

DESINFECÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO COM O USO DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO EM TABLETE.

Antonio Alves de Mattos⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (USP/São Paulo), Engenheiro Sanitarista pela Universidade de São Paulo (USP) e Faculdade de Saúde Pública (USP) e Pós – Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Paulista (UNIP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Oscar Porto, Nº 1091 – Apartamento Nº 42 – Vila Mariana – São Paulo SP – CEP: 04003-005 – Brasil – Telefone 55 – (11) – 5539.7822 e-mail: amattos@sabesp.com.br

RESUMO

Em julho de 2001, a USEPA, Agência de Proteção do Meio Ambiente nos Estados Unidos, aprovou o uso de compostos isocianurados clorados em aplicações de sistema de desinfecção de água(*). Em maio de 2003, na cidade de Guararema, estado de São Paulo, Brasil, iniciamos testes com o uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico. As propriedades químicas e físicas do ácido tricloroisocianúrico são sintetizadas e discutidas neste trabalho. As análises químicas e físicas de ácido tricloroisocianúrico são tipicamente simples e a presença de ácido cianúrico é uma característica que este produto químico não é feto-tóxico, teratogênico, mutagênico ou carcinogênico. As questões importantes que são à base do uso eficiente de tabletes de ácido tricloroisocianúrico são; segurança, regulação, química do ácido tricloroisocianúrico, métodos químicos de análise, efeitos à saúde, tecnologia de aplicação simples e benefícios ao sistema de tratamento de água. (*) **Vide nota do autor na Conclusão**

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção de Água, Ácido Tricloroisocianúrico, Tablete ou Pastilha, Qualidade de Água, Agente Desinfetante.

1. INTRODUÇÃO.

Ácido tricloroisocianúrico é um desinfetante forte que tem um teor de cloro livre de aproximadamente 90,0 % Cl₂ ou mais. Os tabletes de ácido tricloroisocianúrico são apresentados em duas formas; uma com diâmetro de 2,54 centímetros e peso de 14 gramas e outra com diâmetro de 7,62 centímetros e peso de 200 gramas, e possuem uma lenta e contínua dissolução em água. Nos testes realizados na cidade de Guararema utilizamos tabletes com diâmetro de 7,62 centímetros e peso de 200 gramas. O uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico parece ser uma alternativa especialmente indicada para aplicação em sistemas de desinfecção em plantas de tratamento com capacidade baixa e média. Os tabletes de ácido tricloroisocianúrico podem ser usados com equipamentos de dissolução e dosagem controlados manualmente e automaticamente. O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio da Unidade de Negócio do Vale Paraíba, RV, do Setor de Operação de Guararema, RVSS.04 e dos técnicos operacionais da estação de tratamento de água e do sistema de distribuição.

2. OBJETIVO.

O objetivo principal dos testes com ácido tricloroisocianúrico como agente de desinfecção foi buscar o desenvolvimento de um novo composto de cloro que possibilite manter, melhorar e otimizar a eficiência da desinfecção de água em unidades de tratamento de água para abastecimento público. Outros objetivos estão relacionados ao processo de tratamento, tais como, segurança, melhoria da qualidade da água, queda no consumo de produtos químicos e redução de custos operacionais e de manutenção.

3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE GUARAREMA.

O sistema de abastecimento de água de Guararema é operado pela Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. A cidade de Guararema possui uma população estimada de 22000 habitantes; e, o abastecimento de água na sede central atende 15800 pessoas possuindo cerca de 3974 ligações de água e 2558 ligações de coleta de águas servidas, sendo 100% da população abastecida com água tratada. Existe projeto em andamento, para a construção de uma planta de lodos ativados para tratamento de esgotos domésticos e industriais.

3.1. PLANTA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARAREMA.

3.1.1. CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA.

A captação de água bruta é efetuada de um manancial superficial, chamado Rio Paraíba do Sul, e geralmente necessita de tratamento convencional mais intenso do que mananciais de outras fontes. A qualidade do manancial é considerada satisfatória; eventualmente ocorrem problemas de turbidez elevada e presença de algas provocando efeitos desagradáveis de sabor e odor. A captação de água bruta é efetuada através de adutora construída de ferro fundido e com diâmetro de 250 milímetros. A água bruta é bombeada para a planta de tratamento com a utilização de dois conjuntos moto-bomba que recalcam um volume máximo de 80,0 litros por segundo em cada conjunto. A água bruta é recalçada numa tubulação de ferro fundido com diâmetro de 250 milímetros, numa altura de 60 metros e com um comprimento de 295 metros.

3.1.2. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARAREMA – SÃO PAULO

O processo projetado para a planta de tratamento de água de Guararema é do tipo convencional; e, permite a purificação da água bruta através de técnicas de desinfecção, coagulação química, floculação, sedimentação e filtração.

A capacidade máxima de tratamento é de 80,0 litros por segundo; o tratamento utiliza como coagulante químico sulfato de alumínio isento de ferro ou policloreto de alumínio e, o coagulante é adicionado em mistura rápida numa calha parshall na entrada da água bruta.

A planta de tratamento dispõe de três floculadores mecanizados com palhetas verticais e com as seguintes dimensões; comprimento de 3,0 metros, largura de 3,0 metros e altura de 2,90 metros.

A sedimentação na planta de tratamento ocorre em dois tanques retangulares com as seguintes dimensões; comprimento de 14,0 metros, largura de 4,30 metros e altura de 4,15 metros; e, os tanques são dotados de um canal central na parte inferior para descarga de lodo.

No tanque de sedimentação nº 1, a água decantada é coletada em três tubulações de PVC, com diâmetro de 100 milímetros, comprimento total de 4,0 metros por tubo. As tubulações de coleta de água decantada possuem no tanque de sedimentação nº 1 um total de 142 orifícios coletores perfurados com diâmetro de ½ polegada.

No tanque de sedimentação nº 2, a água decantada é coletada também em três tubulações de PVC, com diâmetro de 100 milímetros, comprimento total de 6,0 metros por tubo. As tubulações de coleta de água decantada possuem no tanque de sedimentação nº 2 um total de 116 orifícios coletores perfurados com diâmetro de ½ polegada. Os orifícios coletores perfurados são localizados na parte superior das tubulações e distribuídos em toda a sua extensão.

A filtração na planta de tratamento ocorre em 04 filtros rápidos com as seguintes dimensões; comprimento de 4,0 metros, largura de 2,10 metros e altura de 4,20 metros. Cada filtro possui camada filtrante simples de areia com tamanho efetivo entre 0,50 e 0,65 milímetros e espessura de camada de 0,55 metro e de camadas suporte de seixos rolados com tamanho e espessura de camada de respectivamente; 0,80 a 3,0 milímetros e 0,06 metro, 1/8 a 1/4 de polegada e 0,07 metros, 1/4 a 1/2 polegada e 0,07 metros, 1/2 a 3/4 polegada e 0,08 metros, 3/4 a 1.1/2 polegada e 0,10 metro e 1.1/2 a 2.1/2 polegada e 0,15 metro.

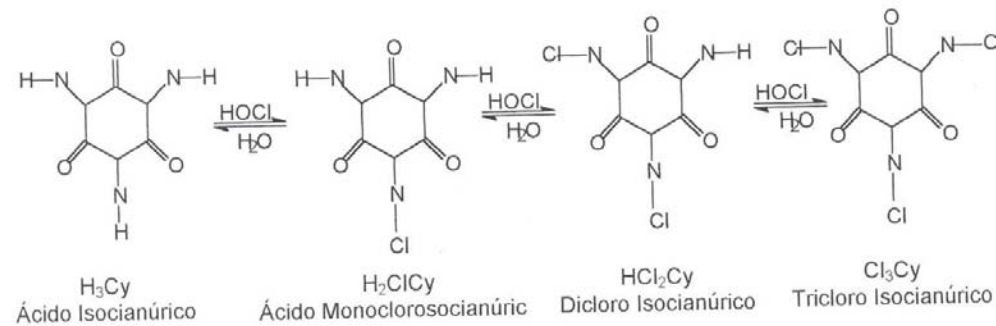
A Lavagem contra-corrente dos filtros é efetuada através de dois conjuntos moto bomba e, toda água de lavagem é descartada não sendo tratada e nem recuperada.

