

Desinfecção Secundária

O estado da arte do processo desinfecção em ETA's, com redução de custos operacionais e garantia da qualidade.

Jorge Antonio Barros de Macedo;

Bacharel em Química Tecnológica, Especialização em Análises de Traços e Química Ambiental, Magister / Doctor Scientiae, Consultor Técnico AD-HOC - QUIMIL – Indústria e Comércio Ltda.

E-mail: j.macedo@terra.com.br site: www.aguaseaguas.com.br / www.jorgemacedo.pro.br

Francisco Silva Oliveira

Graduando em Engenharia Química. Técnico Ambiental, Coordenador técnico. QUIMIL – Indústria e Comércio Ltda.

E-mail: francisco@quimil.com.br

I - Introdução

Desinfecção Secundária é o processo de desinfecção em que se aplica de modo concomitante duas substâncias químicas com propriedades desinfetante e/ou sanificante com a função de garantir a qualidade microbiológica da água e permitir a redução dos custos de operação da ETA (Estação de Tratamento de Água) (MACEDO, 2009).

Como a Portaria MS 518/2004 (BRASIL, 2004) não define a diferença entre desinfetante e sanitizante, tomaremos como referência a Resolução ANVISA RDC nº 14, de 28 de fevereiro de 2007 (BRASIL, 2007), que aprova o Regulamento Técnico para Produtos Saneantes com Ação Antimicrobiana harmonizado no âmbito do MERCOSUL e que define como: **i)** Desinfetante: um produto que mata todos os microrganismos patogênicos mas não necessariamente todas as formas microbianas esporuladas em objetos e superfícies inanimadas; e **ii)** Sanitizante: um agente/produto que reduz o número de bactérias a níveis seguros de acordo com as normas de saúde.

No momento o melhor exemplo de aplicação da denominada desinfecção secundária é a utilização de **cloro gás** (derivado clorado inorgânico) e **diclorisocianurato de sódio** (derivado clorado orgânico) de forma concomitante. Todos os resultados apresentados nesse artigo foram obtidos em ETA's em operação.

II - Derivados Clorados

O uso de derivados clorados, como gás cloro, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, derivados clorados orgânicos e dióxido de cloro, tem contribuído para o controle das doenças de origem hídrica (MORRIS, 1966; ODLAUG e PFLUG, 1976; DYCHDALA, 1977; KATSUYAMA e STRACHAN, 1980; WEI, COOK, KIRK, 1985; GUTHRIE, 1988;

BLATCHLEY III, 1994; ANDRADE e MACÊDO, 1996; MACEDO, 2004; MACEDO, 2009).

O processo MOGGOD (Mixed Oxidant Gases Generated On-site for Disinfection), desenvolvido a partir de 1982 pela OPAS (Organização Panamericana de Saúde) (REIFF, WITT, 1995; WITT, REIFF, 1996) além dos gases oxidantes produz cloro gás e hipoclorito de sódio, não está vinculada a chamada desinfecção secundária e não é motivo desse artigo .

O gás cloro foi descoberto em 1774, pelo químico sueco Karl Scheele, que o obteve após a reação do ácido clorídrico com o dióxido de manganês. Thomas Northmore foi o primeiro a liquefazer este gás; que foi identificado como elemento, em 1808, por Sir Humphrey Davy, sendo batizado com o nome grego “*cloros*”, que significa verde. A sua utilização como desinfetante data do ano de 1800, sendo empregado por De Morveau, na França e Cruikshank na Inglaterra [CHAMBERS, 1956; AWWA (1975) citada por NUVOLARI, TELLES, RIBEIRO, et al., 2003].

As suas propriedades bactericidas foram demonstradas em condições de laboratório pelo bacteriologista Koch, em 1881. O uso do cloro foi aprovado pela American Public Health Association (APHA), em 1886, para uso como desinfetante. A partir do início do século XIX, algumas regiões dos Estados Unidos já utilizavam esse agente químico no processo de desinfecção de águas para abastecimento público (CHAMBERS, 1956).

O uso contínuo do cloro só ocorreu a partir de 1902, na Bélgica, com o chamado refinamento da cloração, isto é, determinação das formas de cloro combinado e livre, e a cloração baseada em controles bacteriológicos (MEYER, 1994; LAUBUSCH, 1971).

Nos Estados Unidos da América, um dos primeiros usos contínuos da prática da cloração foi realizado na cidade de Jersey City, no Estado de Nova Jersey em 1908. Logo após, outras cidades grandes em todos os países começaram a usar o cloro na purificação da água. No Canadá, a primeira cidade foi Peterborough, Ontário, em 1916 (WIGLE, 1998 apud BORGES, 2003).

As indústrias de alimentos também rapidamente aderiram ao uso do cloro para melhorar a qualidade da água que utilizavam e, na sanificação de pisos, paredes e utensílios. Em 1939, quando o United States Milk Ordinance and Code recomendou o cloro como agente de sanificação de equipamentos, sua utilização já era uma prática totalmente difundida (CHAMBERS, 1956; DYCHDALA, 1977; PORETTI, 1990).

Em 1925, o professor Geraldo de Paula Souza, um expoente do saneamento básico e da saúde pública, fez aprovar em São Paulo a obrigatoriedade do uso do cloro nas águas de abastecimento. Iniciada em 1926 (CALDERON, 2000 apud BORGES, 2003).

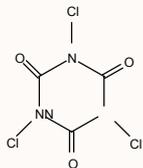
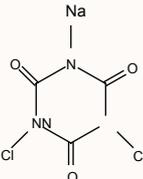
Existem dois tipos de derivados clorados: **a)** denominados de “*inorgânicos*”, cujos representantes

são, o cloro gás, o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio; **b)** os denominados “*orgânicos*”, no Brasil representados pelo dicloroisocianurato de sódio (DCIS) e o ácido tricloroisocianúrico (ATIC) (Tabela 1).

Apesquisa realizada por MACÊDO (1997) foi a responsável pela introdução no Brasil, da terminologia “*derivados clorados orgânicos*”, atualmente, no jargão popular, usa-se “*cloro orgânico*”.

