



I-095 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA NO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Carlos Roberto Alves dos Santos⁽¹⁾

Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás. Bacharel e Licenciado pela Universidade Católica de Goiás (UCG-GO). Mestre em Ecologia pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO).

Djanir do Espírito Santo

Farmacêutica pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO). Especialização em Bioquímica e Parasitologia pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO) e em Saúde Pública pela Faculdade de Ciências São Camilo-SP.

Keyle Borges e Silva Monteiro

Farmacêutica-Bioquímica pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO). Especialização em Controle de Qualidade de Medicamentos Cosméticos e Correlatos pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO). Especialização em Auditoria, Perícia e Gestão Ambiental pela Faculdade Osvaldo Cruz (FOC-RJ).

Aline Vieira Peixoto

Farmacêutica-Bioquímica pela Instituto Unificado de Ensino Superior Objetivo (IUESO-GO). Especialização em Farmácia Clínica pela Universidade Católica de Goiás (UCG-GO).

Elaine Cristine Clemente Martins

Curso técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás (ETFGO-GO). Gestão e Turismo pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO).

Endereço⁽¹⁾: Rua 223, nº 25 – Setor Leste Vila Nova - Goiânia - GO - CEP: 74.643-130 - Brasil - Tel: (62) 3243-3288 - e-mail: croberto@saneago.com.br

RESUMO

O presente estudo foi realizado na região central do Estado de Goiás, em 11 municípios (Goiânia, Abadia de Goiás, Aparecida de Goiânia, Bonfinópolis, Trindade, Goianira, Nova Fátima, Oloana, Posselândia, Nerópolis e Roselândia.), totalizando 17 sistemas de poços profundos, tendo como concessionária a Companhia de Saneamento dos Estados de Goiás-SANEAGO. Este estudo teve como objetivo verificar através de análises físico-químicas, a qualidade das águas subterrâneas de poços tubulares profundos, utilizados para consumo humano de alguns sistemas de abastecimento público do estado de Goiás. Foram adotados os seguintes parâmetros: cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, ferro total, nitrato, cloretos, sólidos totais dissolvidos, cloro residual e dureza total. As águas subterrâneas, fontes de abastecimento dos 17 sistemas de poços profundos, apresentaram baixa cor e turbidez, elevada condutividade elétrica (>30uS/cm), caracterizando o pH de levemente ácido(6,65), neutro(7,06) a básico(8,05) e com elevadas temperaturas da água (>20°C). Os aspectos químicos demonstraram ser águas brandas (<50mg/L CaCO₃) a moderadamente duras, baixos teores de sais dissolvidos (ferro total, cloretos, alumínio, sólidos dissolvidos totais e nitrato), com níveis de cloro residual dentro dos padrões, para a proteção contra contaminações por organismos patogênicos.

PALAVRAS-CHAVE: Padrões de potabilidade, água subterrânea.

INTRODUÇÃO

A água é reconhecidamente uma fonte vulnerável, finita e já escassa em quantidade e qualidade (SPERLING, 1993).

Este líquido precioso necessário para suprir todas as exigências do mundo, provém de mananciais de superfície ou subterrâneo. Como o homem vem se comportando como fator de desordem no sistema natural, os mananciais estão quase totalmente poluídos (CEBALLOS ET AL, 1993).

O crescimento demográfico e socioeconômico ocorrido nas últimas décadas tem ocasionado impactos diversos, principalmente nos recursos hídricos, que, associados ao aumento nos índices de poluição de fontes



pontuais, como os resíduos domésticos ou industriais, e não pontuais, como a agricultura, contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica global com a deterioração dos ecossistemas (BRITO *ET AL*, 2006).

BRITO *et al* (2006) enfatiza que na atividade agrícola, os impactos estão relacionados aos desmatamentos das áreas; revolvimento da camada arável do solo, favorecendo os processos erosivos, sedimentação e turbidez; uso inadequado da água tendo como consequência, elevadas perdas, escoamento superficial de nutrientes, favorecendo a eutrofização, lixiviação de nutrientes e infiltração no solo, como nitrato e outros sais; contaminação por pesticidas; salinização das águas e dos solos.

A garantia de consumo humano do líquido mais precioso da terra, segundo padrões de potabilidade adequados é questão relevante para a saúde pública. No Brasil, a norma de qualidade, vigente é a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que define os valores máximos permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas (BRASIL, 2005). Além desta há a Resolução CONAMA N° 357 de 17 março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, classifica as águas de poços tubulares profundos como de Classe especial.

De acordo com o art. 4º dessa portaria, água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça risco à saúde (BRASIL, 2005). Essa água pode ser obtida de diferentes fontes. Uma dessas fontes, o manancial subterrâneo, é um recurso utilizado por ampla parcela da população brasileira e pode ser captado no aquífero confinado ou artiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, e está, portanto, mais suscetível à contaminação. Em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre, embora mais vulnerável à contaminação, é mais frequentemente utilizada no Brasil (SILVA & ARAÚJO, 2003).

Em razão da poluição dos ecossistemas aquáticos, por diversas substâncias, o suprimento de água potável e de boa qualidade nas áreas mais desenvolvidas torna-se cada vez mais difícil e de maior custo (FILIZOLA *ET AL*, 2002). E a gestão dos recursos hídricos através das informações de qualidade poderá ser assegurada através de programas de monitoramento e educação ambiental que auxiliarão na avaliação e controle da poluição nos recursos hídricos.

O uso das águas subterrâneas para abastecimento público é comum em algumas regiões do país bem como no Estado de Goiás, com desinfecção e posterior distribuição à população, BRASIL, (2005).

Define sistema de abastecimento público como instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Este mesmo autor menciona que solução alternativa de abastecimento de água “é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais, horizontal e vertical”.

O Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração e a qualidade das suas águas. Os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados. A maior parte dos estudos de qualidade das águas subterrâneas, publicados mais recentemente têm caráter mais localizado (ANA, 2005).

Diante do cenário nacional e local quanto à disponibilidade de água para consumo humano, o conhecimento da qualidade da água subterrânea torna-se informação de grande relevância para a concessionária de água, os consumidores bem como às organizações de gestão dos recursos hídricos. Este estudo tem como objetivo verificar através de análises físico-químicas, a qualidade das águas subterrâneas de poços tubulares, utilizados por alguns sistemas de abastecimento público do estado de Goiás.



MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram fornecidos pela Companhia de Saneamento do Estado de Goiás-Saneago, informações técnicas que compõe o banco de dados de qualidade de água (SANEAGO, 2007), monitorado pela empresa nos sistemas de solução alternativa de abastecimento público do estado de Goiás.

ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na região central do Estado de Goiás (Figura.1), em 11 municípios, totalizando 17 sistemas (tabela 1) que utilizam águas subterrâneas para abastecimento de água potável, tendo como concessionária a Companhia de Saneamento dos Estado de Goiás-Saneago, que consiste nos seguintes: (Goiânia- 01 sistema, Abadia de Goiás- 01sistema, Aparecida de Goiânia- 02 sistemas, Bonfinópolis- 01 sistema, Trindade- 04Goianira-02 sistemas, Nova Fátima- 01 sistema, Oloana- 01sistema, Posselândia-01sistema, Nerópolis- 01sistema e Roselândia-01 sistema). Os sistemas são formados pela mistura da água por mais de um poço com proteção (sapata sanitária), sendo água fornecida à população após desinfecção.