A desinfecção na planta de tratamento usualmente utiliza cloro líquido fornecido em cilindros com capacidade de 40, 50 e 68 quilogramas e, o tratamento é efetuada com cloro na água bruta (pré-desinfecção) e na água tratada (pós-desinfecção).

4. ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.

A desinfecção de águas para consumo humano pode ser efetuada com a utilização de diversos compostos de cloro, sempre dando prioridade ao agente que possibilita maiores benefícios de segurança e redução de doenças transmissíveis pela água. O uso de compostos de cloro, como o ácido tricloroisocianúrico, foi aprovado pela USEPA/USA(*) em julho de 2001 para uso em água para consumo humano. Atualmente, a produção mundial estimada de ácido tricloroisocianúrico e dicloroisocianúrico é de 310.000 toneladas por ano. Ácido tricloroisocianúrico é fabricado na forma de tabletes e granular. O Tablete de ácido tricloroisocianúrico nada mais é que o material granular prensado e possui uma concentração de cloro disponível elevada sendo manuseado de forma fácil e segura. Ácido tricloroisocianúrico para tratamento de água é produzido a partir da reação química de ácido cianúrico e compostos de cloro na presença de água. (*) **Vide nota do autor na Conclusão.**

EQUAÇÃO Nº 4.1. REAÇÃO QUÍMICA DE PRODUÇÃO DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



O uso de ácido tricloroisocianúrico na planta de tratamento de água de Guararema, São Paulo, Brasil, 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 líquido, 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, menor demanda de residual de cloro com o aumento de volume de lodo gerado no processo, praticamente nenhuma perda de cloro no meio ambiente reduzindo efeitos prejudiciais à saúde dos operadores e facilidade no manuseio e reposição do material sem riscos de ocorrência de vazamentos de cloro.

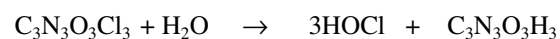
O ácido tricloroisocianúrico possui entre outras vantagens, além das citadas acima, o fato de apresentar uma concentração de cloro disponível de igual ou maior do que 90,0 %. As propriedades mais importantes do ácido tricloroisocianúrico são apresentadas na tabela nº 1. A reação química de ácido tricloroisocianúrico com a água resulta na formação de três moléculas de ácido hipocloroso mais uma molécula de ácido isocianúrico conforme apresentado na equação nº 2.

O uso de ácido tricloroisocianúrico na planta de tratamento de água de Guararema, São Paulo, Brasil, 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 líquido, 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, menor demanda de residual de cloro com o aumento de volume de lodo gerado no processo, praticamente nenhuma perda de cloro no meio ambiente reduzindo efeitos prejudiciais à saúde dos operadores e facilidade no manuseio e reposição do material sem riscos de ocorrência de vazamentos de cloro. O ácido tricloroisocianúrico possui entre outras vantagens, além das citadas acima, o fato de apresentar uma concentração de cloro disponível de igual ou maior do que 90,0 %. As propriedades mais importantes do ácido tricloroisocianúrico são apresentadas na tabela nº 4.1. A reação química de ácido tricloroisocianúrico com a água resulta na formação de três moléculas de ácido hipocloroso mais uma molécula de ácido isocianúrico conforme apresentado na equação nº 4.2.

TABELA Nº 4.1. PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.

Parâmetros Químicos e Físicos	Ácido Tricloroisocianúrico
Fórmula Química	$C_3N_3O_3Cl_3$
Forma	Tablete ou Granular
Diâmetro do Tablete	7,62 centímetros
Peso do Tablete	200 gramas
Solubilidade a 1%	1,4 %
% de Cloro Disponível	90 %
pH da Solução a 1%	2,8

EQUAÇÃO Nº 4.2. REAÇÃO QUÍMICA DO ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



5. DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA DE TESTE NA PLANTA DE GUARAREMA COM TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.

TESTE INICIAL.

Teste com tablete de ácido tricloroisocianúrico iniciou-se em 15 de maio de 2005, com a aplicação de ácido tricloroisocianúrico na entrada de água bruta, pré-desinfecção. No início dos testes utilizamos uma torre de alimentação de tabletes de ácido tricloroisocianúrico com dimensões de 750 milímetros de altura por diâmetro de 75 milímetros, com um total de aproximadamente 27 tabletes de ácido tricloroisocianúrico e cerca de 5,4 quilogramas. Na fase inicial o residual de cloro livre na água bruta devido à solução de ácido tricloroisocianúrico variou de 0,18 a 0,24 ppm com um fluxo de aplicação de solução na saída da torre de 930,0 a 1170,0 litros por hora e, respectivamente com concentrações de 31 mg/l e 61 mg/l. Neste teste preliminar a alimentação de água na torre foi realizada com entrada pela parte superior e saída na lateral inferior da torre; e, nestas condições é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 20,0 a 50,0 metros cúbicos por hora. Posteriormente, a alimentação de água na torre constituída com 27 tabletes de ácido tricloroisocianúrico foi realizada com entrada pela parte superior e inferior da torre, e com saída de solução de ácido tricloroisocianúrico efetuada pela lateral inferior da torre, sendo que o fluxo de solução de ácido tricloroisocianúrico variou de 870,0 litros por hora a 1449,0 litros por hora, com o residual de cloro livre variando de 0,17 ppm a 0,23 ppm e concentração de cloro no fluxo de solução com 28,0 a 44,5 miligramas por litro; e, nestas condições é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 15,0 a 45,0 metros cúbicos por hora. Mais tarde, a operação de alimentação de água na torre foi efetuada com entrada somente na parte superior e também somente na parte inferior e com variação de ponto de saída de solução, não ocorrendo mudanças significativas na concentração da solução e no residual de cloro na pré-desinfecção.

2º TESTE.

Durante o mês de agosto de 2003, continuamos teste com aplicação de tabletes de ácido tricloroisocianúrico na entrada de água bruta (pré-desinfecção). Nos testes utilizou-se de duas torres de tabletes de ácido tricloroisocianúrico com dimensões de 750 milímetros de altura e diâmetro de 75 milímetros, com colocação em cada torre de aproximadamente 27 tabletes de ácido tricloroisocianúrico com 200 gramas de peso cada tablete e com um peso total nas duas torres de 10,8 quilogramas. Nesta fase de teste o residual de cloro livre na água bruta devido à solução de ácido tricloroisocianúrico variou de 0,25 a 0,50 ppm com um fluxo de aplicação de solução na saída da torre de 1200,0 litros por hora, respectivamente com concentrações de 100,0 mg/l e 130,0 mg/l. Neste teste a alimentação de água nas torres foi realizada com entrada pela parte superior e saída na parte lateral inferior da torre; e, nestas condições é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 80,0 a 100,0 metros cúbicos por hora. A ETA de Guararema estava operando com capacidade de tratamento de 60,0 litros por segundo e o residual de cloro livre apresentou constantes oscilações com uma performance de trabalho não satisfatória.

3º TESTE.

Mais tarde foram utilizados nos testes três torres de tabletes de ácido tricloroisocianúrico com dimensões de 750 milímetros de altura por diâmetro de 75 milímetros, com colocação de aproximadamente 27 tabletes de ácido tricloroisocianúrico com 200 gramas de peso cada tablete e com um peso total nas três torres de 16,2 quilogramas. Nesta fase de teste o residual de cloro livre na água bruta devido á solução de ácido tricloroisocianúrico variou de 0,50 a 1,00 ppm com um fluxo de aplicação de solução na saída da torre de 1350,0 litros por hora, respectivamente com concentrações de 60,0 mg/l e 160,0 mg/l. Neste teste a alimentação de água nas torres foi realizada com entrada pela parte superior e saída na parte lateral inferior da torre; e, nestas condições é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 50,0 a 140,0 metros cúbicos por hora. Também efetuamos testes com três torres, sendo duas torres de 75 mm e uma torre de 150 mm de diâmetro.

