

PROJETO BÁSICO AMBIENTAL UHE TELES PIRES

P.09 - PROGRAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Relatório Semestral

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA			
INTEGRANTES	CONSELHO DE CLASSE	CTF IBAMA	ASSINATURA
Biól. Msc. Wilma Maria Coelho	CRBio 08586/88	5053039	
Eng. Quím. Diogo Coelho Crispim	CRQ XII 12300516	2807095	
Biól. Marly Vânia Leão Gomes	CRBio 70927/04-D	5052849	
Biól. Cleuber Magalhães de Castro	CRBio 087805/04-P	5093001	
Eng. Amb. Thiago Coelho Crispim	CREA 20638/D-GO	5539630	

01/08/13 a 31/01/14

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. OBJETIVOS.....	7
2. METODOLOGIA	8
2.1. MÉTODOS DE CAMPO.....	8
2.2. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM.....	10
2.2.1 Coletas de Amostras de Água – Monitoramento Quadrimestral.....	10
2.2.2 Execução das Leituras de Nível d’água.....	11
2.3. METODOLOGIAS DE TRABALHO.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1. VARIÁVEIS DE CAMPO.....	11
3.2. LEITURAS DOS NÍVEIS D’ÁGUA.....	18
3.3. COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COM DADOS DO PROGRAMA HIDROSSEDIMENTOLÓGICO.....	20
3.4. VARIÁVEIS DE LABORATÓRIO.....	21
4. AMBIENTES AMOSTRAIS	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Poço de Monitoramento 01 (PM 01) – Retirada de água e medição de nível no poço	24
Figura 2 - Poço de Monitoramento 02 (PM 02) – Retirada da água da mangueira no poço.....	25
Figura 3 - Poço de Monitoramento 03 (PM 03) – Medição dos parâmetros <i>in loco</i> com sonda	25
Figura 4 - Poço de Monitoramento 04 (PM 04) – Medição do nível d'água	26
Figura 5 – Registro das leituras de nível realizadas nos Piezômetros localizados na área de influência da UHE Teles Pires. A = PZ04; B = preparando para descer a sonda; C = descendo o medidor; D = PZ09; E = abrindo a tampa do piezômetro; F = descida do cabo graduado; G = Identificação do PZ02; H = Medição do nível d'água; I = Estrutura do PZ10; J = Medição de nível; K = piezômetro; L = PZ04.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura da água nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014	13
Gráfico 2 – pH nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014.....	13
Gráfico 3 - Condutividade nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014.....	14
Gráfico 4 - Sólidos totais dissolvidos nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014	15
Gráfico 5 – Turbidez nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014.....	15
Gráfico 6 – Cor verdadeira nos poços monitorados em agosto e dezembro de 2013.....	17
Gráfico 7 – Coliformes termotolerantes nos poços monitorados em agosto e dezembro de 2013	17
Gráfico 8 – Leituras dos níveis dos 4 (quatro) poços de monitoramento PM da UHE Teles Pires nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014	18
Gráfico 9 – Nível d'água medido nos piezômetros nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização dos pontos para monitoramento da qualidade da água sem necessidade de sondagem devido à utilização de poços existentes (PM 1 a PM 4)	8
Quadro 2 - Localização dos pontos de monitoramento do nível d'água (PZ)	9
Quadro 3 – Medição de nível d'água nos piezômetros	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros realizados mensalmente (agosto de 2013 a janeiro de 2014).....	12
Tabela 2 - Resultados dos parâmetros realizados quadrimestralmente (agosto e dezembro de 2013).....	16
Tabela 3 - Resultados obtidos através das análises de laboratório da água da UHE Teles Pires em agosto e dezembro de 2013.....	22
Tabela 4 - Resultados dos Parâmetros Orgânicos Utilizados no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea nos meses de agosto e dezembro de 2013.....	23

ANEXOS

ANEXO I - Mapa dos pontos de monitoramento das águas subterrâneas

ANEXO II – Relatórios de Ensaios

ANEXO III – Cronograma de Atividades

ANEXO IV – Certificados de Acreditação e de Função Técnica

LISTA DE SIGLAS

AID – Área de Influência Direta

All – Área de Influência Indireta

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CE – Condutividade Elétrica

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

COHID – Coordenação de Energia, Hidrelétricas e Transposições

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DILIC – Divisão de Licenciamento do IBAMA

EIA – Estudos de Impacto Ambiental

EPE – Empresa de Companhia Energética

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

NBR – Norma Brasileira

NKT – Nitrogênio Kjeldahl Total

OD – oxigênio dissolvido

PBA – Plano Básico Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

UHE – Usina Hidrelétrica

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se ao Programa de Monitoramento das águas subterrâneas, realizado em 4 poços e 15 piezômetros, por meio de avaliação do nível da água, situados na área de influência da UHE Teles Pires, localizada no município de Paranaíta, no estado do Mato Grosso. As coletas de águas aconteceram em agosto e dezembro de 2013.

O período de análise deste relatório refere-se ao mês de *agosto de 2013 a janeiro de 2014*. O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA da Usina Hidrelétrica Teles Pires – UHE Teles Pires (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), tendo sido referendado como condição de validade 2.1 da Licença Prévia Nº 386/2010, concedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. O presente Programa também segue os itens h e i das exigências relativas aos Programas do Meio Físico do Ofício No 1203/2010/DILIC/IBAMA de 13 de dezembro de 2010, além das recomendações apresentadas no item 9.6.1 do Parecer Técnico Nº 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010.

Com a execução do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas será possível complementar a caracterização hidrogeológica da área de entorno do reservatório e avaliar as alterações do nível e qualidade das águas subterrâneas. Dessa forma, os resultados do Programa fornecerão dados e subsídios para a adoção de medidas preventivas, mitigadoras e/ou corretivas de problemas surgidos na vegetação, na estabilidade geotécnica das encostas, além daquelas relacionados à quantidade e qualidade da água subterrânea.

As metas principais do Programa são as seguintes:

- Verificar as condições dos poços existentes para monitoramento da qualidade da água;
- Caracterizar a qualidade das águas subterrâneas por meio da determinação de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos;
- Comparar os resultados dos parâmetros analisados com aqueles propostos pela Resolução CONAMA Nº 396/08 e Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, conforme enquadramento das águas subterrâneas e de acordo com usos preponderantes;
- Efetuar o monitoramento do nível do lençol freático antes, durante e após o enchimento do reservatório;
- Monitorar as variações sazonais da qualidade e nível das águas subterrâneas.