Tabela 1 : Relação dos sistemas de poços tubulares profundos nos municípios do estado de Goiás.

MUNICÍPIO	NOME DO SISTEMA	LEGENDA
Goiânia	Jardim das Rosas	JR
Goiânia	Madre Germana	MG
Abadia de Goiás	Vila Socorro	VS
Aparecida de Goiânia	Parque das Nações	PN
Aparecida de Goiânia	Tiradentes	T
Bonfinópolis	Bonfinópolis	B
Goianira	Cora Coralina	CC
Goianira	Jardim Imperial	JI
Nerópolis	São Gerônimo	SG
Nova Fátima	Nova Fátima	NF
Oloana	Oloana	O
Posselândia	Posselândia	P
Roselândia	Roselândia	R
Trindade	Califórnia	C
Trindade	Pontakayana	PK
Trindade	Marista	M
Trindade	Cristina	CR

Segundo NIMER (1989), o clima da Região Centro-Oeste, apresenta-se influenciado pelo relevo e latitude, conduzindo a uma diversificação térmica, determinando o máximo de precipitação pluviométrica no verão e o mínimo no inverno. O clima é caracterizado em tropical, quente, semi-úmido com quatro a cinco meses secos. Na primavera e verão apresenta temperatura média entre 30-32°C. Já no inverno, principalmente em junho e julho, a temperatura média nesta época do ano, é inferior a 20°C. No período de inverno, os ventos de NE e NW promovem a elevação da temperatura e queda da umidade, podendo chegar a 38% e mais raramente a 15%.

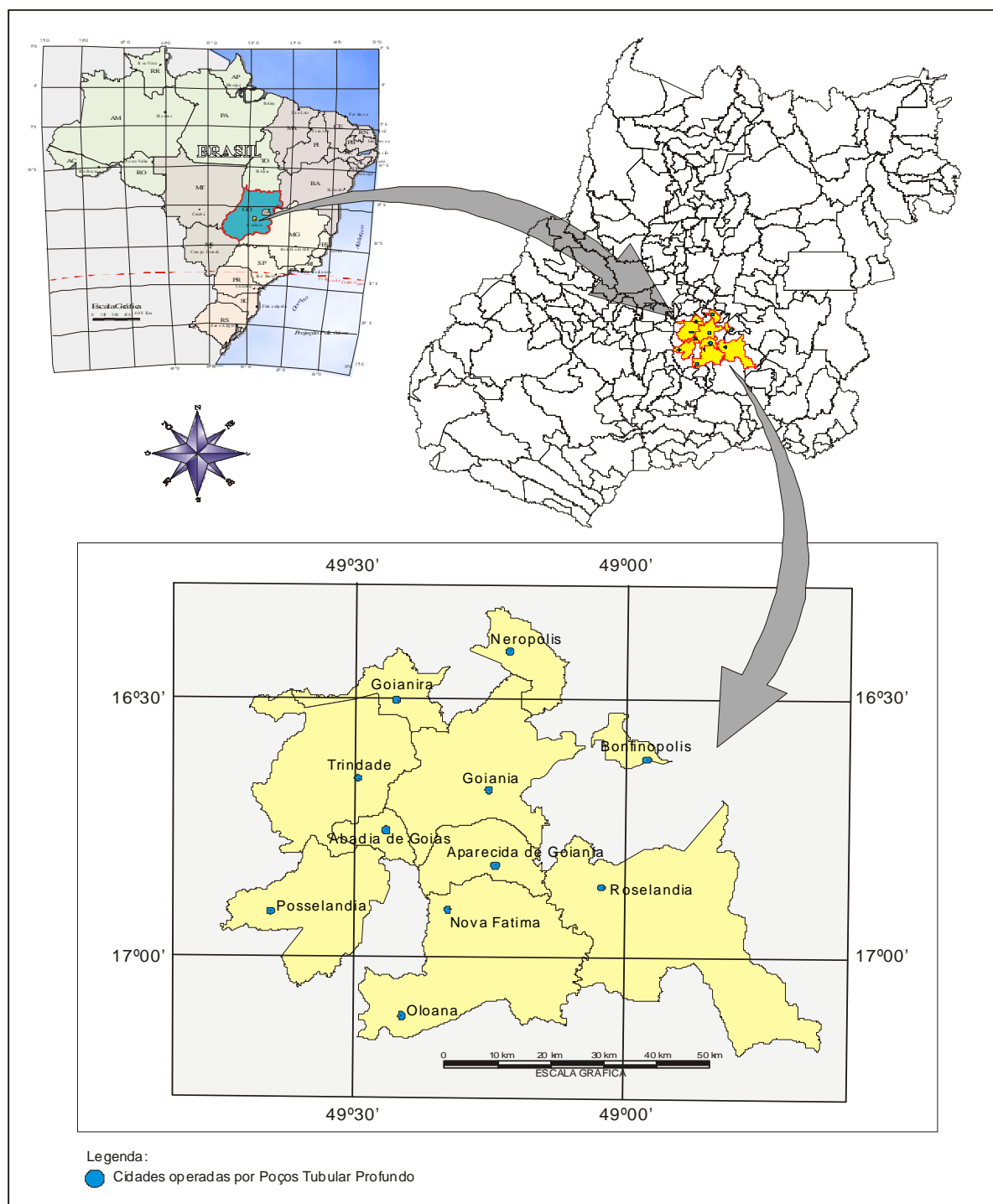


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

COLETAS

Foram estabelecidos 11 municípios totalizando 17 sistemas de abastecimento com fontes subterrânea, coletados pelo Laboratório Central de Análises de Água da Saneago, com frequência semestral de janeiro a dezembro de 2007.

No momento da coleta foi realizado uma assepsia com álcool a 70% na torneira para amostragem com esgotamento da água da torneira por aproximadamente 2 a 3 minutos, registrando a temperatura ambiente, da



água e realizando a determinação do cloro residual. O material coletado para o físico-químico (1L) foi armazenado em frascos plásticos e/ou de vidro, CLESCERI *et al* (1999).

Os frascos contendo as amostras de água foram acondicionados em caixa térmica durante o transporte até momento da análise obedecendo as recomendações de armazenamento e preservação de amostras do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition* CLESCERI *et al* (1999).

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

Esse trabalho avaliou-se doze (12) parâmetros físico-químico como indicador de qualidade. Os parâmetros físicos foram: cor aparente (COR-mg/L PtCo-uH-unidade Hazen), turbidez(TUR-NTU), condutividade(CDN- μ S/cm), pH, e temperatura da água(TAG- °C). Químicos: ferro total (FT-mg/L Fe), nitrato (NO₃-mg/l N-NO₃), cloretos(CLO-mg/L Cl), sólidos totais dissolvidos(SDT-mg/L-estimado pelo cálculo da condutividade), cloro residual(CLR-mg/L Cl) e dureza total(DT-mg/L CaCO₃). As metodologias utilizadas para mensurar os parâmetros neste estudo encontram-se no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition* (CLESCERI ET. AL,1999).