O uso de duas e três torres apresentou resultados significativos na concentração da solução e no residual de cloro na pré-desinfecção, porém não satisfatórios em termos de manutenção destes parâmetros, ocorrendo uma boa solubilização somente na primeira torre, não ocorrendo boa solubilização na segunda e terceira torre.

4º TESTE.

Em setembro de 2003, devido a grande dificuldade de solubilização dos tabletes de ácido tricloroisocianúrico e ao tempo de contato considerado inadequado nas torres com dimensão de 750 mm X 75 mm para a pré-desinfecção na Eta de Guararema, os testes foram direcionados para operação do sistema de desinfecção com torre com dimensões maiores.

No início dos testes utilizamos uma torre de alimentação de tabletes de ácido tricloroisocianúrico com dimensões de 750 milímetros de altura e com diâmetro de 150 milímetros, com uma alimentação de aproximadamente 54 tabletes de ácido tricloroisocianúrico com cerca de 10,8 quilogramas e, novamente não ocorreram mudanças significativas na concentração da solução e no residual de cloro na pré-desinfecção.

Nesta fase de teste o residual de cloro livre na água bruta devido á solução de ácido tricloroisocianúrico variou de 0,20 a 0,85 ppm com um fluxo de aplicação de solução na saída da torre de 130,0 litros por hora, respectivamente com concentrações de 115,0 mg/l e 300,0 mg/l. Neste teste a alimentação de água na torre foi realizada com entrada pela parte superior e saída na parte lateral inferior da torre; e, nesta condição é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 10,0 a 25,0 metros cúbicos por hora

5º TESTE.

Em consequência destes fatos, e visando um aumento acentuado nos parâmetros de solubilização, concentração de solução de cloro, maior tempo de contacto e uma considerável taxa de alimentação de água para atingir um residual de cloro ótimo foi instalada uma torre para tablete com dimensões de 690 milímetros de diâmetro interno (28,0 polegadas) por 750 milímetros de altura total. Neste teste a alimentação de água na torre foi realizada com entrada pela parte superior sem e com bóia de controle de nível interna e saída na parte central inferior da torre. Foram adicionada á torre 75 tabletes de 200 gramas de ácido tricloroisocianúrico com um total de 15,0 Kg. O resultados destes testes demonstraram uma melhora significativa em termos de concentração da solução na torre de tabletes e no residual de cloro na pré-desinfecção, porém ocorriam grandes variações impossibilitando a manutenção destes parâmetros. Os resultados são apresentados na tabela 5.1, em seguida. No teste com alimentação de água na torre com entrada pela parte superior e saída na parte lateral inferior da torre sem bóia de nível é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 10,0 a 40,0 metros cúbicos por hora; e, com bóia de nível é possível realizar a desinfecção em um sistema com capacidade máxima de 100,0 a 300,0 metros cúbicos por hora

TABELA 5.1: "Controle de Cloro Residual Livre " – Torre de 690 mm (28,0 Polegada)				
Data	Fluxo de Solução de Tricloro (l/h)	Concentração da Solução (g/l)	Residual de Cloro Livre (Pré) – mg/l	Alimentação de Água na Torre pela parte Superior
30/09/2003	14,7	1,13	0,08	Pela Parte Superior
30/09/2003	33,6	0,40	0,06	Pela Parte Superior
30/09/2003	57,0	0,31	0,08	Pela Parte Superior
30/09/2003	66,0	0,16	0,05	Pela Parte Superior
30/09/2003	69,0	0,14	0,04	Pela Parte Superior
30/09/2003	97,2	0,09	0,04	Pela Parte Superior
30/09/2003	240,0	0,22	0,30	+ 5,0 Kg de Tricloro
30/09/2003	16,8	1,56	0,12	Pela Parte Superior
30/09/2003	21,0	0,83	0,08	Pela Parte Superior
30/09/2003	56,4	0,30	0,08	Pela Parte Superior
30/09/2003	314,4	0,37	0,54	Após 10 horas
30/09/2003	304,8	0,28	0,39	Pela Parte Superior
30/09/2003	326,4	0,18	0,27	12 horas Operação
01/10/2003	188,1	0,35	0,30	+ 3,2 Kg de Tricloro
01/10/2003	231,0	0,32	0,34	Pela Parte Superior
01/10/2003	297,9	0,20	0,27	Pela Parte Superior
01/10/2003	303,6	0,30	0,42	+ 5,0 Kg de Tricloro
01/10/2003	305,1	0,23	0,32	+ 5,0 Kg de Tricloro
01/10/2003	314,4	0,26	0,38	Pela Parte Superior
01/10/2003	125,1	0,53	0,30	Pela Parte Superior com Bóia de Nível Interna na Torre
01/10/2003	270,0	0,38	0,47	
01/10/2003	144,0	0,60	0,40	
01/10/2003	138,9	0,46	0,30	
01/10/2003	106,2	0,70	0,34	
01/10/2003	104,1	0,70	0,34	
01/10/2003	98,7	0,70	0,32	
01/10/2003	88,2	0,60	0,25	
01/10/2003	74,4	1,24	0,45	
01/10/2003	73,2	0,86	0,29	
01/10/2003	69,0	0,96	0,31	
01/10/2003	68,4	1,12	0,35	
01/10/2003	59,4	1,04	0,29	
02/10/2003	262,5	1,80	2,20	
02/10/2003	216,9	0,80	0,80	Pela Parte Superior com Bóia de Nível Interna na Torre
02/10/2003	211,2	1,02	1,0	
02/10/2003	206,1	0,92	0,88	
02/10/2003	201,6	0,74	0,69	

6º TESTE.

Na tentativa da eliminação destas variações efetuamos nova modificação na torre de tablete, ou seja, dimensionamos e instalamos um difusor interno na torre para uma melhor distribuição do fluxo de água e para melhorar a solubilização dos tabletes e, na parte central da torre um tubo de controle de nível e de saída de fluxo de solução de cloro. Os testes foram reiniciados em 22 de outubro de 2003, com aplicação de solução de ácido tricloroisocianúrico a partir das 14:00 hora na pré-desinfecção e, a partir de 23 de outubro de 2003 foi interrompida a aplicação de cloro gasoso, passando o tratamento de pré-desinfecção a ser efetuado somente com tabletes de ácido tricloroisocianúrico. Os resultados obtidos são demonstrados na tabela "Boletim de Controle de Cloro", na água coagulada e decantada. Os valores no "Boletim de Controle de Cloro", controlados na água na entrada e saída do reservatório são devidos á pré-desinfecção com tabletes de ácido tricloroisocianúrico e pós-desinfecção com cloro gasoso.

PROCEDIMENTO FINAL.

Após os excelentes resultados alcançados com o uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico na pré-desinfecção, em 28 de novembro de 2003, instalou-se uma torre de alimentação de tabletes de ácido tricloroisocianúrico com dimensões de 750 milímetros de altura e com diâmetro de 300 milímetros, com um projeto dimensionado com um difusor interno na torre para uma melhor distribuição do fluxo de água e para melhorar a solubilização dos tabletes e, na parte central da torre um tubo de controle de nível e de saída de fluxo de solução de cloro. Foi interrompida a aplicação de cloro gasoso na pós-desinfecção. Os testes com tabletes de ácido tricloroisocianúrico forneceram uma excelente performance no processo de pré-desinfecção e pós-desinfecção e, foram interrompidos em 30 de março de 2004 para avaliação e análise final de custos e benefícios comparados com cloro gasoso e outros compostos de cloro.

Os resultados obtidos são apresentados nas tabelas “Boletim de Controle de Cloro”, na água coagulada, decantada, filtrada (entrada do reservatório) e final (saída do reservatório). Os resultados apresentados de residual de cloro no processo de tratamento na pré-desinfecção e pós-desinfecção são originados do uso de tabletes de ácido tricloroisocianúrico.

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.