1.1. OBJETIVOS

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas tem por objetivo monitorar o nível freático dos aquíferos livres, de forma a avaliar as variações na borda do reservatório e a jusante deste, antes, durante e após o enchimento. Serão monitoradas também possíveis alterações nos padrões de qualidade das águas subterrâneas, notadamente em locais de utilização desse recurso pela população local.

2. METODOLOGIA

2.1. MÉTODOS DE CAMPO

Na AID e proximidades foram identificadas apenas cacimbas ou cisternas, implantadas por meio de escavação manual, com diâmetro entre 0,90 m e 1,20 m e profundidade média de 15 m.

No **Quadro 1** são apresentadas algumas informações acerca desses 4 poços existentes na AID e proximidades, os quais estão ilustrados na Figura do Anexo I.

Quadro 1 - Localização dos pontos para monitoramento da qualidade da água sem necessidade de sondagem devido à utilização de poços existentes (PM 1 a PM 4)

PONTOS	REFERÊNCIA EIA	COORDENADAS UTM e COORDENADAS GEOGRÁFICAS		OBSERVAÇÕES
PM 01	Poço 2 (EIA - AID)	538.163E (56° 39' 9" W)	8.925.444N (9° 43' 16" S)	Cisterna em lote do Assentamento Rural São Pedro, próximo à área de remanso do futuro reservatório na calha do rio Paranaíta, a cerca de 2,5 km da margem esquerda deste rio.
PM 02	Ponto 3 (EIA - AII)	530.725E (56°40'41" W)	8.946.507N (9°24'23" S)	Cisterna perfurada no saprolito, próximo à margem esquerda do rio Paranaíta.
PM 03	Fazenda Pontal do Paranaíta (sede), montante do Ponto 4 (EIAAII)	535.335E (56°40'71" W)	8.960.192N (9°24'41" S)	Próximo a aflente da margem esquerda do rio Teles Pires, na sede da Fazenda Pontal do Paranaíta.
PM 04	Balsa Cajueiro, jusante do Poço 1 (EIA – AID)	555.785E (56°29'53" W)	8.954.736N (9° 27'3 9" S)	Localizado próximo à balsa do Cajueiro, na margem esquerda do rio Teles Pires

Nas proximidades do reservatório foram instalados 15 poços de observação simples, localizados principalmente em aquíferos porosos rasos/ freáticos. Esses pontos foram previamente escolhidos devido à sua localização em áreas com potencial de alta susceptibilidade à instabilização de encostas marginais do reservatório e áreas onde poderão ocorrer maiores elevações do nível d'água em função da topografia. Distribuem-se principalmente nas proximidades das áreas próximas às planícies das drenagens afluentes, bem como nas proximidades de áreas de vegetação que ocorrem nas cotas mais baixas dos terrenos que compõem a AID.

No **Quadro 2** é apresentada a localização de todos os pontos de observação de nível d'água, identificados como PZ 01 a PZ 15. Esses pontos de monitoramento do nível d'água foram distribuídos ao longo de todo o eixo do reservatório, tanto ao longo do rio Teles Pires, do rio Paranaíta e afluentes, como a montante e jusante da barragem para avaliar o comportamento da superfície potenciométrica. No Anexo 1 pode ser observada a distribuição de toda a rede de monitoramento de águas subterrâneas proposta para o presente programa.

Quadro 2 - Localização dos pontos de monitoramento do nível d'água (PZ)

PZ	COORDENADAS UTM		OBSERVAÇÕES
PZ 01	540.486,8 E	8.925.552,1 N	Próximo ao poço existente – PM 01
PZ 02	538.766,4 E	8.937.401,2 N	Margem esquerda do rio Paranaíta
PZ 03	531.308,5 E	8.946.415,9 N	Próximo ao poço existente – PM 02
PZ 04	529.320,1 E	8.958.057,9 N	Próximo à foz do rio Paranaíta, na margem esquerda do rio Teles Pires
PZ 05	535.380,8 E	8.960.691,2 N	Próximo ao poço existente – PM 03 (Fazenda Pontal do Paranaíta)
PZ 06	524.765	8.967.915	Margem direita - Central de Concreto
PZ 07	542956,9 E	8963762,3 N	Margem direita do rio Teles Pires
PZ 08	551206,9 E	8959089,3 N	Margem direita do rio Teles Pires, entre ilhas Dinorá e Itá e próximo a áreas de garimpo
PZ 09	557.456	8.931.699	Estacionamento Escritório Paranaíta
PZ 10	547.848,3E	8.962.796,5N	Próximo a área de garimpo
PZ 11	548.868,1E	8.957.069,9N	Próximo a área de garimpo
PZ 12	556.157,1E	8.954.445,3N	Próximo a área de garimpo e poço existente – PM 04 (Fazenda Santo Agostinho)
PZ 13	562.222,3E	8.953.793,3N	Margem direita do rio Teles Pires, entre ilhas Leia e Lucia e próximo a áreas de garimpo
PZ 14	567.858,5E	8.953.528,6N	Próximo a áreas agrícolas
PZ 15	569.973,3E	8.947.831,9N	Próximo a área de garimpo

2.2. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

A periodicidade amostral de alguns parâmetros físico-químicos é realizada mensalmente (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos), e os demais parâmetros físicos, químicos e biológicos tem frequência quadrimestral. Medidas de nível são obtidas mensalmente. Neste relatório serão apresentados os resultados da qualidade da água dos poços dos meses de agosto e dezembro de 2013. Os níveis foram medidos nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014, assim como os parâmetros mensais.

2.2.1 Coletas de Amostras de Água – Monitoramento Quadrimestral

O resultado de uma análise inicia-se com os trabalhos de campo. Por ser amostral, o procedimento deve ser o mais representativo possível do universo estudado. Assim, são seguidas metodologias reconhecidas oficialmente por guias internacionais ou estabelecidas por instituições e produções de confiança.

O procedimento para a realização da coleta, armazenamento, transporte e análise das amostras de água seguiram as recomendações do *Standard Methods* 22ª edição, Norma ABNT/NBR 9897/87, segundo as diretrizes da IT. 05.102 que descreve o detalhamento do plano de amostragem para coleta da água.

As amostras permaneceram protegidas da luz solar e do calor durante seu transporte e manuseio considerando os requisitos específicos para preservação das amostras conforme os parâmetros a serem determinados (STRASKRABA & TUNDISI, 2008).

As amostras de água foram preservadas, conservadas em caixas de isopor, geladeira de campo e transportadas para o laboratório em baixa temperatura. Todos os frascos foram refrigerados, inclusive os frascos de vidro com preservantes químicos onde permaneceram mantidos a 4°C.

Os frascos para acondicionamento de quaisquer amostras foram enviados para o campo com rótulo identificador, excluindo a possibilidade de troca de amostras e agilizando a operação de coleta.