ANÁLISE DOS DADOS

Para analisar os dados utilizou-se a forma gráfica, sendo aplicado às informações a estatística de posição: (média, máximo, mínimo) e dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) (SOUNIS,1975). O emprego de artigos específicos e da Portaria n° 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), foram utilizados para aquilatar os valores encontrados na área de estudo. Na execução das análises empregou-se o aplicativo *Microsof Office-Excel*, *NTSYS-pc* (ROHLF,1989), e *SYSTAT* (WILKINSON, 1990).

RESULTADOS

Os valores descritivos das variáveis físicas e químicas encontram-se na tabela 2.



Tabela 2 - Dados físico-químicos de posição e dispersão dos sistemas de abastecimento de água com poços profundos de 11 municípios do estado de Goiás.

PARÂMETROS													
		FÍSICOS					QUÍMICOS						
SISTEMA	ESTATÍSTICA	TUR	COR	CDN	TAG	PH	CLO	FT	AI	SDT	CLR	DT	NO3
Jardim das Rosas	MÁXIMO	0,50	0,9	80,9	26	7,59	9,5	10	1,0	44,5	1,48	31,0	20
	MÍNIMO	0,24	0,9	74,3	25	7,56	6,5	10	1,0	40,9	0,89	25,0	10
	MÉDIA	0,37	0,9	77,6	25,5	7,58	8,0	10	1,0	42,7	1,19	28,0	15
	D.PADRÃO	0,18	0,0	4,7	0,7	0,02	2,1	0	0,0	2,6	0,42	4,3	7
Madre Germana	MÁXIMO	1,14	9,6	173,4	26	7,53	8,0	40	1,0	95,4	1,42	72,0	400
	MÍNIMO	0,47	3,5	140,7	24	7,09	6,0	40	1,0	77,4	1,15	67,9	150
	MÉDIA	0,81	6,6	157,1	25	7,31	7,0	40	1,0	86,4	1,29	70,0	275
	D.PADRÃO	0,47	4,3	23,1	1,4	0,31	1,4	0	0,0	12,7	0,19	2,9	177
Vila Socorro	MÁXIMO	0,49	0,7	87,1	25,0	7,72	0,5	50	11,0	47,9	0,79	42,0	10
	MÍNIMO	0,31	0,5	86,0	24,0	7,69	0,5	10	1,0	47,3	0,37	40,0	10
	MÉDIA	0,40	0,6	86,6	24,5	7,71	0,5	30	6,0	47,6	0,58	41,0	10
	D.PADRÃO	0,13	0,1	0,8	0,7	0,02	0,0	28	7,1	0,4	0,30	1,4	0
Parque Nações	MÁXIMO	0,61	1,5	118,5	25,0	7,19	5,0	30	1,0	65,2	0,82	38,4	1500
	MÍNIMO	0,34	0,6	89,6	24,0	6,94	4,5	10	1,0	49,3	0,56	32,0	550
	MÉDIA	0,48	1,1	104,1	24,5	7,07	4,8	20	1,0	57,2	0,69	35,2	1025
	D.PADRÃO	0,19	0,6	20,4	0,7	0,18	0,4	14	0,0	11,2	0,18	4,5	672
Tiradentes	MÁXIMO	2,56	8,4	208,0	26,0	6,72	9,0	250	1,0	114,4	1,26	86,0	1500
	MÍNIMO	1,07	4,0	165,3	25,0	6,58	5,5	110	1,0	90,9	1,00	82,6	850
	MÉDIA	1,82	6,2	186,7	25,5	6,65	7,3	180	1,0	102,7	1,13	84,3	1175
	D.PADRÃO	1,05	3,1	30,2	0,7	0,10	2,5	99	0,0	16,6	0,18	2,4	460
Bonfinópolis	MÁXIMO	0,66	10,6	93,8	26,0	7,12	17,0	20	11,0	51,6	0,96	21,3	60
	MÍNIMO	0,39	3,9	53,4	25,0	7,00	4,0	20	1,0	29,4	0,86	20,0	30
	MÉDIA	0,53	7,3	73,6	25,5	7,06	10,5	20	6,0	40,5	0,91	20,7	45
	D.PADRÃO	0,19	4,7	28,6	0,7	0,08	9,2	0	7,1	15,7	0,07	0,9	21
Cora Coralina	MÁXIMO	0,34	1,3	113,2	27,0	8,00	19,0	30	1,0	62,3	1,15	73,0	70
	MÍNIMO	0,29	0,5	89,1	25,0	7,67	2,0	10	1,0	49,0	0,22	44,6	10
	MÉDIA	0,32	0,8	98,8	26,0	7,87	8,7	17	1,0	54,3	0,70	55,9	40
	D.PADRÃO	0,03	0,4	12,7	1,0	0,18	9,1	12	0,0	7,0	0,47	15,1	30
Jardim Imperial	MÁXIMO	0,31	7,8	114,8	27,0	8,09	4,0	10	1,0	63,1	0,97	57,6	80
	MÍNIMO	0,25	0,5	102,0	25,0	8,00	0,5	10	1,0	56,1	0,89	52,4	40
	MÉDIA	0,28	3,0	107,9	26,0	8,05	2,7	10	1,0	59,3	0,93	54,7	57
	D.PADRÃO	0,03	4,2	6,5	1,0	0,06	1,9	0	0,0	3,6	0,04	2,7	21
São Geronimo	MÁXIMO	1,23	9,4	179,1	25,0	7,13	15,0	730	1,0	98,5	0,85	74,0	130
	MÍNIMO	0,8	7,4	159,2	24,0	7,09	9,0	370	1,0	87,6	0,38	62,1	20
	MÉDIA	1,02	8,4	169,2	24,5	7,11	12,0	550	1,0	93,0	0,62	68,0	75
	D.PADRÃO	0,30	1,4	14,1	0,7	0,03	4,2	255	0,0	7,7	0,33	8,4	78
Nova Fátima	MÁXIMO	0,40	1,3	135,3	26,0	7,57	6,0	10	1,0	74,4	1,12	48,0	1200
	MÍNIMO	0,32	0,3	113,1	24,0	7,14	5,0	10	1,0	62,2	0,53	48,0	780
	MÉDIA	0,36	0,8	124,2	25,0	7,36	5,5	10	1,0	68,3	0,83	48,0	990
	D.PADRÃO	0,06	0,7	15,7	1,4	0,30	0,7	0	0,0	8,6	0,42	0,0	297
Oloana	MÁXIMO	1,66	1,4	62,8	25,0	6,83	4,5	110	36,0	34,5	1,92	30,0	10
	MÍNIMO	1,12	1,2	61,5	25,0	6,59	0,5	60	1,0	33,8	0,92	22,0	10
	MÉDIA	1,39	1,3	62,2	25,0	6,71	2,5	85	18,5	34,2	1,42	26,0	10
	D.PADRÃO	0,38	0,1	0,9	0,0	0,17	2,8	35	24,7	0,5	0,71	5,7	0
Posselandia	MÁXIMO	2,73	5,7	83,3	25,0	6,78	5,0	50	1,0	45,8	0,87	34,0	20
	MÍNIMO	2,73	5,7	83,3	25,0	6,78	5,0	50	1,0	45,8	0,87	34,0	20
	MÉDIA	2,73	5,7	83,3	25,0	6,78	5,0	50	1,0	45,8	0,87	34,0	20
	D.PADRÃO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Roselandia	MÁXIMO	0,84	0,9	201,0	25,0	6,77	3,0	10	63,0	110,6	1,16	90,0	20
	MÍNIMO	0,84	0,9	201,0	25,0	6,77	3,0	10	63,0	110,6	1,16	90,0	20
	MÉDIA	0,84	0,9	201,0	25,0	6,77	3,0	10	63,0	110,6	1,16	90,0	20
	D.PADRÃO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
California	MÁXIMO	0,63	2,4	146,5	26,0	7,70	11,5	30	1,0	80,6	1,80	69,8	20
	MÍNIMO	0,37	0,9	135,0	25,0	7,61	3,5	10	1,0	74,3	1,06	66,0	10
	MÉDIA	0,50	1,7	140,8	25,5	7,66	7,5	20	1,0	77,4	1,43	67,9	15
	D.PADRÃO	0,18	1,1	8,1	0,7	0,06	5,7	14	0,0	4,5	0,52	2,7	7
Pontakaina	MÁXIMO	0,49	0,9	48,7	27,0	7,86	5,5	40	1,0	88,6	1,14	75,7	80
	MÍNIMO	0,49	0,9	48,7	27,0	7,86	5,5	40	1,0	88,6	1,14	75,7	80
	MÉDIA	0,49	0,9	48,7	27,0	7,86	5,5	40	1,0	88,6	1,14	75,7	80
	D.PADRÃO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Marista	MÁXIMO	1,47	2,1	116,1	27,0	7,96	8,5	100	1,0	63,9	1,05	50,0	60
	MÍNIMO	0,25	0,6	96,4	26,0	7,57	3,0	10	1,0	53,0	0,24	44,6	10
	MÉDIA	0,73	1,4	104,7	26,7	7,82	5,2	40	1,0	57,6	0,62	46,9	30
	D.PADRÃO	0,65	0,8	10,2	0,6	0,22	2,9	52	0,0	5,6	0,41	2,8	26
Cristina	MÁXIMO	0,87	2,4	99,9	26,0	7,77	6,0	40	1,0	54,9	0,69	40,0	100
	MÍNIMO	0,43	0,5	88,2	25,0	7,57	6,0	10	1,0	48,5	0,46	32,6	20
	MÉDIA	0,65	1,5	94,1	25,5	7,67	6,0	25	1,0	51,7	0,58	36,3	60
	D.PADRÃO	0,31	1,3	8,3	0,7	0,14	0,0	21	0,0	4,5	0,16	5,2	57
NA- não aplicável													