Nas tabelas apresentadas, em seguida, procuramos mostrar a performance do sistema de pré e pós-desinfecção no processo de tratamento de água nas etapas de coagulação química e floculação, sedimentação, filtração, reservação e distribuição de água. Apresentamos resultados levantados na ETA de Guararema de Cloro Residual Livre, pH, consumo de cloro e ácido tricloroisocianúrico e, resultados de análise de cloro residual livre na rede de distribuição e análise físico-química, subprodutos orgânicos e microbiológicos.

Durante o processo de desinfecção com ácido tricloroisocianúrico verificou-se que durante ocasiões em que as características da água bruta sofrem alterações dos parâmetros de sabor e odor, devido à presença de microorganismos (algas), a água final apresenta um sabor e odor menos acentuado do que quando se efetua o tratamento da desinfecção com cloro gasoso.

Foi verificado também no processo de tratamento que o cloro residual livre na água coagulada, decantada e filtrada é mais estável, com menor desprendimento de odor de cloro, quando foi utilizado ácido tricloroisocianúrico em substituição ao cloro gasoso.

Os resultados de pH da água coagulada e decantada foram menos variáveis na desinfecção com o cloro gasoso no período comparado com a desinfecção com ácido tricloroisocianúrico, principalmente devido à alterações nas características de água bruta; de cor, variando de um mínimo de 15 para 50 U.C e de um máximo de 320 para 900 U.C; de turbidez de um mínimo de 5,0 para 18,0 NTU e de um máximo de 80,0 para 630,0 NTU; e de dosagem de coagulante químico de um mínimo de 7,0 para 12,0 ppm e de um máximo de 14,0 para 26,0 NTU, principalmente nos meses de fevereiro e março de 2004.

Foi observado na água decantada quando o volume de lodo se torna mais acentuado a ocorrência de menor perda de cloro residual livre com o ácido tricloroisocianúrico do que com cloro gasoso.

Os resultados de cloro residual livre amostrado em pontos localizados com maior tempo de detenção de água (pontos final de rede) no sistema de distribuição; e, com as amostras sendo analisadas na data da coleta e posteriormente com 24 horas de preservação, atenderam ao valor mínimo de cloro estabelecido pela portaria 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. A demanda de cloro residual livre, de um dia para o outro, apresentou resultados similares tanto na desinfecção com ácido tricloroisocianúrico como com cloro gasoso.

Os resultados de análises físicos químicos e de parâmetros orgânicos e microbiológicos durante o período de desinfecção com tablete de ácido tricloroisocianúrico, controlados na saída do reservatório de água tratada da estação de tratamento de água apresentaram valores de análise atendendo à portaria 518/GM, de 24 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

É importante salientar a ocorrência de formação de subprodutos orgânicos da desinfecção, trihalometanos e monocloramina, porém em níveis bem abaixo do valor máximo desejável. A presença de monocloramina é possivelmente devido à reação de ácido hipocloroso com amônia.

A reação de cloro residual livre na água, proveniente da desinfecção com ácido tricloroisocianúrico, com material orgânico residual possibilita a formação de trihalometanos (THM), conforme ocorre com outros compostos de cloro e seu controle deve ser monitorado.

Com relação à comparação de consumo de ácido tricloroisocianúrico com cloro gasoso, os resultados não apresentam vantagens significativas para nenhum agente desinfetante.

TABELA - 6.1. Controle de Cloro Residual Livre (ppm).									
Data	Característica da Água								Obs.
	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	
	Mês de outubro de 2003				Mês de novembro de 2003				
01	1,3	0,9	1,2	1,0	1,1	0,6	1,1	0,9	
02	1,5	1,0	1,2	1,0	0,9	0,5	1,0	0,8	
03	1,0	0,6	1,2	0,9	1,3	0,7	1,1	0,8	
04	1,0	0,6	1,1	0,9	1,2	0,8	1,2	0,8	
05	1,1	0,6	1,1	0,9	1,1	0,7	1,1	0,9	
06	1,0	0,6	1,2	0,9	0,9	0,6	1,1	0,8	
07	1,2	0,9	1,2	1,0	1,0	0,6	1,2	0,9	
08	1,1	0,6	1,1	0,9	1,0	0,5	1,0	0,8	
09	1,2	0,6	1,2	0,9	0,9	0,4	0,9	0,8	
10	1,2	0,7	1,2	1,0	0,9	0,5	1,0	0,8	
11	1,2	0,7	1,2	1,0	1,1	0,6	1,2	0,8	
12	1,2	0,5	1,1	0,9	1,2	0,7	1,1	0,8	
13	1,1	0,7	1,1	0,8	1,4	0,8	1,2	1,0	
14	1,1	0,7	1,1	0,9	1,0	0,5	1,1	0,8	
15	1,2	0,6	1,2	0,9	1,4	0,8	1,2	1,0	
16	1,2	0,7	1,2	0,9	1,1	0,7	1,1	1,0	
17	1,2	0,8	1,2	1,0	1,1	0,7	1,2	0,9	
18	1,3	0,6	1,3	1,0	1,0	0,7	1,2	0,8	
19	1,2	0,7	1,2	1,0	1,2	0,7	1,2	0,8	
20	1,2	1,0	1,3	1,1	0,9	0,5	1,1	0,8	
21	1,1	0,6	1,2	0,9	1,1	0,8	1,1	0,9	
22	1,6	1,1	1,4	1,0	1,2	0,7	1,1	0,9	
23	1,4	0,9	1,2	0,9	0,9	0,6	1,0	0,9	
24	1,1	0,8	1,1	0,9	1,5	0,9	1,2	0,8	
25	1,2	0,8	1,1	0,8	1,2	0,8	1,2	0,9	
26	1,2	0,9	1,2	0,9	1,2	0,8	1,1	0,9	
27	1,0	0,5	1,1	1,0	1,1	0,7	1,2	0,9	
28	1,2	0,6	1,1	1,0	1,0	0,7	1,2	0,9	
29	0,9	0,5	1,0	0,9	0,9	0,5	0,9	0,7	
30	1,1	0,6	1,1	0,7	1,3	0,6	1,1	0,8	
31	1,2	0,8	1,2	0,9	-	-	-	-	
MÉDIA (Cloro)	1,18	0,71	1,17	0,93	-	-	1,15	0,86	
MÉDIA (Tricloro)	1,16	0,74	-	-	1,10	0,66	1,1	0,8	

Observações:

- Os resultados de Cloro Residual Livre apresentado em “negrito” são referentes á desinfecção com tabletes de ácido tricloroisocianúrico e, os outros resultados referem-se á desinfecção com cloro gasoso.

- Os resultados de cloro residual livre, na água coagulada, decantada, filtrada e final durante a desinfecção com ácido tricloroisocianúrico e cloro gasoso apresentaram teores que possibilitam o atendimento em conformidade com os padrões de água potável estabelecido pela portaria N° 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