É importante ressaltar que não existe a substância química “*cloro*”, não existe a terminologia no ponto de vista químico. Não existe “*cloro*” na natureza, existem substâncias químicas que possuem o elemento químico “*cloro*” na sua estrutura química. Por exemplo: o íon cloreto (Cl^-) em solução aquosa e o cloreto de sódio, na forma de sal, também como a **halita** (NaCl), a **silvita** (KCl) e a **carnalita** ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), que são encontrados em depósitos subterrâneos, nas minas de sal. É o halogênio mais abundante na água do mar. Na crosta terrestre está presente em menor quantidade. É praticamente impossível encontrá-lo sem estar combinado com outros elementos, devido a sua alta reatividade, ou seja, não existe a substância gás cloro (Cl_2) na natureza, é um produto de reações químicas.

TABELA 1- Estruturas químicas dos principais compostos clorados utilizados no Brasil.

Compostos clorados inorgânicos	Teor (%)	Fórmulas
Hipoclorito de sódio	10-12	NaClO
Hipoclorito de cálcio	64	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$
Gás cloro	100	Cl_2
Compostos clorados orgânicos		Fórmulas
Ácido tricloro isocianúrico	90	
Dicloroisocianurato de sódio	56 (**) 60 (*)	

** Dihidratado * Anidro

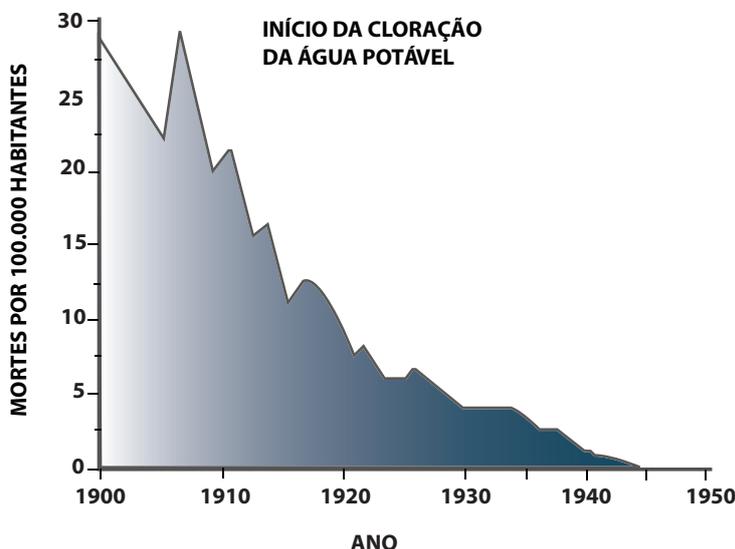
Fonte: Adaptado MAIERÁ, 1999, Adaptado ANDRADE e MACÊDO, 1996; MACEDO, 1997; MACÊDO, 2003; MACEDO 2004; MACEDO 2009.

O uso de derivados clorados foi fundamental para melhoria da qualidade de vida e do aumento da perspectiva de vida da população, o que é demonstrado pelas Figuras 1, 2 e 3. O processo de purificação da

água através da filtração e cloração foi considerado pelas revistas “*Life*” e “*Veja*”, edição especial do Milênio, como um dos 100 fatos (46º) que mudaram o mundo de 1001 até hoje, e talvez seja o avanço mais importante do milênio na área de saúde pública.

FIGURA 1

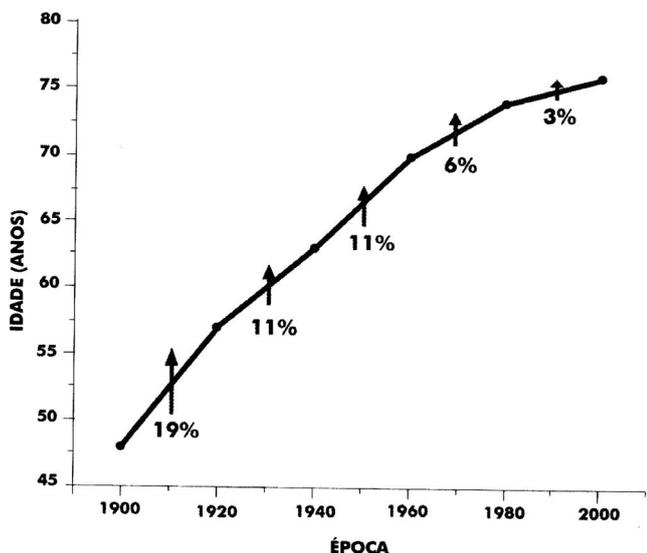
Redução do número de casos fatais de febre tifóide nos Estados Unidos de 1900 a 1950 após implantação de sistema de desinfecção pelo uso de derivados clorados.



Fonte: CHRISTMAN, 2001.; GRUBER, et al., 2001.

FIGURA 2

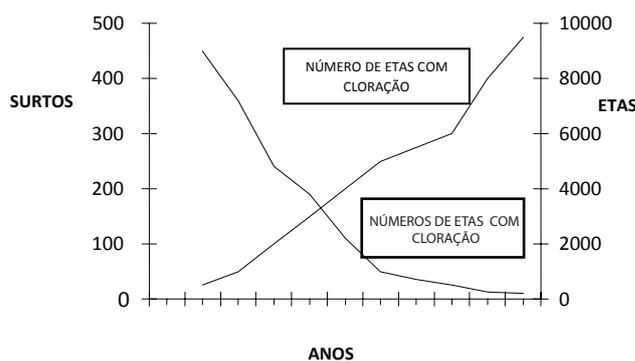
Crescimento da expectativa de vida nos USA após a utilização do processo de desinfecção de água.



Fonte: CHRISTMAN, 2001.; GRUBER, et al., 2001.

FIGURA 3

Médias anuais de surtos de doenças de veiculação hídrica, entre 1910 e 1960, relacionadas ao número de ETA's com cloração, nos Estados Unidos.



SURTOS = MÉDIAS ANUAIS DE SURTOS DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA
 ETAS = NÚMERO DE ETAs COM PROCESSO DE CLORAÇÃO

Fonte: LEME, 1980.