NA- não aplicável

AZEVEDO (2006), menciona que é crescente a perspectiva de exploração da água subterrânea, por apresentar vantagens práticas e econômicas quanto à sua captação, por dispensar tratamentos químicos exceto desinfecção e ser de excelente qualidade, além de abundante, justificando a sua utilização. A qualidade química da água subterrânea pode variar muito conforme a natureza petrográfica e o grau de alteração intempérica das rochas percoladas (LEINZ, 2003).

Segue abaixo nas figuras de 2 a 12 os gráficos contendo os resultados. Analisando a dispersão (desvio padrão) das variáveis físicas de cada sistema de poços profundos (tabela 1) e a relação entre as medidas de posição (média, máximo e mínimo), verificou-se que as variáveis TAG, CDN, TUR e pH, foram os descritores físicos



que apresentaram uma maior frequência com valores menos dispersos e medidas de posição bem próximas. Contudo ao avaliarmos o coeficiente variação (CV%) médio para cada variável dos poços, os menores dados de dispersão foram registrados nos parâmetros CDN, SDT, TAG e pH.

Para as variáveis químicas de cada sistema de poços profundos, a relação entre as medidas de posição, registrou-se que as variáveis CL, FT, SDT, DT, foram os descritores químicos que apresentaram uma maior frequência de valores menos dispersos e com medidas de posição bem próximas. Contudo ao avaliarmos o coeficiente variação (CV%) médio para cada variável dos poços, os menores dados de dispersão foram registrados nos parâmetro DT.

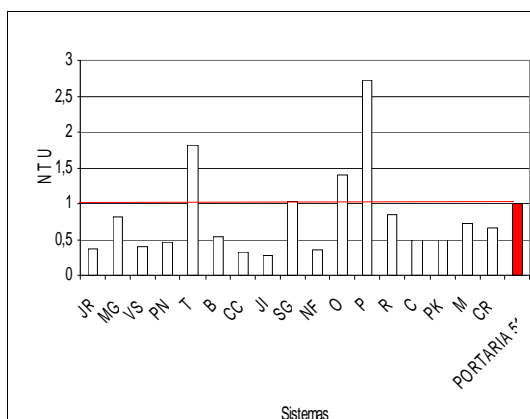


FIGURA 2: Valores médios de turbidez (NTU) nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS

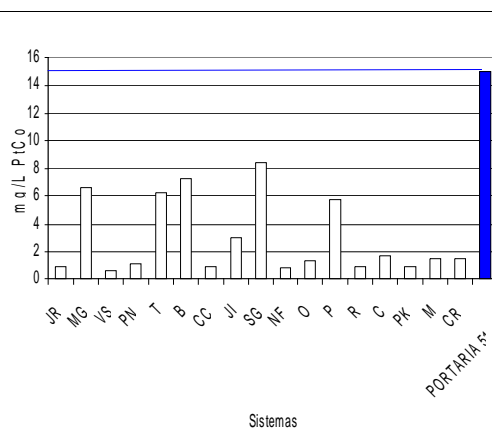


FIGURA 3: Valores médios de Cor aparente mg/L nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS

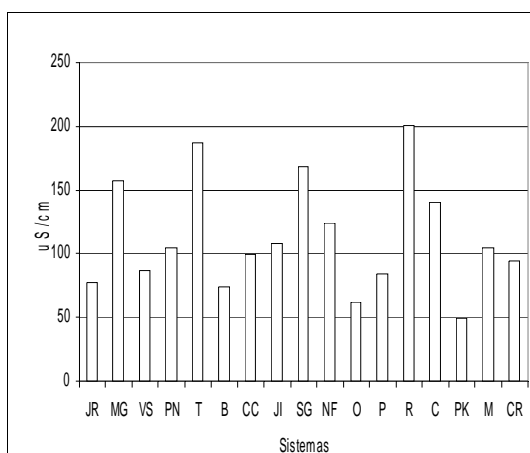


FIGURA 4: Valores médios de condutividade elétrica (µS/cm) nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS

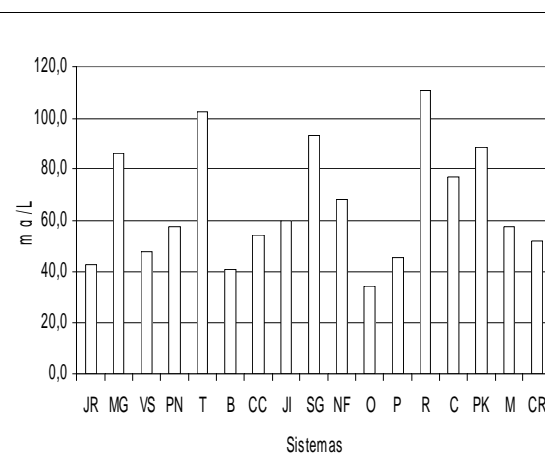


FIGURA 5: Valores médios de sólidos dissolvidos totais (mg/L) nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS

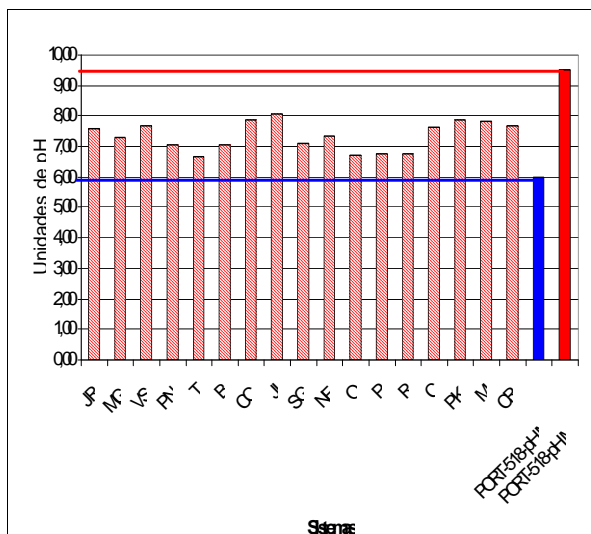


FIGURA 6: Valores médios de potencial hidrogeniônico – pH nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS (pH máximo-vermelho e pH mínimo - azul).

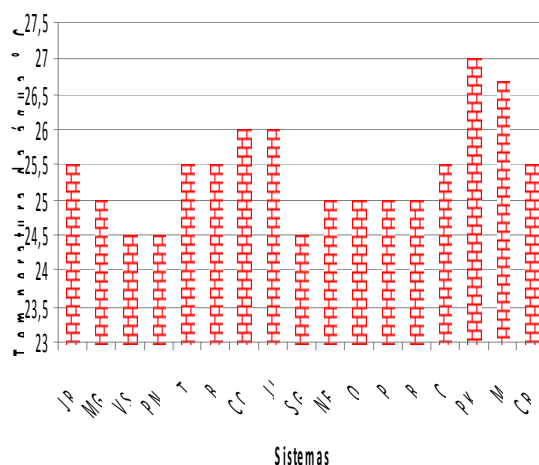


FIGURA 7: Valores médios de temperatura da água (°C) nos sistemas alternativos de poços profundos.

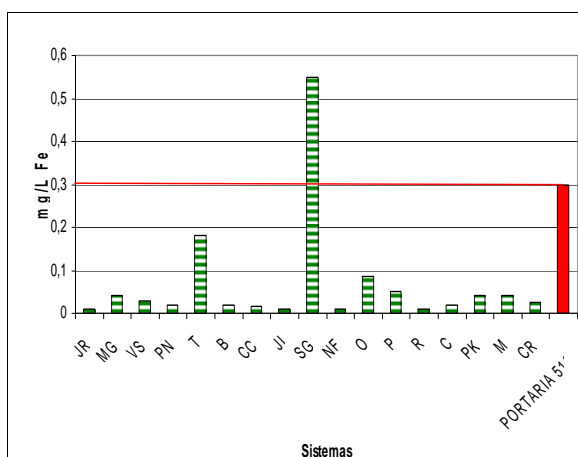


FIGURA 8: Valores médios de ferro total nos sistemas alternativos de poços profundos e referência da Portaria 518/MS (ferro total-vermelho).

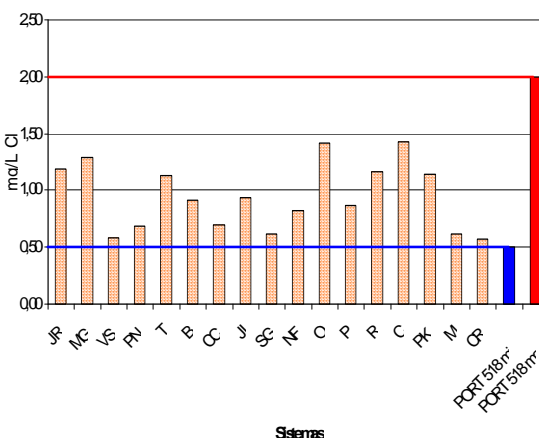
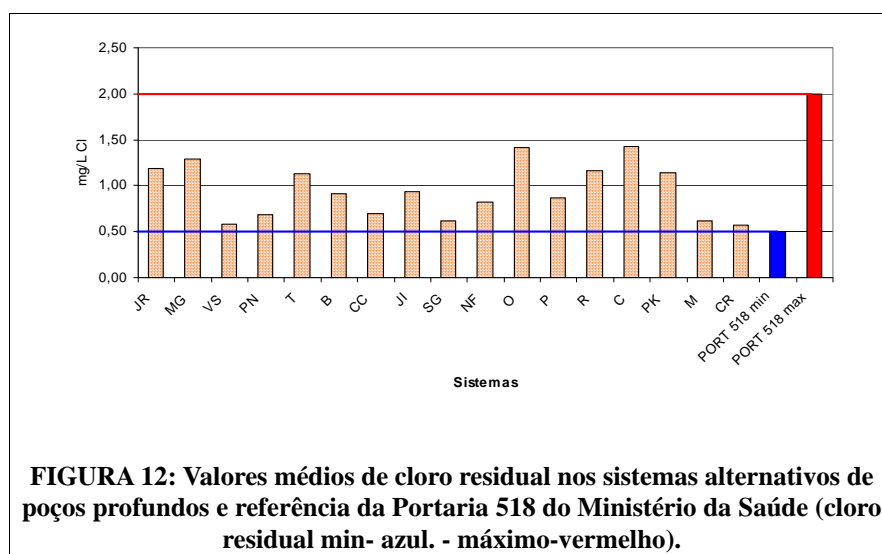
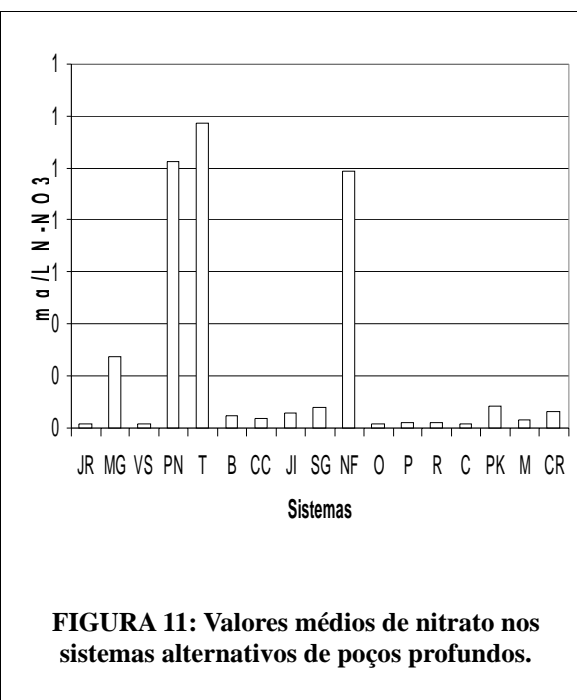
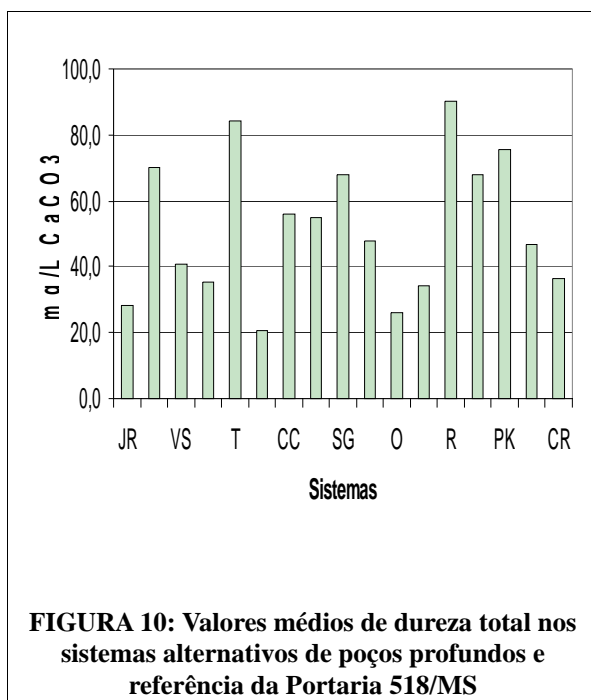