TABELA - 6.2. Controle de Cloro Residual Livre (ppm).									
Data	Característica da Água								
	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	Obs.
	Mês de dezembro de 2003				Mês de janeiro de 2004				
01	1,4	0,8	1,2	1,0	0,9	0,5	0,9	0,6	
02	1,2	0,7	1,2	0,8	0,9	0,5	0,9	0,5	
03	1,3	0,8	1,1	0,9	0,9	0,5	0,9	0,7	
04	1,2	0,8	1,3	0,8	1,0	0,6	0,9	0,7	
05	1,1	0,7	1,2	0,9	1,0	0,4	0,8	0,5	
06	1,5	0,7	1,2	1,0	0,8	0,5	0,9	0,6	
07	1,1	0,7	1,1	0,9	1,0	0,5	1,0	0,6	
08	1,1	0,6	1,0	0,8	0,9	0,5	0,9	0,6	
09	1,5	1,1	1,4	0,9	1,1	0,7	1,0	0,6	
10	1,3	0,9	1,4	0,9	1,1	0,5	1,0	0,6	
11	1,1	0,7	1,0	0,9	1,1	0,5	0,9	0,6	
12	1,0	0,5	1,0	0,7	0,9	0,5	0,9	0,5	
13	1,2	0,7	1,1	0,9	1,0	0,5	0,8	0,5	
14	1,0	0,6	1,0	0,9	1,0	0,5	0,8	0,6	
15	1,1	0,6	1,1	0,7	1,0	0,6	1,0	0,7	
16	1,5	0,9	1,2	0,7	0,9	0,4	0,9	0,6	
17	1,2	0,8	1,2	0,9	1,0	0,5	0,9	0,6	
18	1,1	0,9	1,2	0,9	1,0	0,5	1,0	0,6	
19	0,9	0,5	0,9	0,8	0,9	0,4	1,0	0,7	
20	0,9	0,5	0,7	0,5	0,9	0,4	0,8	0,6	
21	0,9	0,5	0,9	0,6	0,9	0,5	0,9	0,7	
22	0,8	0,3	0,9	0,7	0,9	0,4	0,9	0,6	
23	1,1	0,6	1,2	0,7	0,9	0,3	0,9	0,6	
24	1,0	0,6	1,0	0,8	0,8	0,4	0,9	0,6	
25	0,8	0,4	0,7	0,7	1,0	0,5	1,0	0,7	
26	0,9	0,4	0,9	0,5	1,0	0,6	1,2	0,8	
27	0,8	0,5	1,0	0,6	0,9	0,6	1,1	0,8	
28	0,8	0,5	0,9	0,6	1,1	0,7	1,1	0,8	
29	0,9	0,6	0,9	0,7	1,2	0,7	1,1	0,7	
30	0,9	0,4	0,8	0,6	1,0	0,6	1,1	0,7	
31	0,9	0,5	1,2	0,7	0,9	0,4	0,9	0,6	
MÉDIA	1,08	0,64	1,03	0,77	0,96	0,52	0,94	0,63	

Observações:

- Os resultados de Cloro Residual Livre apresentado são referentes á desinfecção com tabletes de ácido tricloroisocianúrico.

- Os resultados de Cloro Residual Livre obtido no processo de desinfecção com ácido tricloroisocianúrico comprovam a eficácia do produto na inativação microbiológica; e, o ácido tricloroisocianúrico pode ser aprovado para utilização como agente desinfetante ou como uma possível alternativa de outra condição de operação do processo de desinfecção. Os teores de cloro residual livre, na estação de tratamento de água, possibilitam o atendimento em conformidade com os padrões de água potável estabelecido pela portaria N° 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

TABELA - 6.3. Controle de Cloro Residual Livre (ppm).									
Data	Característica da Água								Obs.
	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	Coagulada	Decantada	Filtrada	Final	
	Mês de fevereiro de 2004				Mês de março de 2004				
01	1,0	0,4	0,9	0,6	1,2	0,5	1,1	0,7	
02	1,0	0,5	1,0	0,8	1,0	0,6	1,0	0,8	
03	0,9	0,3	0,9	0,7	1,3	0,6	1,2	0,8	
04	1,2	0,6	1,2	0,8	1,2	0,6	1,1	0,8	
05	0,9	0,4	1,0	0,7	1,2	0,5	1,0	0,7	
06	0,9	0,4	0,9	0,6	1,1	0,6	1,0	0,8	
07	0,8	0,4	0,9	0,6	1,1	0,6	1,1	0,8	
08	0,9	0,5	1,0	0,7	1,5	0,7	1,3	0,7	
09	1,0	0,5	1,0	0,6	1,3	0,7	1,2	0,8	
10	1,1	0,6	1,1	0,8	1,5	0,8	1,3	0,9	
11	1,1	0,7	1,0	0,7	1,0	0,6	1,1	0,9	
12	1,0	0,4	0,9	0,6	1,1	0,4	1,0	0,7	
13	1,0	0,5	1,1	0,7	1,2	0,6	1,2	0,7	
14	1,2	0,8	1,2	0,8	1,3	0,7	1,3	0,8	
15	1,0	0,6	1,1	0,9	1,3	0,8	1,3	0,9	
16	1,1	0,6	1,1	0,8	1,3	0,6	1,2	0,7	
17	1,1	0,6	1,2	0,8	1,0	0,5	1,1	0,8	
18	1,1	0,6	1,1	0,8	1,1	0,6	1,1	0,7	
19	1,1	0,6	1,1	0,8	1,0	0,6	1,2	0,7	
20	1,1	0,5	1,1	0,7	1,0	0,6	1,0	0,7	
21	1,2	0,7	1,4	0,8	1,2	0,9	1,1	0,8	
22	0,9	0,2	0,9	0,6	1,3	0,7	1,2	0,8	
23	1,1	0,6	1,1	0,8	1,3	0,8	1,1	0,8	
24	0,9	0,3	1,0	0,6	1,1	0,6	1,0	0,7	
25	1,0	0,6	1,2	0,8	1,4	0,8	1,2	0,9	
26	1,1	0,6	1,0	0,6	1,3	0,8	1,3	0,9	
27	1,4	0,6	1,1	0,7	0,8	0,4	1,0	0,8	
28	1,2	0,5	1,1	0,7	1,6	0,9	1,2	0,9	
29	1,2	0,5	1,1	0,8	1,3	0,9	1,1	0,9	
30	-	-	-	-	1,4	0,9	1,1	0,9	
31	-	-	-	-	1,5	1,0	1,5	0,9	
MÉDIA (Tricloro)	1,05	0,52	1,06	0,72	1,19	0,64	1,14	0,79	
Média (Cloro)	-	-	-	-	1,45	0,92	1,5	0,9	

Observações:

- Os resultados de Cloro Residual Livre apresentado em “negrito” são referentes á desinfecção com tabletes de ácido tricloroisocianúrico e, os outros resultados referem-se á desinfecção com cloro gasoso.

- Os resultados de Cloro Residual Livre obtido no processo de desinfecção com ácido tricloroisocianúrico comprovam a eficácia do produto na inativação microbológica; e, o ácido tricloroisocianúrico pode ser aprovado para utilização como agente desinfetante ou como uma possível alternativa de outra condição de operação do processo de desinfecção. Os teores de cloro residual livre, na estação de tratamento de água, possibilitam o atendimento em conformidade com os padrões de água potável estabelecido pela portaria Nº 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

TABELA 6.4 Controle de Cloro Residual na Rede de Distribuição										
Data da Coleta	Data da Análise	Identificação do Ponto de Coleta/ Resultado da Análise (ppm).								
		01	02	03	04	05	06	07	08	09
Agente de Desinfecção: Tabletes de Ácido Tricloroisocianúrico										
13/01/2004	13/01/2004	0,40	0,20	0,30	0,30	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30
14/01/2004	14/01/2004	0,50	0,70	0,40	0,40	0,60	0,30	0,40	0,30	0,50
	15/01/2004	0,20	0,30	0,20	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30
15/01/2004	15/01/2004	0,70	0,30	0,40	0,50	0,30	0,50	0,50	0,40	0,40
	16/01/2004	0,50	0,20	0,30	0,40	0,20	0,40	0,40	0,40	0,30
03/02/2004	03/02/2004	0,70	0,40	0,50	0,50	0,50	0,70	0,50	0,60	0,60
	04/02/2004	0,40	0,20	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30	0,40
04/02/2004	04/02/2004	0,60	0,20	0,70	0,50	0,60	0,60	0,40	0,40	0,50
	05/02/2004	0,30	0,0	0,20	0,30	0,40	0,20	0,20	0,30	0,20
05/02/2004	05/02/2004	0,40	0,80	0,70	0,60	0,60	0,90	0,40	0,60	0,60
	06/02/2004	0,20	0,30	0,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,10	0,20
17/02/2004	17/02/2004	0,70	0,50	0,60	0,60	0,60	0,80	0,50	0,50	0,50
	18/02/2004	0,50	0,20	0,30	0,40	0,50	0,50	0,30	0,40	0,50
18/02/2004	18/02/2004	0,90	0,50	-	0,90	0,60	0,80	0,80	0,90	0,90
	19/02/2004	0,50	0,30	-	0,50	0,20	0,50	0,50	0,50	0,60
16/03/2004	16/03/2004	0,80	0,70	0,60	0,80	0,70	0,80	0,40	0,80	0,80
	17/03/2004	0,50	0,30	0,30	0,50	0,30	0,50	0,30	0,40	0,40
17/03/2004	17/03/2004	0,70	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,70	0,70	0,70
	18/03/2004	0,40	0,30	0,30	0,50	0,50	0,60	0,30	0,40	0,30
Agente de Desinfecção: Cloro Gasoso										
06/04/2004	06/04/2004	0,60	0,70	0,70	0,90	0,60	0,70	0,60	0,60	0,70
	07/04/2004	0,30	0,50	0,40	0,60	0,30	0,60	0,30	0,30	0,50
07/04/2004	07/04/2004	0,70	0,50	0,50	0,60	0,50	0,70	0,50	0,80	0,80
	08/04/2004	0,40	0,30	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,60	0,60
08/04/2004	08/04/2004	0,90	0,70	0,60	0,70	0,80	0,70	0,70	0,70	0,80
	09/04/2004	0,60	0,40	0,20	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	0,60