III - Cloro Gás

O cloro gás é de difícil manuseio, exigindo para seu uso, equipamento especial e pessoal bem capacitado. É comercializado na forma líquida, em cilindros de aço, em que se encontra comprimido, e é 1,5 vezes mais denso que a água. O cloro reverte-

se à forma gasosa quando liberado em condições atmosféricas (ANDRADE e MACÊDO, 1996). Atualmente, o cloro gás é utilizado apenas em grandes estações de tratamento de água para abastecimento público.

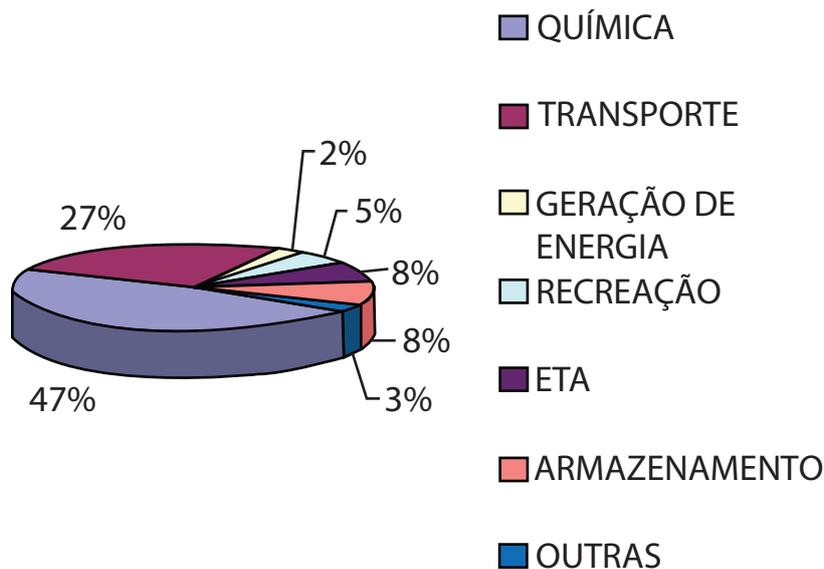
A substância cloro gás é considerada como um grande risco a vida humana a concentrações altas. O odor de cloro gás é sentido no limiar da concentração de 1 ppm e em concentrações abaixo de 60 ppm é reportado como letal em 30 minutos. O TLV (Threshold Limit Value) para o local de trabalho por 8 horas em 5 dias, correspondente a uma semana de exposição ao cloro gás é de 0,5 ppm. O STEL (Short Term Exposure Limit) aceitável por 15 minutos é de 3 ppm. O impacto no organismo humano para exposição

ao cloro gás é dependente da concentração e tempo, estudos mostram que 30 minutos de exposição em níveis acima de 250 ppm de cloro gás pode causar 50% de mortos na população exposta. A concentração considera para o IDLH (Immediate Danger to Life and Health) para o cloro gás é de 25 ppm (TATA, 2010).

A Figura 4 apresenta as percentagens dos acidentes ocorridos com o cloro gás, de acordo com a sua utilização.

FIGURA 4

Acidentes com o gás cloro e as percentagens dos acidentes ocorridos de acordo com a sua utilização.



Fonte: PAVAN, 2008.

As Tabelas 2 e 3 apresentam as concentrações de cloro gás disponibilizadas no ambiente quando m um acidente e quais as conseqüências quando da exposição a diversos níveis de concentração de cloro gás no ambiente, respectivamente.

TABELA 2 - Concentrações de cloro gás disponibilizadas no ambiente quando em um acidente com cilindro de 900 Kg.

Hipótese Acidental (cilindro de 900 Kg)	Conc. Inicial (ppm)
Ruptura catastrófica do cilindro	96.000
Vazamento da válvula angular do cilindro	96.000
Ruptura do Manifold devido à corrosão	96.000
Ruptura total do flexível do cilindro	96.000
Ruptura catastrófica do evaporador	59.000
Vazamento pelo dreno da válvula de alívio do clorador	16.400

OBS: Avaliação de risco realizada pelo software "World Bank Hazard Analysis" - WHAZAN, desenvolvido pela empresa inglesa TECHNICA INTERNATIONAL Ltd., que é recomendado e aceito pelo Banco Mundial.
 Fonte: PAVAN, 2008.

TABELA 3 - Reações fisiológicas de acordo com a concentração de cloro gás no ambiente.

Reações Fisiológicas	Concentração (ppm)
Leve irritação após algumas horas de exposição	1,0
Odor perceptível	3,5
Quantidade máxima que pode ser respirada por 1 hora sem efeitos sérios	54,0
Irritação da garganta após curta exposição	15,0
Tosse	30,2
Quantidade perigosa no intervalo de 30 a 60 minutos	40,0-60,0
Quantidade fatal após algumas respirações profundas.	1000,0

Fonte: PAVAN, 2008.

TABELA 4 - Distâncias mínimas consideradas de risco para acidentes com descarga de cloro gás, com concentração de 25 ppm, em função da estação do ano e do horário.

Tipo de acidente	Estação / horário	Distância de risco
Descarga de gás cloro (25 ppm)	Inverno / dia	550 m
	Inverno/ noite	520 m
	Verão / dia	720 m
	Verão / noite	550 m

Fonte: TATA 2010.

Como complemento de informação apresentase o trabalho que envolve os custos no uso do cloro gás, a pesquisa foi realizada no sistema de abastecimento de água de Guararema é operado pela SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (MATTOS, 2004, 2004a). O uso de ácido tricloroisocianúrico na planta de tratamento de água de Guararema/SP apresentou vantagens significativas como; maior estabilização de residual de cloro nas etapas de coagulação química, floculação, sedimentação e com pequena redução nos filtros rápidos, estabilização similar na rede de distribuição de residual de cloro quando comparado com o agente de desinfecção cloro gás, interferência no pH da água bruta semelhante ao cloro gasoso possibilitando redução de consumo de produtos químicos coagulante e alcalinizante e atendimento ao padrão de Portaria 518/MS (BRASIL, 2004), menor demanda de residual de cloro com o aumento de volume de lodo gerado no processo, praticamente nenhuma perda de residual de cloro no meio ambiente reduzindo efeitos prejudiciais á saúde dos operadores e facilidade no manuseio e reposição do material sem riscos de ocorrência de vazamentos de cloro. Além das vantagens ressalta MATTOS (2004, 2004a) que os custos estimados e comparativos com logística, materiais e equipamentos no sistema de desinfecção de água potável, na ETA de Guararema/SP, com cloro gás alcançam **R\$35.022,20** enquanto o sistema com ácido tricloroisocianúrico tem custo de **R\$518,00**, para a mesma quantidade de água tratada.