FIGURA 9: Valores médios de cloretos nos sistemas alternativos de poços profundos.



A cor e turbidez são características físicas que afetam o aspecto estético da água fornecida ao consumidor, sendo ela dada pela presença de substâncias pigmentadas em solução (minerais e orgânicas) ou dispersão coloidal, e geralmente é devida a produtos de decomposição de matéria orgânica, infiltração de águas residuárias, ferro e manganês (BRANCO, 1986; DACACH, 1979).

Em geral recomenda-se como meta de turbidez nos sistemas convencionais de tratamento de água para remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp, que após a filtração rápida tenha a água uma turbidez menor que 0,5 NTU (BRASIL, 2005). Este autor estabelece que, na saída do tratamento a água tenha uma turbidez menor ou igual a 1NTU, e estudos realizados por QUEIROGA *et al* (2007), registraram um elevado percentual de amostras com satisfatória qualidade microbiológica na saída do tratamento quando a turbidez foi < 1NTU e o cloro residual > 0,5mg/L Cl, o mesmo não foi verificado quando as amostras apresentavam turbidez > 1NTU e cloro residual maior ou igual 0,50mg/L Cl, demonstrando a influência das partículas em suspensão no processo de desinfecção das águas para abastecimento público. A turbidez esteve mais elevada para saída do tratamento nos sistemas Tiradentes, Oloana e Posselândia, apresentando a maioria dos demais sistemas baixa turbidez e cor aparente dentro dos padrões de potabilidade;



A condutividade elétrica expressa a capacidade de uma solução conduzir a corrente elétrica no meio aquoso, sendo uma função direta da concentração de íons presentes, que elevem o seu teor na proporção da concentração iônica da solução (MAIER, 1978; ESTEVES, 1988). Os sólidos totais dissolvidos compreende sólidos em solução verdadeira e os que se encontram em estado coloidal não retidos na filtração. O teor de íons (condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais) estiveram dentro dos padrões de potabilidade, apresentando os sistemas, Madre Germana, Tiradentes, São Gerônimo, Nova Fátima, Roselândia e Califórnia valores mais elevados nas concentrações de sais;

A concentração do potencial hidrogeniônico expressa a basicidade ou acidez de uma solução, sendo representada pelos íons H^+ e OH^- , apresentado nas águas naturais uma forte influência por sais, ácidos e bases presentes no meio e por isso é uma variável de difícil interpretação (ESTEVES, 1988). Esta variável determina a ocorrência de três formas principais de carbono inorgânico livre na água como carbono inorgânico livre (CO_2 , H_2CO_3), ocorrendo em pH menor que 4,3 íons bicarbonato (HCO_3^-) entre 4,3 a 8,3 e acima de 8,3 bicarbonato e carbonato respectivamente (ESTEVES, 1988; ALLAN, 1996). Quanto ao potencial hidrogeniônico, as características das águas foram levemente ácidas nos sistemas Tiradentes, Oloana, Posselândia e Roselândia, neutras para os demais sistemas, a exceção do Jardim Imperial que apresentou básica;

Dentre as características de qualidade hídrica, a temperatura da água subterrânea corresponde à média anual da região, entretanto sob certas condições geológicas, este precioso líquido pode penetrar a centenas de metros, tornando-se aquecida nestas profundidades graças ao grau geotérmico da região, ascendendo então à superfície, nos mais diversos tipos de fontes de água subterrânea com sua característica térmica elevada (LEINZ, 2003). A temperatura da água é um atributo que influencia nas características organolépticas, favorecendo os mecanismos sensoriais com uma maior ou menor recepção dos estímulos, quanto aos aspectos de sabor e odor na água, sendo uma variável de rejeição pelo consumidor bem como influenciando nas reações químicas aquáticas. Nos sistemas de poços profundos foram registrados uma temperatura da água bem típica de ambientes tropicais (maior que $20^\circ C$);

O ferro é objetável nos sistemas públicos de abastecimento de água, devido ao sabor que provoca e a sua propriedade em sujar os acessórios das canalizações, provocar manchas na roupa lavada e acumular depósitos (BATALHA, 1977). As concentrações de ferro total mensuradas estiveram na maioria dos sistemas dentro dos padrões de potabilidade a exceção do São Gerônimo, que apresentou valores acima de $0,3 \text{ mg/L Fe}$. A maioria dos sistemas apresentou baixa concentração de ferro, que comparado com os registros de AZEVEDO (2006) foram baixos teores.