Para garantir a integridade das amostras, o tempo decorrido entre a coleta e a análise não ultrapassou 24 horas, e para isso algumas análises foram realizadas em laboratório de campo.

As coletas de amostras para determinação do índice de bactérias coliformes termotolerantes foram realizadas em frascos estéreis.

Para análise da água foram da mesma forma, adotados procedimentos padrões do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 22ª edição e outras referências aceitas na comunidade científica.

Para avaliação da qualidade da água, foi empregada a Resolução CONAMA Nº 396/08 e Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, cujos dados estão explicados através de tabelas, análises estatísticas multivariadas e recursos gráficos.

A Resolução 396/08 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e a Portaria 2914/11 dispõe sobre os padrões de potabilidade da água para consumo humano.

P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Foi instalado um laboratório de campo com todos os critérios de controle da qualidade e confiança para fidelizar os resultados das análises.

2.2.2 Execução das Leituras de Nível d'água

O nível d'água foi medido em todos os poços de monitoramento previamente indicados, através de um medidor *modelo HSNA-300*. Os trabalhos de campo foram acompanhados de procedimentos para o controle de qualidade cuja finalidade é identificar possíveis contaminações ambientais, no manuseio, na análise em campo, no transporte. Foram utilizados recursos de comparação a fim de validar os procedimentos de amostragem que são: branco de campo, branco de equipamento e branco de transporte.

Mensalmente, é realizado o monitoramento em tempo real, através de sonda multiparamétrica para determinação dos seguintes parâmetros em campo: pH, turbidez, STD, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água.

2.3. METODOLOGIAS DE TRABALHO

Os resultados das campanhas de medição, previstas para serem realizadas mensalmente, serão consolidados em relatórios semestrais como este, contendo as profundidades e as cotas dos níveis d'água de todos os monitores instalados e dos poços existentes, apresentados em tabelas, gráficos e mapas. Seguindo os critérios do PBA e relatórios anteriores, os resultados estão avaliados segundo recomendações da Resolução CONAMA Nº 396/2008 e Portaria do Ministério da Saúde 2914 de 2011, referente à potabilidade da água.

No caso do monitoramento piezométrico, o acompanhamento do Programa e a interpretação dos resultados serão apresentados nos relatórios semestrais na forma de gráficos e mapas potenciométricos, permitindo o acompanhamento da variação do nível do lençol freático no entorno do reservatório. A definição das condições iniciais do nível d'água nas épocas de cheia e de seca, também permitirá uma previsão da variação desses níveis nas unidades aquíferas durante e após o enchimento.

Da mesma forma, a interpretação dos resultados das análises das amostras de água será apresentada nos relatórios consolidados por meio de gráficos e mapas. Esses resultados permitirão o acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas e a identificação de ocorrências de parâmetros em desacordo com os limites propostos pela Resolução CONAMA Nº 396/2008 e Portaria 2914/11.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. VARIÁVEIS DE CAMPO

A seguir serão discutidos os parâmetros realizados mensalmente na UHE Teles Pires, compreendendo os meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014 (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros realizados mensalmente (agosto de 2013 a janeiro de 2014)

PARÂMETROS	CAMPANHAS	PM01	PM02	PM03	PM04	LIMITES DA LEGISLAÇÃO (VMP)	
						396	2914
pH	Agosto-13	5,27	5,22	5,48	6,30	NR	Obs.(a)
	Outubro-13	4,66	4,00	5,92	5,82		
	Novembro-13	3,84	3,87	5,77	4,96		
	Dezembro-13	5,38	5,45	6,04	5,53		
	Janeiro-14	5,50	5,70	5,50	4,48		
Condutividade	Agosto-13	16,0	19,0	55,0	28,0	NR	NR
	Outubro-13	12,0	12,0	52,0	20,0		
	Novembro-13	18,0	15,0	59,0	28,0		
	Dezembro-13	13,8	13,4	37,1	17,3		
	Janeiro-14	16,0	15,0	42,0	20,0		
Oxigênio dissolvido	Agosto-13	2,20	3,03	3,51	2,93	NR	NR
	Outubro-13	2,28	2,50	2,34	3,21		
	Novembro-13	3,86	2,76	2,73	2,87		
	Dezembro-13	3,21	3,17	3,12	2,4		
	Janeiro-14	3,23	3,18	2,40	2,80		
Temperatura da amostra	Agosto-13	25,80	25,80	27,10	23,80	NR	NR
	Outubro-13	25,63	25,20	26,98	29,78		
	Novembro-13	25,83	25,21	26,75	27,44		
	Dezembro-13	25,60	23,50	23,80	26,20		
	Janeiro-14	23,60	23,80	24,30	22,98		
Turbidez	Agosto-13	3,5	0,74	22,9	1,69	NR	5,0
	Outubro-13	1,0	1,0	6,26	1,0		
	Novembro-13	1,0	2,66	3,81	3,0		
	Dezembro-13	4,86	1,18	4,47	1,58		
	Janeiro-14	1,0	1,0	15,5	0,7		
Sólidos totais dissolvidos	Agosto-13	10,0	12,0	36,0	18,0	1000,0	1000,0
	Outubro-13	8,0	9,0	34,0	13,0		
	Novembro-13	12,0	9,0	38,0	18,0		
	Dezembro-13	7,6	7,37	20,4	9,49		
	Janeiro-14	10,0	9,0	27,0	15,0		

Obs. (a) – recomenda-se que o pH deve ser mantido entre 6,0 e 9,5 para sistema de distribuição;
NR – Não há recomendação na legislação; VMP – Valor máximo permitida.

Segundo FEITOSA & FILHO (2000) a amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2 °C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura pode ser um pouco superior à da superfície. Observa-se que no geral as temperaturas oscilam pouco de uma campanha a outra (**Gráfico 1**).