IV - Dicloroisocianurato de sódio

Existem diversas pesquisas mostrando maior estabilidade dos clorados orgânicos. Para exemplificar para que se possa comparar a estabilidade de derivados clorados, de origem inorgânica e orgânica, apresentaremos os resultados de uma das pesquisas. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos, em pesquisa realizada por TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA (2002). A escolha da amostra do dia 22/05/2002 para comparação entre os produtos é em função da metodologia utilizada nessa data, que utilizou espectrofotometria, que é mais precisa e exata, sendo indicada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Waster (APHA, 1998). Pode-se avaliar pelo Quadro 5, que após 5 horas de contato o cloro gás apresentou uma perda de 72%; hipoclorito de sódio, 66%; o hipoclorito de cálcio, 59%; enquanto o dicloroisocianurato de sódio, 41% do seu princípio ativo; o que comprova a maior estabilidade do derivado clorado orgânico e seu menor poder de oxidação na presença de matéria orgânica.

Com base nos dados do Quadro 5, traçaram-se os gráficos da “Concentração de CRL” versus “Tempo” (Figura 5). Depois de plotados o dado determinou-se a reta de ajuste para cada derivado clorado. Com base nas equações dessas retas, calculou-se o tempo em que se alcança 0 (zero) ppm de CRL para cada derivado clorado. No tempo de 6,6 horas para o cloro gás; de 7 horas para o hipoclorito de sódio (HPCS); 8 horas para o hipoclorito de cálcio

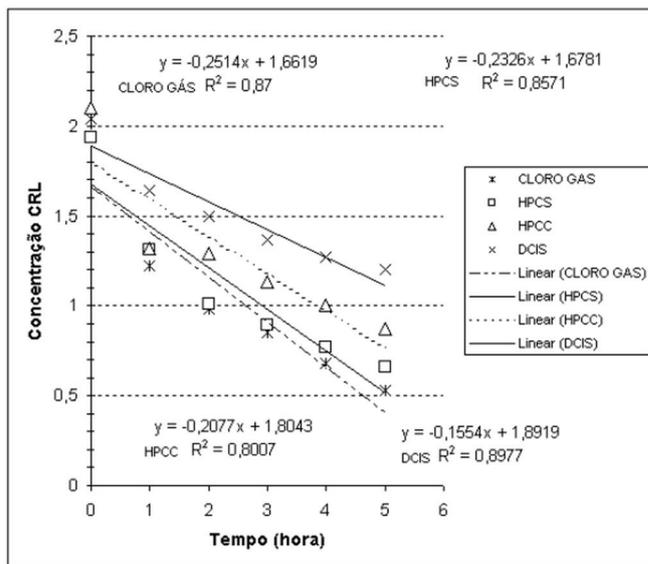
TABELA 5 - Avaliação da estabilidade de dois derivados clorados de origem inorgânica (cloro gás, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) e de origem orgânica (dicloroisocianurato de sódio).

Desinfecção da amostra com:				
Tempo de contato	Cloro gasoso (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Hipoclorito de Sódio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Hipoclorito de cálcio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)	Dicloroisocianurato de sódio (residual de cloro – mg.L ⁻¹ Cl ₂)
Imediato	1,94	1,94	2,10	2,04
Após 1 hora	1,22	1,31	1,32	1,64
Após 2 horas	0,98	1,01	1,29	1,50
Após 3 horas	0,85	0,89	1,13	1,37
Após 4 horas	0,68	0,77	1,00	1,27
Após 5 horas	0,53	0,66	0,87	1,20

Fonte: TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA, 2002.

FIGURA 5

Gráfico representativo da concentração de cloro residual livre (CRL) em função do tempo, para cloro gás, hipoclorito de sódio (HPCS), hipoclorito de cálcio (HPCC) e dicloroisocianurato de sódio (DCIS).



Concentração: Cloro residual livre – mg Cl₂.L⁻¹

Reta de ajuste:

DCIS: $Y = -0,1554X + 1,8919$ ($R^2 = 0,8977$)
 HPCC: $Y = -0,2077X + 1,8043$ ($R^2 = 0,8007$)
 HPCS: $Y = -0,2326X + 1,6781$ ($R^2 = 0,8571$)
 CGÁS: $Y = -0,2514X + 1,6619$ ($R^2 = 0,8700$)

Fonte: Adaptado de MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007.

Fonte: Adaptado de MACÊDO, 2004; MACEDO, 2007

TABELA 6 - Valor do pH da solução a 1%.

Derivado clorado	pH da solução a 1%
Hipoclorito de sódio	11,5 – 12,5
Hipoclorito de cálcio	10,5 – 11,5
Dicloroisocianurato de sódio	6,0 – 8,0 // 5,5 – 6,5 (*)
Ácido tricloroisocianúrico	2,7-2,9

Fonte: HIDROALL, 2000a; HIDROALL, 2000b; HTH, 1999; GENCO, 1998; DYCHDALA, 1991; DYCHDALA, 2001; QUIMIL, 2009; (*)QUIMIL, 2009a; QUIMIL, 2009b; (*)QUIMIL, 2009c; (*)QUIMIL, 2009d; QUIMIL, 2009e.

(HPCC) e de 12 horas para o dicloroisocianurato de sódio (DCIS), alcançou-se o menor nível de CRL. Os resultados mostram que o derivado clorado orgânico é mais estável, inclusive sua reta de ajuste possui um melhor coeficiente de correlação ($R^2 \cong 90\%$).