Observações:

- Os resultados de Cloro Residual Livre obtido no processo de desinfecção com ácido tricloroisocianúrico e com cloro gasoso, comprovam a eficácia dos produtos na inativação microbológica; e, o ácido tricloroisocianúrico pode ser aprovado para utilização como agente desinfetante ou como uma possível alternativa de outra condição de operação do processo de desinfecção. Os teores de cloro residual livre, na rede de distribuição de água, apresentaram teores no mínimo de 0,20 mg/l em qualquer ponto de controle e atenderam em conformidade com os padrões de água potável estabelecido pela portaria Nº 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

Data de Análise e Controle de Cloro Residual		Tabela - 6.5. Quadro Comparativo de Perda de Cloro Residual Livre em ppm. Pontos da Rede de Distribuição (ppm) Agente de Desinfecção: Tabletes de Ácido Tricloroisocianúrico								
De	A	01	02	03	04	05	06	07	08	09
14/01/2004	15/01/2004	0,30	0,40	0,20	0,10	0,30	n.d	0,20	0,10	0,20
15/01/2004	16/01/2004	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	n.d	0,10
03/02/2004	04/02/2004	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20
04/02/2004	05/02/2004	0,30	0,20	0,50	0,20	0,20	0,40	0,20	0,10	0,30
05/02/2004	06/02/2004	0,20	0,50	0,50	0,30	0,30	0,70	0,20	0,50	0,40
17/02/2004	18/02/2004	0,20	0,30	0,30	0,20	0,10	0,30	0,20	0,10	n.d
18/02/2004	19/02/2004	0,40	0,20	-	0,40	0,40	0,30	0,30	0,40	0,30
16/03/2004	17/03/2004	0,30	0,40	0,30	0,30	0,40	0,30	0,10	0,40	0,40
17/03/2004	18/03/2004	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,40	0,30	0,40
De	A	Agente de Desinfecção: Cloro Gasoso								
06/04/2004	07/04/2004	0,30	0,20	0,30	0,30	0,30	0,10	0,30	0,30	0,20
07/04/2004	08/04/2004	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,20	0,20	0,20
08/04/2004	09/04/2004	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30	0,20

Observações:

- Os resultados de Cloro Residual Livre obtido nas análises das amostras, após um tempo de preservação de 24 horas, apresentaram teores variáveis desde 0 a 0,70 mg/l nos pontos amostrados na rede de distribuição.
- Os resultados obtidos de cloro residual livre nas análises das amostras, após um tempo de preservação de 24 horas, comprovam a ocorrência significativa de redução de cloro residual livre, tanto durante a desinfecção com ácido tricloroisocianúrico como com cloro gasoso.
- **Pontos de coleta na rede de distribuição:**
 - (1) Rua Vereador Olimpio de Campos, nº 41 – Bairro Nogueira.
 - (2) Rua José Benedito de Toledo, nº 91 – Bairro Nogueira.
 - (3) Rua Pedro de Toledo, nº 510 – Centro
 - (4) Rua João Mello, nº 270 – Centro.
 - (5) Rua Padre Cornélio, nº 392 - Centro.
 - (6) Rua José Ramires, 385 – Bairro Ipiranga
 - (7) Rua Antonio Teixeira Munis, 2660 – Bairro Ipiranga.
 - (8) Rua Manuel Sanches Moyano, nº 285 – Bairro Itapema.
 - (9) Rua Araguari, nº 375 – Bairro Itapema.

TABELA - 6.6. Quadro Comparativo de Cloro Residual Livre e pH.													
Mês/Ano	Análise de Cloro Residual Livre- Média Mensal em ppm						Análise de pH – Média Mensal						Agente De Desinfecção
	Coag.	Deca.	Perda (%)	Filtr.	Final	Perda (%)	Bruta	Deca.	Perda (%)	Filtr.	Final	Perda (%)	
07/2003	0,91	0,36	60,4	1,11	0,86	22,5	6,62	6,42	3,02	6,39	6,27	1,88	Cloro Gasoso
08/2003	1,0	0,48	52,0	1,17	0,92	21,4	6,64	6,43	3,16	6,40	6,29	1,72	
09/2003	1,06	0,57	46,2	1,18	0,95	19,5	6,67	6,43	3,60	6,40	6,31	1,41	
10/2003	1,18	0,71	39,8	1,17	0,93	20,5	6,63	6,45	2,71	6,42	6,30	1,87	
11/2003	1,10	0,66	44,0	1,15	0,86	25,2	6,68	6,47	3,15	6,46	6,31	2,32	
12/2003	1,08	0,64	40,7	1,03	0,77	25,2	6,65	6,39	3,91	6,33	6,22	1,73	
01/2004	0,96	0,52	45,8	0,94	0,63	33,0	6,64	6,39	3,76	6,34	6,22	1,89	
02/2004	1,05	0,52	50,5	1,06	0,72	32,1	6,53	6,07	7,04	6,05	5,89	2,64	
03/2004	1,19	0,64	46,2	1,14	0,79	30,7	6,61	5,89	10,9	5,89	5,68	3,56	
Média (Cloro)	1,04	0,53	49,0	1,16	0,90	22,4	6,64	6,43	3,16	6,41	6,30	1,72	Cloro Gasoso
Média (Tricloro)	1,08	0,60	44,4	1,04	0,73	29,8	6,62	6,24	5,74	6,15	6,00	2,44	Tabletes de Ácido Tricloroisocianúrico

Observações:

- Os resultados comparativos de cloro residual livre, no processo de desinfecção com ácido tricloroisocianúrico comparado com cloro gasoso, a pré-desinfecção com cloro gasoso apresenta uma demanda de cloro mais acentuada do que com ácido tricloroisocianúrico, devido as condições operacionais(exposição ao sol e altas temperaturas) nas etapas de mistura rápida, floculação e sedimentação serem mais favoráveis para a liberação de gás cloro.
- Na pós-desinfecção ocorreu o contrário, ou seja, uma demanda superior de cloro com ácido tricloroisocianúrico do que com cloro gasoso, devido á melhor qualidade da água filtrada (ausência de bactérias, vírus e microorganismos) e ao maior teor de cloro ativo (100% Cl₂) no cloro gasoso do que no ácido tricloroisocianúrico (90% Cl₂).
- Os resultados de pH podem ser considerados similares em relação á estabilidade, com condições normais no processo de desinfecção, não importando o tipo de agente desinfetante utilizado, ácido tricloroisocianúrico ou cloro gasoso, os valores de pH, abaixo de 6,0, nos meses de fevereiro e março são devido á alteração nas características de cor e turbidez da água bruta e conseqüentemente dosagem mais elevada de coagulante químico.