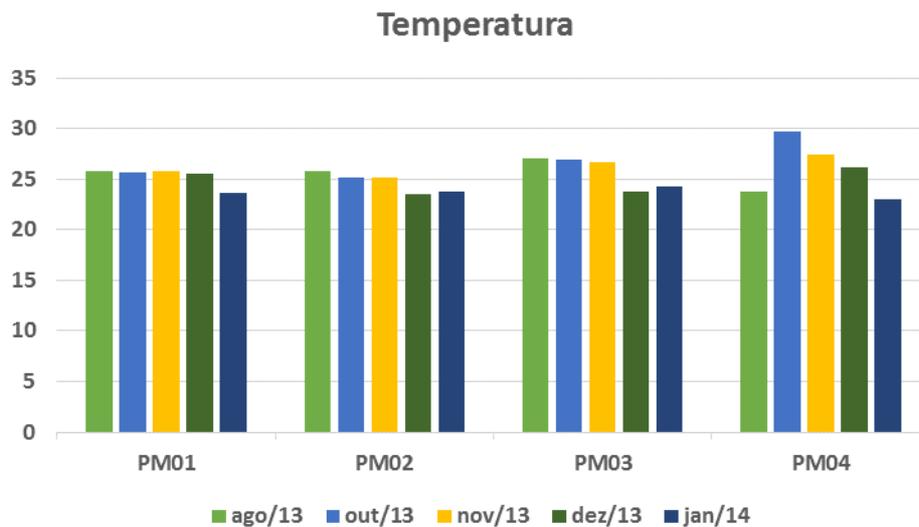


Gráfico 1 – Temperatura da água nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014

O pH em todas as campanhas mostrou caráter ácido (**Gráfico 2**). De acordo FEITOSA & FILHO (2000), a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. A legislação de potabilidade estabelece valores entre de 6,0 a 9,5 unidades de pH, considerando que para esse parâmetro existe apenas uma recomendação da Portaria 2914/11, e não uma exigência como os demais parâmetros. Na Resolução CONAMA 396/08 não há limites de referências para o pH.

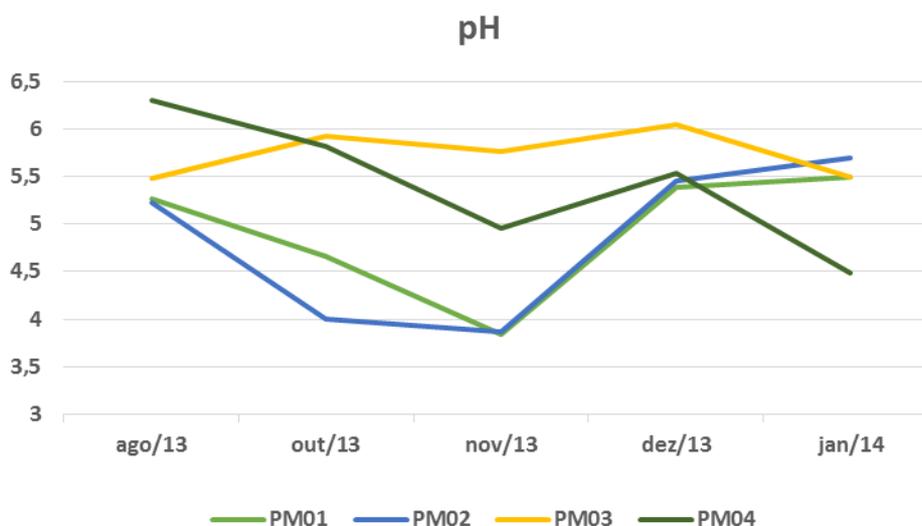


Gráfico 2 – pH nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014

A água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se em sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais. Estas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação das águas subterrâneas, maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas e facilidades de dissolver CO₂ ao percolar o solo não saturado. Por isso as águas subterrâneas em geral têm concentrações de sais superiores às das águas superficiais (FEITOSA & FILHO, 2000). A condutividade elétrica registrada mostrou pequenas oscilações entre as campanhas, estando sempre mais elevada no PM03.

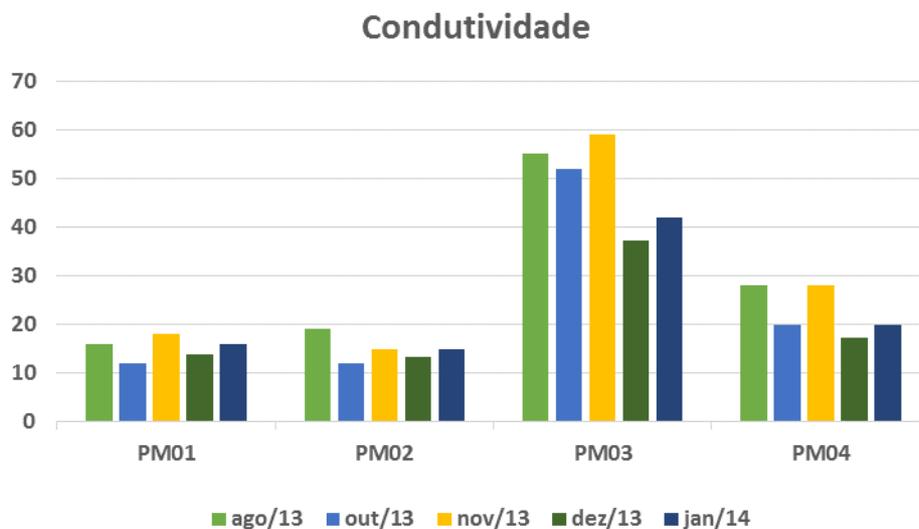


Gráfico 3 - Condutividade nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014

A condutividade tem relação direta com os sólidos dissolvidos. A Portaria 2914 determina valor máximo de sólidos de até 1.000 mg/L, sendo assim todos os pontos apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos.

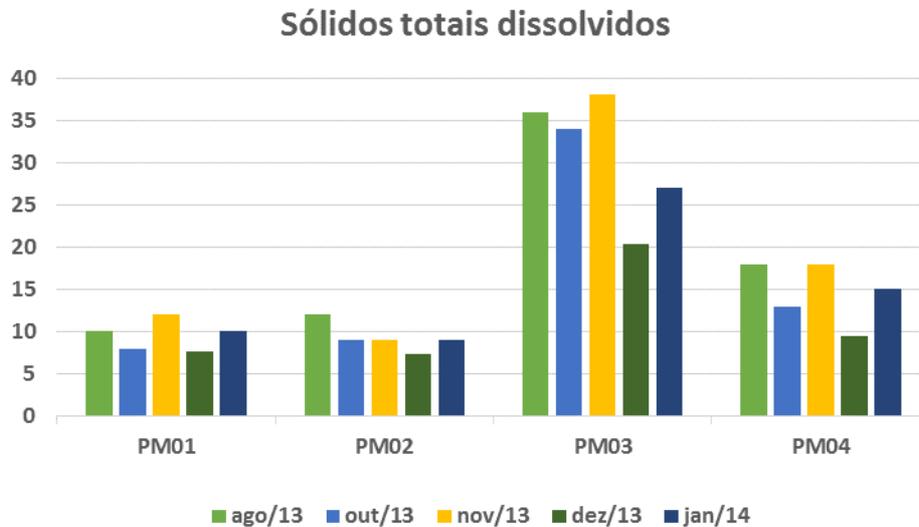


Gráfico 4 - Sólidos totais dissolvidos nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014

A turbidez esteve mais elevada no PM01 em dezembro-13, porém não ultrapassou o recomendado na legislação para potabilidade. O PM03 apresentou turbidez elevada em agosto, outubro de 2013 e janeiro de 2014, sendo que neste poço a turbidez é sempre mais elevada que nos demais poços (**Gráfico 5**). O valor máximo permitido para águas de consumo humano é 5 NTU. Sendo assim, o ponto PM03 não atendeu a Portaria 2914 para potabilidade em agosto e outubro de 2013 e janeiro de 2014.