Atualmente, existe no mercado o dicloroisocianurato de sódio na forma de comprimido efervescente, em diversos tamanhos, ou seja, o tamanho do comprimido a ser utilizado é em função do volume da solução sanificante a ser preparada e da concentração de cloro residual livre que se deseja - o que evita erros na dosagem do teor de matéria ativa e na perda do produto pelo consumo em excesso.

Outra característica que é considerada como vantagem pelo dicloroisocianurato de sódio para seu uso é o pH da sua solução a 1%, que varia de 6,0 a 8,0; enquanto o pH do hipoclorito de sódio e/ou de cálcio varia de 11,0 a 12,5, que é cáustico, a Tabela 6 apresenta os valores do pH para soluções dos

principais derivados clorados.

Um aspecto importante a ser ressaltado envolve informações sobre a toxicidade dos cloros orgânicos, os dados apresentados nos Tabelas 7 e 8, mostram que os subprodutos da decomposição do ácido tricloroisocianúrico e do dicloroisocianurato de sódio na água, apresentam uma toxicidade menor que o próprio princípio ativo. O motivo dessa informação é porque surge no mercado, talvez por falta de conhecimento científico e de interesse comercial os discursos que consideram alta a toxicidade dos cloros orgânicos (MACÊDO, 2004).

Estudo realizado por HAMMOND, BARBEE, INOUE, et al., (1986), já relata a baixa toxicidade do Cianurato e dos seus derivados clorados e indicam o seu uso no processo de desinfecção de piscinas. Participam desse estudo a Monsanto Company, Olin Corporation, Nissan Chemical Ind. Ltd., Shikoku Chemicals Corp., ICI Américas Inc. e FMC Corporation (MACÊDO, 2004).

TABELA 7- Toxicidade oral e dérmica, LD em ratos e coelhos, para AC90-Plus e Ácido cianúrico.

Substância	Toxicidade oral –DL em ratos, mg /Kg	Toxicidade Dérmica –DL em coelhos, mg / Kg
ACL 90 – PLUS	600	7600
Ácido Cianúrico	>10000	> 7940

Fonte: ACL, 1998.

TABELA 8 - Toxidade oral aguda, DL50, para ratos, coelhos, gatos e toxicidade dérmica, DL50, para coelhos, para o cianurato de sódio.

Substância	Toxicidade oral aguda com ratos, DL 50, mg / Kg	Toxicidade oral aguda com coelhos, DL 50, mg / Kg	Toxicidade oral aguda com gatos, DL 50, mg / Kg	Toxicidade Dérmica – DL 50 em coelhos, mg / kg
Dicloroisocianurato de sódio	1670	2000	-	5000
Cianurato de sódio	>7500	>20000	21440	>7940

Fonte: BAYER, sd.

A **Resolução ANVISA nº 150, de 28 de maio de 1999**, autoriza a inclusão da substância ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio no Anexo II - item 2, como princípio ativo autorizado para uso em formulações de produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, da Portaria 152, de 26 de fevereiro de 1999 (BRASIL, 1999) e a **Resolução ANVISA RDC nº 115, de 08 de junho de 2001**, em Art. 1º permiti a extensão de uso da substância sal sódico do ácido dicloroisocianúrico na Portaria DISAD n.º 15 de 23 de agosto de 1988 como desinfetante para lactários (BRASIL, 2001).

V - Justificativas técnicas para escolha do cloro gás e dicloroisocianurato de sódio para aplicação no processo de desinfecção secundária

a) A solução de aquosa de Cl_2 tem característica ácida, em função de sua hidrólise liberar HCl, o DICS tem característica próxima a neutralidade (Tabela 6), reação entre os produtos **não é exotérmica**.

b) O cloro gás é um produto altamente oxidante e dicloroisocianurato de sódio é um médio oxidante

(Tabela 5, Figura 5), os dois derivados clorados estão classificados como o menos estável e o mais estável, frente à matéria orgânica.

c) A perda de residual frente à matéria orgânica apresenta curvas com R^2 próximos (Figura 5), apesar da diferença de estabilidade.

d) A FISPQ do cloro gás indica incompatibilidade com alcalinos (OLIN, 2010).

e) A formação de THM's dos dois derivados clorados em níveis considerados não significativos, é função de que as hidrólises não favorecem a formação de íons OH^- . Pois o pH comprovadamente interfere na taxa de formação de THM's. Quanto maior o pH mais fácil a formação de subprodutos, segundo estudos de ROOK (1974), como pioneiro; KIM, CHUNG, SHIN et al. (2002), verificando a formação de subprodutos da desinfecção para águas superficiais concluíram que a taxa de formação de THM foi aumentada conforme foi elevado o valor do pH da amostra; a Tese de Doutorado de MACEDO (1997) e a Dissertação de Mestrado de MARMO (2005).

Não se indica utilizar na desinfecção secundária o hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio com o cloro gás, pois a características desses produtos é alcalina (Tabela 6) e sua hidrólise favorece a presença de íons hidroxilas (OH^-) e o cloro gás é incompatível com alcalinos (OLIN, 2010), pois a reação é exotérmica.

VI - Apresentação de alguns casos de aplicação da desinfecção secundária

Em dezembro de 2004, foi implantada a desinfecção secundária na ETA de Itabuna, de responsabilidade da EMASA - Companhia de Águas de Itabuna, o relatório mostra que o processo reduziu **a dosagem de cloro gasoso de 6,0 mg Cl_2/L para 2,0 mg Cl_2/L** , conseguindo uma redução de **66,66% da dosagem de gás cloro**, e apenas foi acrescentada a **dosagem de 0,5 mg Cl_2/L de dicloroisocianurato de sódio, que conseguiu manter o residual em toda rede** (QUIMIL, OLIVEIRA, 2004).