TABELA - 6.7. Análise Físico-Química, Orgânicos e Microbiológicos (Saída do Reservatório da ETA).						
Controle de Qualidade de Água na Saída do Reservatório		Data da Análise e Resultados				
Parâmetros	Valor Máximo Desejável	Desinfecção com Tabletes de Ácido Tricloroisocianúrico				Desinfecção com Cloro Gasoso
		11/02/2004	18/02/2004	03/03/2004	17/03/2004	12/04/2004
pH	6,0 a 9,0	6,16	6,00	5,00	5,88	6,08
Temperatura da Amostra (°C)	-	24	24	23	23	23
Cloro Residual Total (ppm)	-	0,80	0,90	0,90	1,2	1,0
Cloro Residual Livre (ppm)	Maior do que 0,20 mg/l	0,70	0,70	0,70	1,0	0,8
Ácido Cianúrico (ppm)	-	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Bromato (ppm)	Menor do que 0,025 mg/l	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Clorato (ppm)	-	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Clorito (ppm)	Menor do que 0,20 mg/l	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Dióxido de Cloro (ppm)	0,3-0,8 mg/l	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Hipoclorito (ppm)	-	n.d	n.d	n.d	n.d	0,31
Monocloramina (ppm)	Menor do que 3,0 mg/l	n.d	0,20	0,20	0,20	0,20
Trihalometanos (ppm)	Menor do que 0,10 mg/l	0,016	0,025	0,025	0,027	0,031
Coliformes Totais (NMP/100ml)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Escherichia Coli (NMP/100 ml)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Observações:

Os resultados obtidos nas análises físicos químicos, de orgânicos e microbiológicos, com amostra de água tratada na saída do reservatório da estação de tratamento de água, apresentaram teores que atenderam ao valor máximo desejável estabelecido pelos padrões da portaria N° 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde e por padrões

TABELA – 6.8. Quadro Comparativo de Consumo de Agente de Desinfecção.					
Mês/Ano	Volume de água Tratada (m ³)	Tabletes de Ácido Tricloroisocianúrico		Cloro Gasoso	
		Kg/mês.	Kg/m ³	Kg/mes	Kg/m ³
Dezembro/2002	114.083	-	-	226,21	0,0020
Janeiro/2003	116.030	-	-	235,40	0,0020
Fevereiro/2003	108.839	-	-	275,72	0,0025
Março/2003	120.958	-	-	280,62	0,0023
Julho/2003	108.467	-	-	189,53	0,0017
Agosto/2003	107.160	-	-	185,70	0,0017
Setembro/2003	110.334	-	-	192,36	0,0017
Dezembro/2003	115.786	263,2	0,0023	-	-
Janeiro/2004	113.123	253,9	0,0022	-	-
Fevereiro/2004	124.706	242,4	0,0020	-	-
Março/2004 (27/03)	121.434	273,6	0,0022	-	-

OBSERVAÇÕES:

- O consumo mensal de ácido tricloroisocianúrico comparado com o consumo mensal de cloro gasoso comprova a sua eficácia na operação do processo de desinfecção. É importante salientar que o cloro gasoso possui um teor de cloro ativo aproximadamente de 10% acima do teor de cloro ativo do ácido tricloroisocianúrico. O consumo dos produtos no período de avaliação, em função do volume mensal de água tratada, mostram valores aproximados. Tal fato é justificável devido a uma maior liberação de cloro nas etapas de mistura rápida, coagulação química, floculação, sedimentação e filtração, causada pelas condições de projeto da planta, características do cloro gasoso e exposição da água a ações do sol e altas temperaturas.

7. CUSTOS E BENEFÍCIOS.

Os agentes de desinfecção mais utilizados para o tratamento de água potável são cloro gasoso, Cloro líquido (hipoclorito de sódio), cloro sólido (hipoclorito de cálcio), ácido tricloroisocianúrico, ozônio, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio e outros. Destes desinfetantes, os mais usados e que fornecem um cloro residual livre com garantia de proteção à contaminação são cloro gasoso, hipoclorito de sódio e cálcio. O ácido tricloroisocianúrico é uma nova alternativa para a desinfecção de água potável e na tabela apresentada em seguida apresentamos seu custo comparado com outros agentes para desinfecção de água potável.

TABELA 7.1 – Custo com Agente para Desinfecção de Água Potável.			
Agente para Desinfecção	Teor de Cloro Disponível (%)	Custo em R\$/Kg	Custo com teor de cloro disponível (R\$/% Cl ₂)
Cloro Líquido em Cilindro de 40/50/68 Kg	100,0	1,64	1,64
Hipoclorito de Sódio líquido á Granel	12,0	0,36	3,0
Hipoclorito de Cálcio Granulado	65,0 – 70,0	5,51	8,48 – 7,87
Ácido Tricloroisocianúrico em tabletes	90,0	11,50	12,80
Ácido Dicloroisocianúrico em Tabletes	56,0 – 60,0	9,30	16,60 – 15,50
Hipoclorito de Cálcio em Tabletes	65,0 – 70,0	12,0	18,43 – 17,14

Na análise de custos envolvidos com o agente desinfetante é importante a avaliação da logística completa para a compra, armazenagem, embalagem, transporte, manuseio, preparação, dosagem, sistema de controle e segurança e, o aspecto considerado mais importante, ou seja, os riscos à saúde do pessoal envolvido no processo e os riscos ao meio ambiente. Os custos de logística com agente para desinfecção cloro gasoso a serem considerados são; custo com cilindros de cloro, custo com abastecimento dos cilindros no fabricante de cloro gasoso, custo com transporte, custo com manutenção e conservação dos cilindros, custo com sistema para coleta e lavagem de escape de gás cloro, custo com equipamentos e acessórios para transferência, mistura e dosagem de cloro gasoso, custo com sistema de detecção e alarme de escape de gás cloro, custo com bombas para alimentação e produção de solução de cloro, custo com kit de segurança, custo com máscara de segurança, custo com treinamento especializado aos operadores, custo com proteção contra corrosão e custos com riscos pessoais e ao meio ambiente, etc.

Os custos envolvidos com o agente de desinfecção hipoclorito de sódio são; custo com tanques de armazenagem e embalagem, custo com recebimento, transferência e transporte, custo com equipamentos e acessórios para transferência, mistura e dosagem de solução de cloro, custo com equipamentos de proteção de riscos pessoais, custos com perdas devido a derrames e instabilidade, custos com corrosão no sistema de desinfecção (bombas, tubos, tanques, veículos de transportes), custos com treinamento com pessoal envolvido, custos com riscos pessoais e ao meio ambiente, etc. Os custos envolvidos com o agente de desinfecção hipoclorito de cálcio granular são; custo com transporte, custo com equipamentos e acessórios para transferência, mistura e dosagem de solução de cloro, custo com equipamentos de proteção de riscos pessoais, custos com perdas e limpezas com a formação de resíduos na preparação de solução líquida de cloro, custos com limpezas de entupimento de válvulas, tubulações e bombas de dosagem, custos com corrosão no sistema de preparação e dosagem, custos com treinamento com pessoal envolvido, custos com riscos pessoais e ao meio ambiente, etc.

Os custos envolvidos com o agente de desinfecção hipoclorito de cálcio em tablete são; custo com transporte, custo com equipamentos de alimentação e solubilização de tabletes, custos com bombas para alimentação e produção de solução de cloro, custos com perdas e limpezas com a formação de resíduos na solubilização de tabletes em solução líquida de cloro, custos com limpezas de entupimento de válvulas e tubulações, custo com equipamentos de proteção de riscos pessoais.

Os custos envolvidos com o agente desinfetante “Ácido tricloroisocianúrico em tablete” são; custo com transporte, custo com equipamentos de alimentação e solubilização de tabletes, custos com bombas para alimentação e produção de solução de cloro, custo com equipamentos de proteção de riscos pessoais.