Nesses pontos foi detectada a presença do elemento ferro, sendo a maior concentração no ponto PM03. De acordo com CORREIA (2008) as águas subterrâneas geralmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez, e em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar.

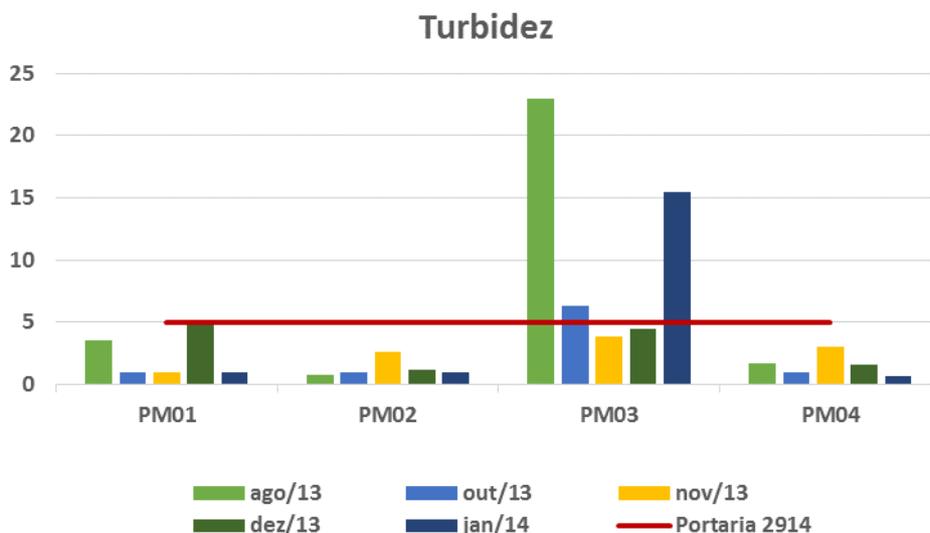


Gráfico 5 – Turbidez nos poços monitorados de agosto de 2013 a janeiro de 2014

P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

Na **Tabela 2** a seguir estão apresentados os parâmetros de campo realizados quadrimestralmente na UHE Teles Pires.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros realizados quadrimestralmente (agosto e dezembro de 2013)

PARÂMETROS	PM 01		PM 02		PM 03		PM 04		LIMITES DA LEGISLAÇÃO	
Data	16/08/13	14/12/13	17/08/13	15/12/13	18/08/13	14/12/13	18/08/13	14/12/13	VMP	
Hora	17h00min	13h00min	17h20min	16h30min	16h46min	12h20min	20h50min	18h00min		
Matriz	Água Bruta consumo humano	Água Bruta	Água Bruta	Água Bruta consumo humano	Água Bruta consumo humano					
Chuvas nas últimas 24h	Não	Fracas	Não	Fracas	Não	Fracas	Não	Fracas		
Condição do tempo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Nublado		
Alcalinidade Total	3,0	5,6	1,0	5,0	4,0	13,3	4,0	13,0	NR	NR
Cor verdadeira	3,0	17,0	10,0	< 2,0	155,0	< 2,0	9,0	9,0	NR	NR
Nitrito	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,786	0,021	0,013	< 0,001	1,0	1,0
Nitrato	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	0,05	0,09	< 0,01	10,0	10,0
Coliformes Termotolerantes	< 1x10	< 1x10	2,0x10 ²	7,5x10	>2,0x10 ²	7,38x10	<1x10	3,1x10	NR	< 1,0

A cor apresentou valores baixos, com exceção do PM03 em agosto, conforme o **Gráfico 6**. Nas águas naturais, geralmente a cor é devida a produtos de decomposição de matéria orgânica do próprio manancial ou do húmus dos solos adjacentes e também por atividades humanas, tais como: irrigação de terras destinadas à agricultura, dragagens de areia, queima de matas, etc. (BRANCO, 1978). Segundo FEITOSA & FILHO (2000) uma água para ser potável não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade.

Como no mês de agosto a precipitação é mínima, sendo quase zero, os níveis dos poços tendem a baixar, podendo ocorrer aumento na concentração de sólidos e elementos na água.

O PM3 está localizado próximo ao afluente da margem esquerda do rio Teles Pires.

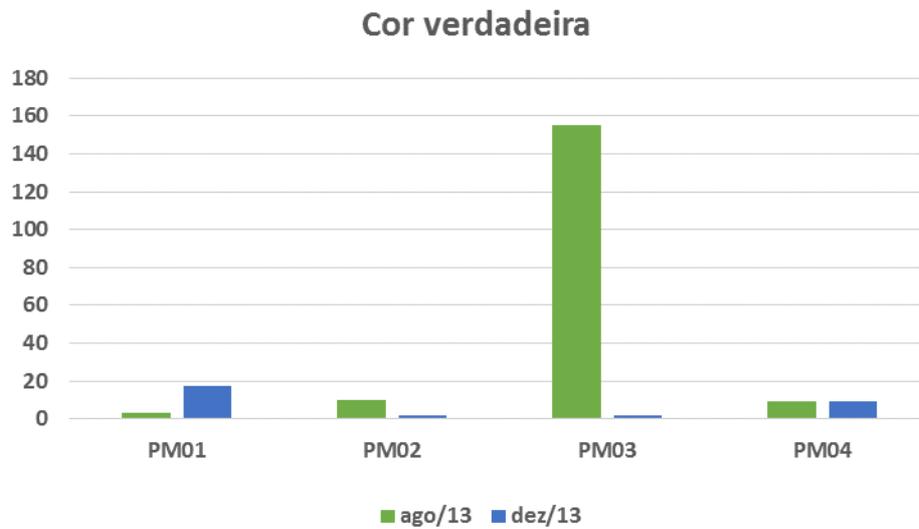


Gráfico 6 – Cor verdadeira nos poços monitorados em agosto e dezembro de 2013

Os coliformes termotolerantes estiveram presentes nas águas dos poços PM02, PM03 e PM04 (**Gráfico 7**), e não atenderam a Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011(<1,0) que recomenda ausência desses organismos em águas utilizadas para consumo humano.

Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais (VON SPERLING, 1996). A presença dessas bactérias na água é indicativa da presença de organismos patogênicos.