No relatório de 13 de Janeiro de 2005 são apresentados os resultados obtidos na ETA de Valença de responsabilidade do SAAE - Serviço Autônomo de Água e Saneamento S.A, após a implantação da desinfecção secundária. **Antes da implantação**

o processo de desinfecção **consumia 50 Kg/dia de cloro gás a um custo de R\$254,00/Kg**, após a implantação o consumo de **cloro gás passou para 18 Kg/dia com uso concomitante de 21 Kg/dia de dicloroisocianurato de sódio**, resultando em um custo de **R\$171,24/dia**. A implantação da desinfecção secundária **reduziu o custo de operação da ETA em 32,58%** (QUIMIL, OLIVEIRA, 2005).

Em setembro de 2005, foi implantado o sistema na ETA de Juazeiro/Ba, que é de responsabilidade do SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto da cidade de Juazeiro. O relatório técnico mostra que o processo **reduziu a dosagem de cloro gasoso de 1,8 mg Cl_2/L para 0,8 mg Cl_2/L** , conseguindo uma redução de **55,55% da dosagem de gás cloro**, e apenas **foi acrescentada a dosagem de 0,5 mg Cl_2/L de dicloroisocianurato de sódio**, que conseguiu manter o residual em toda rede. A aplicação do agente de desinfecção foi realizada através **de solução de DCIS a 2,5% obtida pela dissolução de pastilhas do DCIS** (QUIMIL, OLIVEIRA, 2005a).

Foram realizados de **18/03/2005 a 18/04/2005** testes na elevatória de água tratada (EEAT-2) de Milagres, de responsabilidade da EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A., localizada a 6 km da cidade de Milagres (NASCIMENTO FILHO, 2005). O sistema foi implantado para resolver o problema do distrito do Km 100, tendo em vista as particularidades do sistema como: uso de cloro gasoso como agente desinfetante na recloração; redução e ausência de cloro residual na águas coletadas na rede de distribuição. A vazão da EEAT 2 de Milagres e de 40 L/s. Foram observadas algumas vantagens no uso do dicloroisocianurato de sódio (DCNS) e cloro gás:

a) Ausência de insolúveis quando do preparo da solução de DCNS a uma concentração de 6%, a dissolução do produto foi imediata e sem a utilização de misturado mecânico;

b) Estabilidade do cloro residual na rede de distribuição nos pontos mais distantes do reservatório ao longo do dia;

c) Redução de consumo de insumos para manutenção de cloro ativo, durante o período de realização dos testes, quando comparado com uso do cloro gasoso;

d) extinção da recloração de Nova Itarana;

e) redução de custo com aplicação do dicloroisocianurato de sódio alcançou 44%.

O trabalho apresentado por CERQUEIRA, FERREIRA, GOMES (2007) no 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, de 02/07 de setembro de 2007, em Belo Horizonte, apresenta a **experiência com o uso do dicloroisocianurato de sódio na EMBASA – SUPERINTENDÊNCIA SUL – O.S.** Na USC, os ensaios com o DICLORO tiveram início a partir do **mês 09/05 se estendendo até o mês 11/05**, mantendo as mesmas condições de operação das unidades de tratamento e controle de qualidade da água na rede de distribuição das localidades, a exemplo de cloro residual, cor, pH e turbidez, com as seguintes observações:

→ A) **Ausência de insolúveis** quando do preparo da solução de DICLORO a uma concentração de 0,5%, a dissolução do produto foi imediata e sem utilização de misturador mecânico;

→ B) Estabilidade do cloro residual na rede de distribuição nos pontos mais distantes do reservatório ao longo dos dias.

→ C) **Redução na dosagem de Cloro Gás** na ETA de Guanambi, de **5,4 mg/L para 2,0 mg/L, complementando com 1,0 mg/L do DICLORO.**

→ D) Redução na dosagem média de cloro entre a ETA de Rio do Antônio e a recloração de Ibitira, de **6,3 mg/L para 4,0 mg/L de DICLORO.**

Como conclusões e recomendações indicam CERQUEIRA, FERREIRA, GOMES (2007):

i) Durante a realização da experiência, tanto em sua fase inicial, quando apenas duas Unidades de Negócio estavam envolvidas, quanto na segunda fase, com todas as UN's envolvidas, avaliou-se o desempenho do DICLORO tanto do ponto de vista Técnico quanto do ponto de vista econômico, salientando as seguintes observações:

ii) O dicloro foi aplicado em diversos Sistemas pertencentes à Superintendência Sul (OS), com êxito;

iii) O produto é de grande solubilidade, facilitando o preparo de soluções e sem o inconveniente da geração de “borra”;

iv) Com a estabilidade do produto na estocagem, a sua reposição poderá ser realizada em intervalo de tempo maior, garantindo redução significativa nos custos com transporte interno;

v) Com a aplicação do dicloroisocianurato, houve uma redução de custo de aproximadamente:

a) SIA de Guanambi = 17,6%;

b) SIA de Itaparica = 23,7%;

c) Na ETA Ilhéus Centro = 21,5%;

d) No SIA de Jaguaquara = 26,6%;

e) No SIA de Vitória da Conquista = 26,7%;

f) No Âmbito da O.S. = 12,9%;

g) **No Âmbito da O.S. a redução foi 19,7%** sem considerar os reajustes dos preços dos produtos químicos.

A pesquisa de FONTES, NASCIMENTO, GOMES, SOUZA (2007), também foi apresentada no 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, de 02/07 de setembro de 2007, em Belo Horizonte, apresenta redução no custo do tratamento de água com a utilização de dicloroisocianurato de sódio associado ao cloro gás na eta centro, Ilhéus, BA. A pesquisa foi realizada durante os meses da aplicação de dicloroisocianurato de sódio associado ao cloro gás, **27 pontos foram monitorados, 382 amostras foram coletadas** e 98,4% apresentaram o CRL de acordo com a portaria 518/04, do Ministério da Saúde. Ressaltando-se:

a) Os pontos localizados na parte mais alta da cidade (Conquista) apresentaram conformidade no teor de CRL em **100% das amostras**, ou seja, teor mínimo de 0,5 mg/L de CRL na rede de distribuição.

b) As amostras coletadas na parte mais distante (Salobrinho) apresentaram 93,5% de conformidade com a legislação.

c) Os resultados obtidos em setembro e outubro, período da diminuição na dosagem média de cloro gás associado com o dicloroisocianurato de sódio, quando comparados aos bimestres anteriores, mostraram que houve redução de até **72,3% no consumo do cloro gás.**

d) **diminuição nos custos com produtos de até 57,9%.**

VII - CONCLUSÃO

Os resultados apresentados para as pesquisas realizadas em ETA's **em operação**, mostram de modo inequívoco que a “*Desinfecção Secundária*” é um procedimento operacional que garante a qualidade da água com redução de custos na operação da ETA.