As vantagens e benefícios de utilização de tablete de ácido tricloroisocianúrico são estabilidade do ácido tricloroisocianúrico por mais de dois anos, concentração elevada de cloro disponível de 90,0 % de Cl_2 , facilidade de transporte e armazenamento, material sólido é mais fácil e seguro no manuseio, lenta e completa dissolução sem formação de resíduos, cloro residual livre em água é mais estável em caso de exposição ao sol e altas temperaturas, influencia no pH equivalente aos outros compostos, derramamentos não são comuns, segurança aos operadores e pessoal nas proximidades da estação de tratamento de água, nenhuma formação de clorito, clorato e dióxido de cloro, formação mínima de trihalometanos e monocloramina, não necessita medição ou misturador mecânico, o controle de cloro residual livre pode ser manual ou automático, alimentação de tabletes somente quando necessário e na quantidade exata, riscos mínimos de derrames e fogos, funcionamento simples da torre de tabletes, controle de cloro residual livre pelo fluxo de água e quantidade de tabletes. As vantagens da torre de alimentação de tabletes de ácido tricloroisocianúrico são; manuseio fácil, funcionamento exige pouca atenção do operador, é consistente e preciso, controle somente do fluxo de alimentação de água e de tablete na torre, manutenção mínima e simples, necessidade mínima de limpeza, confiável, seguro e de operação simples, O produto ácido tricloroisocianúrico é aprovado pela EPA/USEPA e certificado pela NSF International – Certified Products – Public Water Supply Treatment Chemicals(*)

(*) Vide Nota do Autor na Conclusão.

Na tabela 7.2 são apresentados custos estimados e comparativos com logística, materiais e equipamentos no sistema de desinfecção de água potável com cloro gás e com ácido tricloroisocianúrico.

Tabela – 7.2 Quadro Comparativo de Custos						
Sistema de desinfecção – Materiais e Equipamentos						
Nº do Item	Descrição	Cloro Gasoso		Descrição	Ácido Tricloroisocianúrico	
		Nº de unidade	Custo (R\$)		Nº de unidade	Custo (R\$)
01	Cilindros de Cloro 68,0 Kg (Operação e Estoque)	10 (680)	6.000,00	Bombona Plástica Descartável 50 Kg	14 (700 Kg)	Incluso no Produto
02	Transporte, Carregamento, Manuseio e Estocagem (Sabesp/Fabricante)	10	36,00	Isento		
03	Válvulas de Cilindro de cloro	08	520,00			
04	Cloro Gasoso/Transporte (Estocagem/ETA)	07 (476 Kg)	466,20	Ácido Tricloroisocianúrico Transporte (Estocagem/ETA)	10 (500 Kg)	518,00
05	Bombas de Alimentação de água	02	3000,00	Bombas de Alimentação de Água	02	Incluso No Produto
06	Dosador de Cloro	02	2000,00	Torre de Solubilização de Tabletes	02	
08	Kit de Segurança para Cilindro e Válvula	02	3000,00	Isento		
09	Detector de Cloro	01	6800,00			
10	Mascara de Segurança e Aparelho Autônomo para Respiração (Drager)	01	5400,00			
11	Manutenção, Limpeza, Reparo e Inspeção de Cilindro		500,00			
12	Sistema de Lavagem de Gás (Lavagem de Gás)	01	n.c			
13	Manômetro para Água	01	150,00			
14	Manômetro para cloro	01	150,00			
15	Válvulas de Esfera PVC	10	7000,00	Válvulas de Esfera PVC	04	Incluso Produto
Custo Estimado Total (R\$)		35.022,20		518,00		

8. CONCLUSÃO FINAL.

O presente trabalho é um inédito sistema de desinfecção de água com uso de tabletes ou pastilhas de compostos de cloro isocianurados, “Ácido tricloroisocianúrico”, aprovado pela EPA/USEPA e certificado pela NSF Internacional(*), o qual foi idealizado e desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma desinfecção realmente efetiva, prática e segura quando comparado com o estado atual da técnica de desinfecção. O processo de desinfecção com tabletes ou pastilhas de Ácido Tricloroisocianúrico proporciona a desinfecção ideal da água com o menor risco possível tanto para os operadores quanto para os consumidores localizados nas proximidades da estação de tratamento de água. Os tabletes ou pastilhas de Ácido Tricloroisocianúrico, são compostos de cloro formulados e fabricados nos Estados Unidos, a partir de matéria prima de elevada qualidade e, aprovada pela EPA/USEPA e certificada pela NSF Internacional(*). O sistema de desinfecção é projetado e dimensionado para aplicação, instalação e operação com uma eficiente inativação microbiológica, tanto em sistemas que operam á gravidade como sob pressão. Os tabletes ou pastilhas são alimentados na torre e ficam imersos na água. A torre é abastecida com uma quantidade variável de tabletes ou pastilhas de modo que o processo de desinfecção forneça um residual de cloro livre em todos os pontos da rede de distribuição que atenda as exigências da portaria 518/GM, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. A torre de solubilização de tabletes ou pastilhas de Ácido Tricloroisocianúrico é um sistema hidráulico simples e de baixo custo e, que necessita apenas um conjunto moto bomba para a manutenção de um fluxo contínuo de água na torre, necessário para a preparação da solução clorada e para a desinfecção da água, sendo o conjunto especificado conforme a capacidade do sistema e qualidade da água bruta. O sistema de desinfecção com tabletes ou pastilhas de Ácido Tricloroisocianúrico é uma excelente alternativa aos sistemas de desinfecção com cloro gás em cilindros de 40, 50 e 68,0 quilogramas, com hipoclorito de sódio e hipoclorito de cálcio. O sistema de desinfecção é controlado e operado com facilidade, não necessitando de tanque para a diluição e nem provoca liberação de gases e poeiras agressivas ao meio ambiente e á saúde do pessoal técnico envolvido no processo de desinfecção. Com base nos resultados obtidos nos testes na estação de tratamento de água de Guararema conclui-se que os tabletes ou pastilhas de Ácido Tricloroisocianúrico é um agente desinfetante seguro, eficiente, aprovado pela EPA/USEPA, certificado pela NSF International (*) e, recomendável para o tratamento de água potável.

(*) Nota do Autor:

As aprovações EPA/USEPA e NSF referidas pelo autor foram concedidas à empresa norte-americana Occidental Chemical Corporation - Oxychem® e estão disponíveis ao público nos seguintes sites:

<http://oaspub.epa.gov/pestlabl/ppls.home> e www.nsf.org/certified/PwsChemical

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.

1. ANSI/NSF – 61 – Drinking Water System Components – Health Effects.
2. Water Quality and Treatment.
American Water Works Association.
Frederick W. Rentions. Technical Editor Fourth Edition
3. NSF Listings.
Drinking Water Treatment Chemicals and System Components – Health Effects.
4. AWWA – Standard – Disinfection Chemicals.

10. FOTOGRAFIAS.

FOTOGRAFIA Nº 1. CIDADE DE GUARAREMA – SÃO PAULO – BRASIL.



FOTOGRAFIA Nº 2. TABLETE DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO COM 7,62 CM X 200,0 GRAMAS.



FOTOGRAFIA Nº 3. MANANCIAL SUPERFICIAL DO RIO PARAÍBA DO SUL – GUARAREMA – SÃO PAULO – BRASIL.



FOTOGRAFIA Nº 4. CONJUNTO MOTO-BOMBA – GUARAREMA – SÃO PAULO



FOTOGRAFIA Nº 5. PLANTA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARAREMA – SÃO PAULO.



FOTOGRAFIA Nº 6. TESTE COM UMA TORRE (75 MM X 750 MM) DE TABLETE DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



FOTOGRAFIA Nº 7. TESTE COM DUAS TORRES (75 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



FOTOGRAFIA Nº 8. TESTE COM TRÊS TORRES (75 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



FOTOGRAFIA Nº 9. VISTA INTERNA DE TABLETES DE (75 MM X 750 MM) NAS TRÊS TORRES.



FOTOGRAFIA Nº 10. TESTE COM UMA TORRE (150 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



FOTOGRAFIA Nº 11. TESTE COM TORRE (690 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO.



FOTOGRAFIA Nº 12. TESTE COM TORRE (690 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO COM BÓIA DE NÍVEL INTERNA.



FOTOGRAFIA Nº 13. TESTE COM TORRE (690 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO COM DIFUSOR INTERNO E TUBO CENTRAL INTERNO.



FOTOGRAFIA Nº 14. TESTE COM TORRE (300 MM X 750 MM) DE TABLETES DE ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO COM DIFUSOR INTERNO E TUBO CENTRAL INTERNO (PÓS-DESINFECÇÃO).



FOTO Nº 15. SISTEMA DE CLORO GÁS.