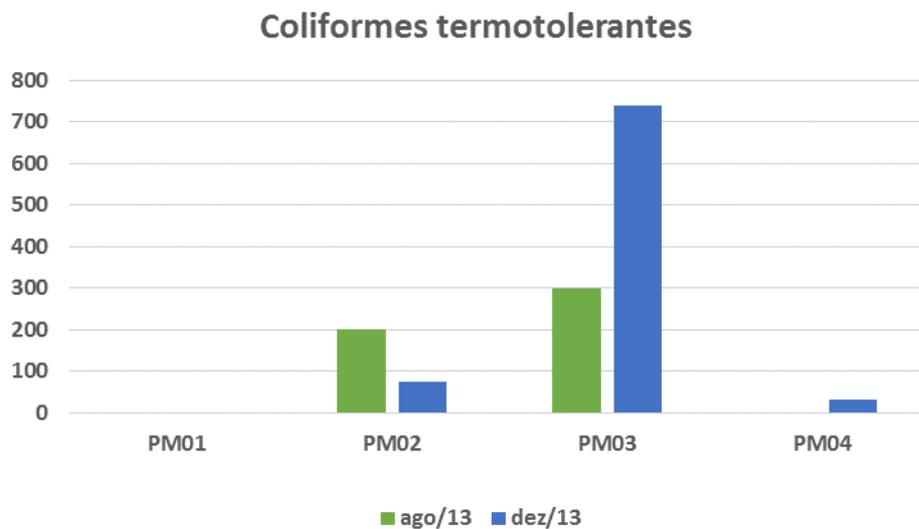


Gráfico 7 – Coliformes termotolerantes nos poços monitorados em agosto e dezembro de 2013

3.2. LEITURAS DOS NÍVEIS D'ÁGUA

A seguir será apresentado um histórico do nível da água dos poços de monitoramento, considerando as campanhas anteriores realizadas nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

Conforme COLLISCHONN & TASSI (2008) a recarga de água subterrânea ocorre por percolação da água da camada superior do solo que normalmente não está saturada. Em geral a recarga de um aquífero não é contínua, mas depende dos eventos de chuva. Durante os períodos de mais chuva e/ou menos evapotranspiração é que ocorre a recarga mais significativa dos aquíferos, corroborando o que tem sido observado nos poços monitorados, nos quais a partir do início do período chuvoso, o nível da água começou a subir.

Embora outubro seja considerado período chuvoso, as precipitações nesse mês são pequenas, se intensificando a partir de novembro, o que percebemos no **Gráfico 8** abaixo. Todos os poços apresentam um comportamento semelhante.

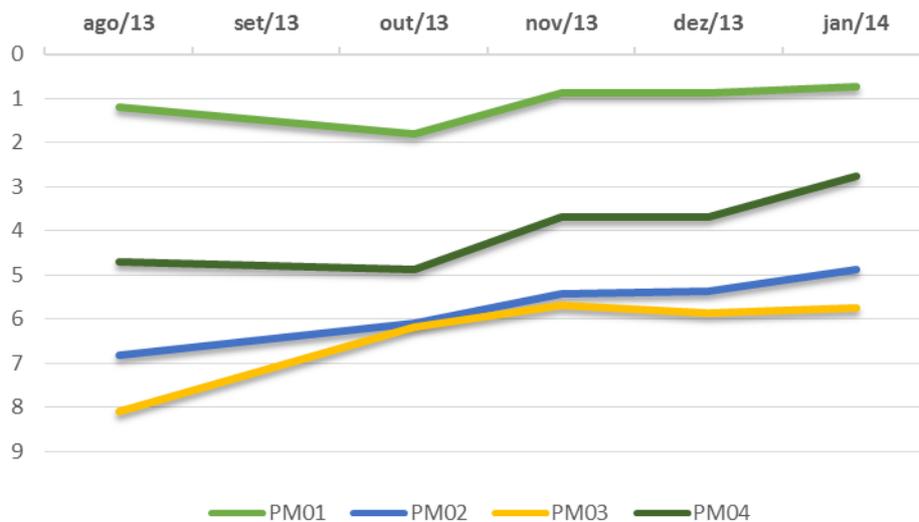


Gráfico 8 – Leituras dos níveis dos 4 (quatro) poços de monitoramento PM da UHE Teles Pires nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014

PIEZÔMETROS

O **Quadro 3** a seguir estão apresentadas as informações sobre os níveis medidos em todos os piezômetros monitorados na área de influência da UHE Teles Pires.

Quadro 3 – Medição de nível d’água nos piezômetros

PIEZÔMETROS	Ago/13	Set/13*	Out/13	Nov/13	Dez/13	Jan/14
	PZ01	4,12	Não foram realizadas medições	5,54	2,38	2,55
PZ02	5,42	5,8		3,92	4,33	3,12
PZ03	7,88	8,88		7,30	7,38	6,39
PZ04	SECO	SECO		7,16	7,3	6,84
PZ05	3,68	3,29		2,67	2,91	2,8
PZ06	2,63	4,14		2,59	2,54	2,04
PZ07	5,48	6,45		-	4,47	4,08
PZ08	11,14	8,98		10,23	10,28	8,93
PZ09	8,62	9,05		6,00	6,77	5,22
PZ10	7,53	7,9		5,26	5,79	8,79
PZ11	9,52	10,12		5,74	5,28	4,77
PZ12	4,47	4,44		3,45	3,48	2,51
PZ13	8,33	8,56		6,91	7,15	6,98
PZ14	8,5	9,03		6,60	6,89	6,76
PZ15	3,22	4,72		2,89	3,26	3,21

- Não foi possível acesso ao poço;

* Não foram realizadas medições em setembro devido à suspensão do licenciamento ambiental e das obras de implementação do empreendimento hidrelétrico UHE-Teles Pires que veio coincidir com a mesma data da campanha

De uma maneira geral, os níveis acompanharam alterações sazonais. De agosto a outubro os poços apresentaram queda do nível da água e a partir de outubro começaram a subir, e portanto, de outubro de 2013 a janeiro de 2014 os piezômetros apresentaram elevação dos níveis. Os meses de agosto e setembro são períodos de seca. Em outubro começa o período chuvoso e as precipitações tendem a aumentar.

Alguns piezômetros mostraram um comportamento diferente do restante, como o PZ 04 que esteve seco até outubro, voltando a apresentar água a partir de novembro. O PZ 05 apresentou mínima variação entre as campanhas. O PZ 08 apresentou leve queda no nível em novembro, voltando a subir em janeiro de 2014. Já no PZ 10 em janeiro de 2014 foi verificado um decréscimo no nível. No PZ 07 em novembro não foi possível medir o nível em virtude de restrição no acesso ao poço.