Altas concentrações do íon cloreto na água podem trazer restrições ao sabor e varia com o clima e hábitos alimentares (BATALHA, 1977). Os cloretos podem provocar reações fisiológicas somente quando em grande quantidade e, como indicador de efluentes domésticos, podem ser empregados desde que a água normalmente os possua em pequena quantidade (WETZEL, 1981; DCAH, 1979). Nota-se que a concentração de cloretos nas águas naturais distantes do mar, em geral é baixa de 0,3 a $0,4 \text{ mg/L}$ (HARDENBERGH, 1945). Em decorrência da desinfecção pelo cloro, teores adicionais de cloretos poderão fazer parte da composição química da água após a cloração incrementando a concentração deste íon. Apesar dos teores de cloretos estarem dentro dos padrões de potabilidade, observa-se valores expressivos para os sistemas Jardim das Rosas, Madre Germana, Tiradentes, Bonfinópolis, Cora Coralina, São Gerônimo, Califórnia e Cristina, com o menor valor registrado para o sistema da Vila Socorro.

A dureza é causada pelos cátions metálicos polivalentes e, dentre os mais abundantes na água, estão o cálcio e o magnésio e, as vezes o ferro o alumínio, o manganês, o estrôncio e o zinco (CETESB, 1973; HAMMER, 1979; BRANCO, 1986). HAMMER (1979), menciona que águas duras, com teor maior que 300 mg/L CaCO_3 são mais comuns em áreas possuindo extensas formações geológicas de calcário, águas brandas as que têm concentrações menores que 50 mg/L CaCO_3 e moderadamente dura, maior que 50 até 150 mg/L CaCO_3 . BATALHA, (1977) afirma que os níveis de dureza aceitável para uma dada comunidade são extremamente variáveis, estando frequentemente associada ao nível com o qual o consumidor esta acostumado. A elevada dureza afeta o sabor, promove precipitações de sabão, forma incrustações e durante a fervura da água causa manchas nos utensílios domésticos BATALHA, (1977). A dureza total dos sistemas estiveram dentro dos padrões de potabilidade caracterizando como mole para os sistemas Jardins das Rosas, Vila Socorro, Parque das Nações, Bonfinópolis, Nova Fátima, Oloana, Marista e Cristina. E



moderadamente dura para Madre Germana, Tiradentes, Cora Coralina, Jardim Imperial, São Geronimo, Roselandia Califórnia e Pontakaina;

O nitrogênio apresenta-se na água em várias formas dependendo do nível de oxidação, sendo o nitrato o ânion mais estável nas condições existentes nas águas superficiais e subterrâneas BATALHA (1977). CABRAL (2007) menciona que a avaliação da ocorrência de nitrato bem como de outros compostos nitrogenados, nas águas de abastecimento, é importante face aos riscos que essas substâncias oferecem à saúde humana. Teores superiores a 10,0 mg/L (N-NO₃) podem causar doenças como meta-hemoglobina (“baby blue syndrome”) e câncer gástrico. Pesquisas, ainda não conclusivas, tentam comprovar que concentrações elevadas de meta-hemoglobina no sangue de gestantes, ocasionadas pela ingestão de altas concentrações de nitrato em água, podem induzir aborto espontâneo e má formação do feto. Soma-se a esses efeitos o fato de o nitrato ser uma espécie química persistente, móvel e que não degrada facilmente em meio aeróbico subterrâneo, podendo migrar por grandes distâncias a partir do local de origem. As concentrações de nitrato registrados nos sistemas de poços profundos, estão dentro dos padrões de potabilidade, com valores mais elevados para os sistemas Madre Germana, Parque das Nações, Tiradentes e Nova Fátima porém não excedendo a 10 mg/L (N-NO₃);

Os teores mínimos de cloro residual registrado garante a qualidade microbiológica reduzindo a probabilidade de contaminação por organismos patogênicos;

A cor e turbidez estiveram correlacionado diretamente ao teor de ferro total, também observado entre as variáveis dureza total, cloretos e condutividade o mesmo tipo de associação.

CONCLUSÕES

Os sistemas de poços profundos, utilizados para abastecimento público e objeto deste estudo, possibilitou o conhecimento e confirmação da excelente qualidade das águas subterrâneas conhecidas pelas suas características físicas, químicas, capazes de atender as exigências para abastecimento público e outros usos necessários nas atividades humanas.

Conforme já exposto neste estudo e com base na análise dos dados das águas subterrâneas dos sistemas analisados podemos inferir que:

Dos onze sistemas analisados há uma maior frequência de baixa variabilidade na concentração para temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez e potencial hidrogeniônico, o mesmo foi verificado com o coeficiente de variação destas variáveis exceto turbidez. Para as variáveis químicas a maior frequência de baixa dispersão foi verificado para alumínio, cloro residual, ferro total, sólidos dissolvidos totais e dureza total, o mesmo não foi registrado para o coeficiente de variação que demonstrou baixa variabilidade para alumínio e dureza total;

Os sistemas que apresentaram uma baixa variabilidade na qualidade da água analisada foram: Parque das Nações, Vila Socorro, São Gerônimo, Tiradentes, Jardim Imperial, Madre Germana e Jardim das Rosas;

A turbidez esteve mais elevada para saída do tratamento nos sistemas Tiradentes, Oloana e Posselândia, apresentando a maioria dos demais sistemas baixa turbidez e cor aparente dentro dos padrões de potabilidade;

O teor de íons (condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais) estiveram dentro dos padrões de potabilidade, apresentando os sistemas, Madre Germana, Tiradentes, São Gerônimo, Nova Fátima, Roselândia e Califórnia valores mais elevados nas concentrações de sais;

Quanto ao potencial hidrogeniônico, as características das águas foram levemente ácidas nos sistemas Tiradentes, Oloana, Posselândia e Roselândia, neutras para os demais sistemas, a exceção do Jardim Imperial que apresentou básica;

Nos sistemas de poços profundos foram registrados uma temperatura da água bem típica de ambientes tropicais (maior que 20°C);



A concentração de ferro total e alumínio, apresentaram baixas com valores mais relevantes no sistema São Gerônimo;

Os níveis de cloretos foram baixos, com destaque nas concentrações para os sistemas de poços profundos Jardim das Rosas, Madre Germana, Tiradentes, Bonfinópolis, Cora Coralina, São Gerônimo, Califórnia e Cristina;

A dureza total da água nos sistemas de poços profundos foi mole ($< 50\text{mg/LCaCO}_3$) para Jardim das Rosas, Vila Socorro, Parques das Nações, Bonfinópolis, Nova Fátima, Oloana, Posselândia, Marista e Cristina; moderadamente dura para ($50 < \text{DT} < 150\text{mg/LCaCO}_3$), Madre Germana, Tiradentes, Cora Coralina, Jardim Imperial, São Gerônimo, Roselândia, Califórnia e Pontakaiana;

As concentrações de nitrato registrados nos sistemas de poços profundos, estão dentro dos padrões de potabilidade, com valores mais elevados para os sistemas Madre Germana, Parque das Nações, Tiradentes e Nova Fátima;

Os teores mínimos de cloro residual registrado garante a qualidade microbiológica reduzindo a probabilidade de contaminação por organismos patogênicos;

A análise de componentes principais-ACP identificou a turbidez, ferro total, condutividade elétrica, cor aparente e potencial hidrogeniônico, como as variáveis que melhor distingue as características físico-químicas dos sistemas de poços profundos estudados e secundariamente a dureza total e alumínio;

A ACP revelou diferenças entre a qualidade da água dos sistemas de poços profundos nos períodos analisados, apresentando valores mais elevados em sua maioria no primeiro semestre;

A cor e turbidez estiveram correlacionado diretamente ao teor de ferro total, também observado entre as variáveis dureza total, cloretos e condutividade o mesmo tipo de associação.

