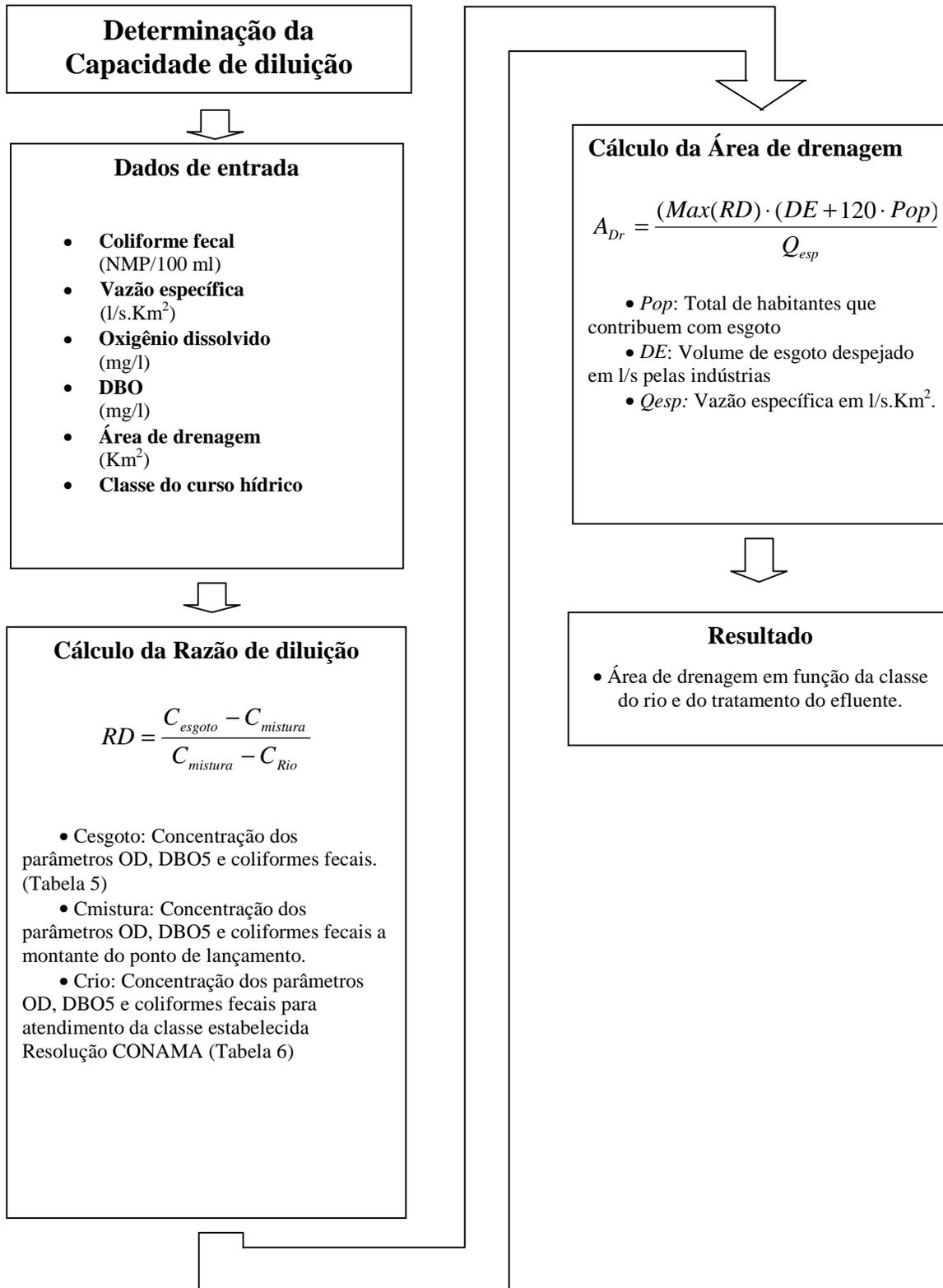


Figura 3

Classificação das águas para irrigação