Como não foram realizadas medições nos meses de setembro, este não apresenta registros dos níveis d’água.

O **Gráfico 9** apresenta os resultados de nível aferidos em cada poço monitorado durante seis meses, sendo esse período de agosto de 2013 a janeiro de 2014.

P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas



Gráfico 9 – Nível d'água medido nos piezômetros nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014

3.3. COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA COM DADOS DO PROGRAMA HIDROSEDIMENTOLÓGICO

De acordo com dados do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico da UHE Teles Pires, as maiores precipitações na região ocorrem nos meses de outubro a abril e o período de

estiagem se estende de maio a setembro, sendo que nos meses junho a agosto a precipitação é praticamente igual a zero.

Foram medidas as precipitações nas estações hidrométricas, sendo que na estação UHE Teles Pires, o mês de dezembro de 2013 foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 386 mm. No mês de agosto de 2013 não ocorreu precipitação na estação e durante o mês de julho a precipitação acumulada foi de apenas 3,4 mm. Já na estação Jusante Foz Peixoto de Azevedo, o mês de novembro foi o que apresentou a maior taxa de precipitação, com um total acumulado de 460 mm. No mês de julho não ocorreu precipitação e durante o mês de agosto a precipitação acumulada foi de apenas 3,2 mm.

A infiltração da água no solo está sujeita a diversos fatores, como o tipo de solo (permeabilidade), o relevo, a umidade do solo, a temperatura do solo que pode favorecer a evaporação diminuindo a infiltração, o tipo de chuva (intensidade e duração).

No geral, as informações acima corroboram com os registros dos níveis de água subterrânea, os quais apresentam decréscimo nos meses de menor precipitação (agosto e setembro), e a partir de outubro os níveis começam a subir. O fluxo da água subterrânea pode sofrer variações no sentido, seja pela oscilação de estações seca e chuvosa, seja pelo rebaixamento do lençol freático por ações antrópicas.

3.4. VARIÁVEIS DE LABORATÓRIO

As **Tabelas 3 e 4** apresentam os resultados das análises realizadas em laboratório nos meses de agosto e dezembro de 2013. Os resultados que não atenderam a legislação estão destacados em vermelho.

Tabela 3 - Resultados obtidos através das análises de laboratório da água da UHE Teles Pires em agosto e dezembro de 2013

PARÂMETROS	PONTOS								LEGISLAÇÕES (VMP)		Unidade
	PM 01		PM 02		PM 03		PM 04		396/08	2914/11	
	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13			
Alumínio total	2,098	1,104	0,087	0,123	7,689	0,579	7,677	0,085	0,2	0,2	mg/L
Arsênio total	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	mg/L
Cádmio total	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,005	0,005	mg/L
Cálcio total	48,24	9,962	0,553	14,3	10,53	16,28	10,88	11,57	NR	NR	mg/L
Cromo total	0,009	< 0,005	0,007	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05	0,05	mg/L
Chumbo total	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	0,01	mg/L
Cloreto total	7,5	9	9	10,5	9,5	9	6,5	6,6	250	250	mg/L
Cobalto total	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	NR	NR	mg/L
Cobre total	0,027	0,012	0,006	0,013	0,03	0,012	0,029	0,011	2	2	mg/L
Dureza total	7,2	20	3,6	23,5	9	33,3	12,6	16	NR	500	mg/L
Ferro total	0,367	0,467	0,027	0,201	0,34	0,351	0,169	0,059	0,3	0,3	mg/L
Manganês total	0,079	0,046	0,009	0,064	0,142	0,061	0,149	0,045	0,1	0,1	mg/L
Mercurio total	< 0,0001	0,004	< 0,0001	0,005	< 0,0001	0,003	< 0,0001	0,005	0,001	0,001	mg/L
Níquel total	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,02	0,07	mg/L
Nit. Amoniacal	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	1,26	< 0,56	< 0,56	NR	NR	mg/L
NKT	< 0,56	< 0,56	< 0,56	< 0,56	0,826	1,331	0,103	< 0,56	NR	NR	mg/L
Potássio total	2,316	1,777	0,892	0,99	8,978	3,802	2,407	0,991	NR	NR	mg/L
Sódio total	19,59	3,34	1,508	5,498	26,78	4,999	20,52	4,017	200	200	mg/L
Sólidos totais	29	58	31	43	26	113	54	33	NR	NR	mg/L
Sulfato total	1	< 0,11	< 0,11	< 0,11	6	< 0,11	< 0,11	< 0,11	250	250	mg/L

NR – Não há recomendação na legislação

VMP – Valor máximo permitido

Todos os parâmetros apresentaram resultados dentro dos limites estabelecidos nas legislações, exceto os elementos alumínio, ferro, manganês e mercúrio durante as campanhas monitoradas. O alumínio esteve acima dos padrões recomendados nas legislações (0,2 mg/L) nos pontos PM01 (2,098 mg/L), PM03 (7,689 mg/L) e PM04 (7,677 mg/L) no monitoramento realizado em agosto. Em dezembro este elemento esteve acima dos limites recomendados nos pontos PM01 (1,104 mg/L) e PM03 (0,579 mg/L). De acordo com as informações do EIA/RIMA, é comum, nesta região, aparecer concentrações de alumínio na água. A toxicidade aguda por alumínio é baixa se comparada aos metais pesados, porém existem estudos que correlacionam o nível de alumínio das águas de abastecimento ao aumento de casos de demência tipo Alzheimer (CETESB, 2001, *apud* TERRELL, 2007).

Segundo TERRELL (2007) de uma maneira geral, é possível relacionar o alumínio com as condições de pH ácido, que facilitam o desprendimento de íons livres e a dissolução do mesmo nas águas subterrâneas.

O ferro apresentou valores acima do recomendado na legislação (0,3 mg/L) nos pontos PM01 e PM03 nos meses de agosto e dezembro de 2013, porém esses valores estiveram pouco acima de 0,3 mg/L, sendo o maior valor registrado de 0,467 mg/L (PM01-dez). Apesar de o organismo humano necessitar de 19 mg/L de ferro/dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público para consumo humano, não ultrapasse 0,3 mg/litro de ferro. Este limite foi estabelecido em função de problemas estéticos relacionados a presença desse metal na água e do sabor ruim – sabor de ferrugem, que o ferro lhe confere, fazendo o consumidor recusá-la (NASCIMENTO *et al*, 2008).

A presença de ferro em águas naturais é devida às interações da água com o solo (BARROS, 2001). O ferro é um constituinte natural do solo e das rochas. Em águas subterrâneas, o ferro provém dos solos e dos minerais com os quais a água entra em contato (MADEIRA, 2003).