Conclui-se também que o monitoramento das águas subterrâneas deve ser periódico, independente se os resultados apresentarem dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, para garantir que o seu uso não represente risco e agravos a saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA-ANA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE *Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*. Brasília. 74p. 2005.
2. ALLAN, J. D. *Stream Ecology*. London: Chapman & Hall, 388 p, 1996.
3. AZEVEDO, R. P. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. *Acta Amazônica*. v. 36 (3): 313 – 320, 2006.
4. BATALHA, B. H. L. & PARLATORE, A. C. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB. 198 p., 1977.
5. BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R. & CAVALCANTI, J. A. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero. *Esc. Minas*, Ouro Preto: 57(1): 45-51, 2004.
6. BRAILE, P. M. & CAVALCANTE, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB. 764 p, 1979.
7. BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária e ambiental*. 3. ed. São Paulo: CETESB. 616p, 1986.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. - Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. *Portaria MS nº 518/2004 / Ministério da Saúde*, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 28 p. 2005.
9. BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S.; SRINIVASAN, V. S.; GALVÃO, C. O. & GHEYI, H. R. *Uso de análise multivariada na classificação das fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do salitre*. Eng. Agric. Jaboticabal. v. 26, n. 1 .p. 36-44, 2006.
10. CABRAL, N. M. T. Teores de nitrato e amônio nas águas do aquífero barreiras nos bairros do Reduto, Nazare e Umarizal-Belem/PA: *Quim. Nova*. nº 8, v. 30, 1804 -1808, 2007.



11. CEBALLOS, B. S. O.; NOBREGA, C. C.; KOING, A.; & ARAUJO, A. M. Indicadores biológicos na caracterização da autodepuração de um corpo aquático lótico no nordeste do Brasil. In. *17 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*. Natal. Anais. Rio de Janeiro: ABES. v. 2. Tomo III., p555-568. 1993.
12. CLESCERI, L. S., GREENBERG, A. E. & TRUSSELL, R. R. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 20th Edition. American Public Health Association; American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1999.
13. COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS. *Operação e manutenção de E. T. A.* São Paulo: CETESB. 2 v. 1973.
14. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. Brasília-DF: 2005.
15. CORSEUIL, H. X. & MARINS, M.D.M. (1997) Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave? *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.2, n.2, p.50-54, 1997.
16. CRUZ, M. G. M; ANDRADE, E. M.; NESS, R. L. & MEIRELES, A. C. M. Caracterização das águas superficiais e subterrâneas do projeto jaguaribe-apodi. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal: v.23, n. 1, p.187-194.2003.
17. DACACH, N. G. *Sistemas urbanos de água*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 490 p.,1979.
18. ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência / FINEP. 573p. 1988
19. FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F. & FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. *Pesq. Agropec. bras. Brasília*. v. 37, n° 5, p. 659-667, 2002.
20. FRANCA, R. M; HORST, F; SANTOS, M. R. P; MENDOÇA, L. A. R & BESERRA, M. C. Contaminação em poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. *Eng. Sani. Ambit.* n°1, v. 11, 92-102, 2006.
21. GAMBA, R. C.; CIAPINA, E. M. P; ESPINDOLA, R. S.; PACHECO, A. & PELLIZARI, V. H. Detection of cryptosporidium sp. oocysts in groundwater for human consumption in itaquaquecetuba city, S. Paulo-Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*. 31:151-153, 2000.
22. HAMMER, M. J. *Sistemas de abastecimento de água e esgoto*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 563 p. 1979.
23. HARDENBERGH, W. A. *Abastecimento e purificação da água*. International textbook company, 466 p. 1945.
24. JUNIOR, A. S. A.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. & LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB: v. 10, n. 4, p.873-880, 2006.
25. LEINZ, V. & AMARAL, S. E. *Geologia geral*. 14. ed. São Paulo: Companhia da Editora Nacional, 2003.
26. LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M. & SILVA, J. A. A Topossequência de solos fertigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.525-532, 2003.
27. MAIER, M. H. Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos. *Boletim do Instituto de Pesca*. 5(2): 75-90, 1978.
28. MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V.H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. & HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. *Rev.Saude Públ.* São Paulo: 25 (1),1991.
29. NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. IBGE, [?] .421 p. 1989.
30. PERES, F. R; NETO, J. L. & VALENTIN, F. A. S. Tópicos em tratamento de dados biológicos. Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*. UFRJ. v. 2. 175 p., 1995.
31. QUEIROGA, I. V.; SANTOS, C. R. A & CARNEIRO, L. C. Ocorrência de coliformes totais na presença de cloro com residual mínimo no sistema de distribuição público de água potável da cidade de Abadia de Goiás. *NewsLab*. São Paulo: ano XIV, n° 83, 148-157, 2007.
32. ROHLF, V. H. NTSYS: *Numerical Taxonomic and Multivariate Analysis System*. N. York, Exeter Publishing. 1989.
33. SANEAMENTO DE GOIÁS S. A. - SANEAGO - *Banco de dados do sistema de controle de qualidade do produto-resultados físico-químicos e bacteriológicos dos sistemas: Jardim das Rosas, Madré Germana, Vila Socorro, Parque das Nações, Tiradentes, Bonfinópolis, Cora Coralina, Jardim Imperial, São Gerônimo, Nova Fátima, Oloana, Posselândia, Roselândia, Califórnia, Pontakaina, Marista e Cristina*. Goiânia: 2007.



34. SILVA, M. L. Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul na cidade de Manaus (AM). Ouro Preto: *Rev. Esc. Minas.* v. 54, n° 2. 2001.
35. SILVA, M. L. *Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus-AM.* Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais/Universidade Estadual Paulista. 1999. (Dissertação de Mestrado).
36. SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P. & BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.11, n.1, p.108–114, 2007.
37. SILVA, R. C. A. & ARAUJO, T. M. Consumo humano de água de manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana-BA. *Revista Baiana de Saúde Pública.* v. 29 n. 2, p. 326-338, 2005.
38. SISINNO, C. L. S. & MOREIRA, J. C. M. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Cad. Saúde Públ.* Rio de Janeiro: 12 (4): 515-523, 1996.
39. SOUNIS, E. *Bioestatística: princípios fundamentais, metodologia estatística, aplicação às ciências biológicas.* São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
40. SPERLING, H.; MARTINO, Sugestões para programas de monitoramento de lagos e reservatórios. In: *XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.* Natal. Anais. ABES. v. 2. Tomo III, p. 547-554, 1993.
41. WETZEL, R. G. *Limnologia.* Barcelona: Omega S/A, 1981.
42. WILKSON, L. *SYSTAT: The System for Statistics.* SYSTAT Incorporated. Evaston, USA: 822, 1990.