Tal fato se comprova pela quantidade de água tratada na Bahia obtida utilizando a desinfecção secundária, alcançando a cifra de mais **345.000.000 litros de água por dia**, ou seja, 3995 L/s (Tabela 9).

TABELA 9 - Estações de Tratamento de Água que utilizam o processo de desinfecção secundária.

Empresa	DATA	Município	Volume tratado
EMASA	Janeiro/2005	Itabuna	605 L/s
SAAE Valença	Janeiro/2005	Valença	160 L/s
SAAE Juazeiro	Setembro/2005	Juazeiro	480 L/s
EMBASA (ETA Ilheus)	Janeiro/2007	Ilhéus	700 L/s
EMBASA (ETA Vitória da Conquista)	Janeiro/2007	Vitória da Conquista	750 L/s
EMBASA (ETA de Guanambi)	Janeiro/2007	Guanambi	400 L/s
EMBASA (ETA de Itaparica)	Janeiro/2007	Itaparica	500 L/s
EMBASA (ETA de Paraguaçu Milagres)	Janeiro/2005	Paraguaçu / Milagres	150 L/s
EMBASA (ETA de Morro de São Paulo)	Junho/2009	Morro de São Paulo	50 L/s
EMBASA (ETA de Luis Eduardo Magalhães)	Janeiro/2009	Luis Eduardo Magalhães	200 L/s
TOTAL			3995 L/s

VIII-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACL. **Detergent, Bleach, Cleaner and Sanitizer Applications – Chlorinated Isocyanurates**. Dallas: Occidental Chemical Corporation. 25p., 1998.

ANDRADE, N. J. e MACÊDO, J. A. B., Higienização na Indústria de Alimentos. São Paulo: Livraria Varela Ltda, 1996, 182p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 15 ed. Washington, D.C.: 1224p., 1998.

BAYER. **Aquatabs - Linha higiene Bayer**. São Paulo: sd. (Folder)

BLATCHLEY III, E. R., Disinfection and antimicrobial processes. **Water Environment Research**, v.66, n.4, p.361-368, 1994.

BORGES, J. T. **A utilização da técnica MIMS na determinação de trihalometanos em águas de abastecimento e a influência do íon brometo, da amônia e de algas na formação desses compostos**. Campinas: 2003. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, 2003.

BRASIL. Resolução n 150, de 28 de maio de 1999, autoriza a inclusão da substância ácido dicloroisocianúrico e seus sais de sódio e potássio no Anexo II - item 2, como

princípio ativo autorizado para uso em formulações de produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, da Portaria 152, de 26 de fevereiro de 1999, publicada no Diário Oficial da União em 1º de março de 1999. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 01 jun. 1999. Seção 1.

BRASIL. Resolução ANVISA RDC n° 115, de 08 de junho de 2001, em Art.1º permiti a extensão de uso da substância SAL SÓDICO DO ÁCIDO DICLOROISOCIANÚRICO na Portaria DISAD n.º 15 de 23 de agosto de 1988 como desinfetante para lactários. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 11 de junho de 2001. Seção 1.

BRASIL. Portaria n 518/GM, de 25 de março de 2004, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 26 março de 2004. Seção 1.

BRASIL. Resolução ANVISARDC n° 14, de 28 de fevereiro de 2007, Aprova o Regulamento Técnico para Produtos Saneantes com Ação Antimicrobiana harmonizado no âmbito do MERCOSUL através da Resolução GMC n° 50/06, que consta em anexo à presente Resolução. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 05 de março de 2007, Seção 1.

- CERQUEIRA, N. R.; FERREIRA, A. R. F.; GOMES, V. R. Experiência com o uso do dicloroisocianurato de sódio na EMBASA – Superintendência Sul – O.S. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24º, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 02 a 07 de setembro de 2007.
- CHAMBERS, C. W. A procedure for evaluating the efficiency of bactericidal agents. **J. Milk Food Technol.**, v.19, n.17, p.183-187, 1956.
- CHRISTMAN, K., **The History of Chlorine**. Disponível em: <http://c3.org/chlorine_knowledge_center/history.html>. Acesso em 14 de junho de 2001.
- DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. p. 131-151.
- DYCHDALA, G. R. Chlorine and chlorine compounds. In: BLOCH, S. S. (Ed.) **Disinfection, sterilization and preservation**, 5.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, pp.135-157, 2001.
- GENCO. **Fichas de dados de segurança de materiais – Hipoclorito de cálcio**. SÃO PAULO: Genco Química Industrial Ltda. 7p. Setembro/1998.
- FONTES, C. F.; NASCIMENTO, J. W. S.; GOMES, S. S.; SOUZA, A. T. M. Redução no custo do tratamento de água com a utilização de dicloroisocianurato de sódio associado ao cloro gás na ETA CENTRO, ILHÉUS, BA. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24º, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 02 a 07 de setembro de 2007.
- GRUBER, J., LI, R. W. C. Superestabilização, mito ou realidade? **Revista Pool-Life – Piscina**. Ano XXI, n. 62., Edição Especial, 2003.
- GUTHRIE, R. K. **Food sanitation**. 3. ed. New York: AVI, 1988. 327p.
- HAMMOND, B. G., BARBEE, S. J.; INOUE, T., et al. A Review of Toxicology Studies on Cyanurate and its Chlorinated Derivates. **Environmental Health Perspectives**, v.69, p.387-298, 1986.
- HIDROALL, **HCL60 – Ácido tricloro isocianúrico**. CAMPINAS: HidroAll Ltda. 19p., Setembro/2000a.
- HIDROALL, **HCL90 E HCL56 – Dicloroisocianurato de sódio**. CAMPINAS: HidroAll Ltda. 19p., Dezembro/2000b.
- HTH, **Fichas de dados de segurança de materiais – Hipoclorito de cálcio**. SALTO: Arch Química Brasil Ltda., 3p., Janeiro/1999.
- KATSUYAMA, A. M., STRACHAN, J. P. **Principles of food processing sanitation**. Washington, D.C.: The Food Processors Institute, 1980. 301p.
- KIM, J.; CHUNG, Y.; SHIN, D.; KIM, M.; LEE, Y.; LIM, Y.; LEE, D. Chlorination by-products in surface water treatment process. **Desalination**, v.15, p.1-9, 2002.
- LAUBUSCH, E. J., **Clorination and other disinfection processes**. In: Water quality and treatment: a handbook of public water supplies (American Water Works Association - AWWA), New York: McGraw-Hill, p.158-224. 1971.
- LEME, F. P., **Engenharia do Saneamento Ambiental**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 358p., 1980.
- MACÊDO, J. A. B. **Determinação de Trihalometanos em Águas de Abastecimento Público e de Indústria de Alimentos**, MG. 90p. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 2ª Ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 976p., 2004.
- MACEDO, J. A. B. **Desinfecção & Esterilização Química**. Belo Horizonte: CRQ-MG. 737p., 2009.
- MAIERÁ, N. **Piscinas – Litro a Litro**. São Paulo: Mix Editora Ltda. sp., 1999.
- MARNO, C. R. **Formação e remoção de trihalometanos em águas de abastecimento tratadas, na pré-oxidação, com cloro**. SP. 226p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- MATTOS, A. A. **Tratamento de água para abastecimento público com o uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico**. IN: Assembléia Nacional da ASSEMAE, 34. São Paulo: ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. 19 de abril de 2004.
- MATTOS, A. A. **Desinfecção de água para abastecimento público com o uso de ácido tricloroisocianúrico em tablete**. In: Encontro Técnico AESABESP, XV. São Paulo: AESABESP – Associação dos Engenheiros da SABESP. 30, 31 de agosto e 1º de setembro 2004a.
- MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a

formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, v.10, n.1, p.99-110, Jan/mar. 1994.

MORRIS, J. C. - The acid ionization constant to HOCl from 5 to 30° C. **Journal Physical Chemistry**, v.70, n.12, p-3798-3805, 1966.

NASCIMENTO FILHO, D. G. Dicloroisocianurato de sódio, derivado clorado de origem orgânica uma solução economicamente viável para o processo de desinfecção de água potável. Estudo de caso na USA - Sistema Integrado Paraguassu Milagres. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23°, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 18 a 23 de setembro de 2005.

NUVOLARI, A., TELLES, D. D., RIBEIRO, J. T., et al. **Esgoto Sanitário – Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 520p., 2003.

ODLAUG, T. E., PFLUG, I. J. Sporocidal properties of chlorine compounds: applicability to cooling water for canned foods. **J. Milk Food Technol.** v.39, n.7, p.493-498, 1976.

OLIN. **Material Safety Data Sheet: Chlorine**. Cleveland: Olin Chlor Alkali Products. 9p., 06 jan 2010.

PAVAN, J. M. **Controle das Emissões Acidentais de Cl₂**. São Paulo: Boletim Técnico, Ed. 5. Eco Tech System. Janeiro 2008.

PORETTI, M., Quality control of water as raw material in the food industry. **Food Control**, v.1, n.3, p.79-93, 1990. PORETTI, M., Quality control of water as raw material in the food industry. **Food Control**, v.1, n.3, p.79-93, 1990.

QUIMIL. **Q-CL40% - Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009.

QUIMIL. **Q-CL - Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009a.

QUIMIL. **Q-CLOR ECONÔMICO - Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009b.

QUIMIL. **Q-CLOR - Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009c.

QUIMIL. **Q-PAST DICLORO - Ficha de informações**

de Segurança de Produtos Químicos. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009d.

QUIMIL. **Q-TRICLORO - Ficha de informações de Segurança de Produtos Químicos**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 6p., agosto de 2009e.

QUIMIL; OLIVEIRA, F. S. **Relatório Técnico SAAE de Valença**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 9p., 10 de dezembro de 2004.

QUIMIL; OLIVEIRA, F. S. **Relatório Técnico de Viagem – ETA de Valença**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 2p., 13 de janeiro de 2005.

QUIMIL; OLIVEIRA, F. S. **Relatório Técnico de Viagem – ETA de Juazeiro**. Salvador: Quimil Indústria e Comércio Ltda. 2p., 08 de novembro de 2005a.

REIFF, F. M., WITT, V. M. **Manual de desinfección - Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano em pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe**. Serie Técnica no 30. Washington, D.C.: OPA/DSA – Organización Panamericana de La Salud/Division de Salud y Ambiente. 227p., Septiembre 1995.

ROOK, J. J. Formation of haloforms during chlorination of natural waters. **Water Treatment and Examination**. v. 23, p. 234-243, 1974.

TATA. **Risk Assessment and onsite Emergency Plan - chapter 7**. Naraj Marthapur: The Tata Power Company Ltd. Disponível em: <<http://www.elaw.org/system/files/Chapter+7.pdf>>. Acesso em 19 de março de 2010.

TROLI, A. C.; IDE NOBOYOSHI. C.; SILVEIRA, PALHANO, F. M. M. S.; MATTA, M. H. R. Trihalometanos em água tratada, após cloração com hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cloro gasoso e dicloroisocianurato de sódio, utilizando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrometro de massa, sistema *Purge And Trap*. IN: **2º. Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste - Campo Grande** – MS, 23 a 26 de Julho de 2002.

WEI, C., COOK, D. L., KIRK, J. R. Use of chlorine compounds in the food industry. **Food Technology**, v.39, n.1, p.107-115, 1985.

WITT, V. M., REIFF, F. M. **Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales**. In: La Calidad del Agua Potable en América Latina – Ponderación de los Riesgos Microbiológicos contra los Riesgos de los Subproductos da la Desinfección Química. Washington, D.C.: ILSI Press / Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud., p.153-185, 1996.