De acordo com NASCIMENTO *et al.* (2008) o ferro se constitui um problema sério de contaminação dessas águas em virtude de elevado teor, tornando as águas impróprias para o consumo humano. Águas ferruginosas possibilitam o crescimento de ferrobactérias que podem causar problemas para a saúde humana.

O mercúrio esteve acima do permitido pelas legislações na campanha de dezembro de 2013 em todos os poços. Esse tipo de elemento pode ser carregado pela água das chuvas ou infiltrar no solo. De acordo com OLIVEIRA (2011) o mercúrio é um poluente global, mobilizado a partir de fontes naturais e antrópicas, que tem merecido atenção devido a sua ampla aplicabilidade, mobilidade e toxicidade. O mercúrio inorgânico em águas superficiais e subterrâneas está presente, geralmente, em concentrações inferiores a 0,5 µg/L;

A **Tabela 4** a seguir apresenta os resultados das análises realizadas em relação aos *parâmetros orgânicos* nos meses de agosto e dezembro de 2013.

Tabela 4 - Resultados dos Parâmetros Orgânicos Utilizados no Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea nos meses de agosto e dezembro de 2013

PARÂMETROS	PONTOS								LEGISLAÇÕES (VMP)		Unidade
	PM 01		PM 02		PM 03		PM 04		396/08	2914/11	
	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13	AGO-13	DEZ-13			
Benzeno*	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	5	5	mg/L
Etilbenzeno*	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	200	0,2	mg/L
Tolueno*	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	170	0,17	mg/L
Xileno*	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	300	300	mg/L
Aldicarbe**	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	10	10	mg/L
Carbofurano**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	7	7	mg/L
Pentaclorofenol**	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	9	9	mg/L

*BTEX; **Inseticidas; VMP – Valor máximo permitido

Não foram detectados os compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno), que são provenientes de derivados de petróleo. Os inseticidas Carbamatos (Aldicarbe e Carbofurano) e Organoclorados (Pentaclorofenol) estiveram abaixo do limite de detecção do método. Portanto, não foi detectada contaminação das águas subterrâneas nessa região por essas substâncias orgânicas em nenhum dos meses avaliados.

4. AMBIENTES AMOSTRAIS

Seguem descrição e ilustrações dos 4 (quatro) poços já definidos como pontos de monitoramento da qualidade da água e identificados como PM.

O ponto PM 01 corresponde a uma cisterna e localiza-se em lote do Assentamento Rural São Pedro, próximo à área de remanso do futuro reservatório, a cerca de 2,5 km da margem esquerda do rio Paranaíta.

Apesar de estar localizado fora da AID do empreendimento e distante do reservatório, o monitoramento deste poço segue determinação (item i das determinações relativas aos Programas do Meio Físico) disposta no Ofício N° 1203/2010/DILIC/IBAMA, de 13 de dezembro de 2010. A retirada da água e a medição de nível no poço PM01 estão apresentadas na Figura 1.



Figura 1 - Poço de Monitoramento 01 (PM 01) – Retirada de água e medição de nível no poço

O ponto PM 02 localiza-se próximo à intersecção da MT 206 com o rio Paranaíta, em área da propriedade Estância Rio Paranaíta. A Figura 2 ilustra a coleta realizada no poço PM02, no qual a água é retirada da mangueira ligada no poço.



Figura 2 - Poço de Monitoramento 02 (PM 02) – Retirada da água da mangueira no poço

O ponto PM 03 localiza-se na sede da Fazenda Pontal do Paranaíta, próximo ao afluente da margem esquerda do rio Teles Pires. A Figura 3 mostra a descida da sonda no poço para medição dos parâmetros realizados em campo.



Figura 3 - Poço de Monitoramento 03 (PM 03) – Medição dos parâmetros *in loco* com sonda

O ponto PM 04 localiza-se próximo à balsa do Cajueiro, na margem esquerda do rio Teles Pires. Como a retirada da água pode alterar o nível d'água, serão implantados poços de monitoramento do nível d'água (piezômetros), identificados como PZ. Os piezômetros serão construídos com esse objetivo, e serão localizados a uma distância em que as medições sofram mínima alteração dos poços atualmente em uso. A Figura 4 apresenta o momento da coleta no poço PM04.

P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas



Figura 4 - Poço de Monitoramento 04 (PM 04) – Medição do nível d'água

A seguir estão apresentados os registros das leituras dos níveis realizadas nos Piezômetros, identificados como PZ's:



P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas



E



F



G



H



I



J



Figura 5 – Registro das leituras de nível realizadas nos Piezômetros localizados na área de influência da UHE Teles Pires. A = PZ04; B = preparando para descer a sonda; C = descendo o medidor; D = PZ09; E = abrindo a tampa do piezômetro; F = descida do cabo graduado; G = Identificação do PZ02; H = Medição do nível d'água; I = Estrutura do PZ10; J = Medição de nível; K = piezômetro; L = PZ04

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento da qualidade da água subterrânea e dos níveis de água dos poços de monitoramento é de grande importância para conclusões acerca do ambiente estudado, sendo necessária a avaliação dos poços de monitoramento do nível da água em vários pontos, através dos piezômetros. Esses poços estão distribuídos ao longo de todo o reservatório. São apresentadas aqui considerações gerais dos resultados obtidos nos monitoramentos realizados nos meses de agosto de 2013 a janeiro de 2014:

- A água dos poços monitorados apresentaram um pH com caráter moderadamente ácido a ácido.
- A condutividade elétrica esteve mais elevada no PM03 em todas as campanhas monitoradas (agosto de 2013 a janeiro de 2014), devido a maior concentração de sólidos totais dissolvidos.
- Apenas o poço PM03 apresentou valores de turbidez acima dos limites permitidos para consumo humano, porém vale ressaltar que este poço não é utilizado para consumo humano.
- Os poços PM02, PM03 e PM04 apresentaram contaminação fecal apenas no monitoramento realizado em dezembro, não atendendo aos padrões de potabilidade;
- O elemento alumínio apresentou valores acima do determinado nas legislações nos pontos PM01 e PM03 no monitoramento realizado em agosto e dezembro, e no PM04 em agosto. É comum, nesta região, aparecer concentrações de alumínio na água, o que corrobora com as informações do EIA/RIMA.
- O elemento ferro apresentou valor acima do estabelecido nas legislações nos PM01 e PM03 nas campanhas. A presença de ferro em águas naturais é devida às interações da água com o solo. Essa interação é favorecida em períodos chuvosos. Além disso, as características litológicas da região influenciam a presença desse elemento nas águas.
- O mercúrio esteve acima do permitido nas legislações no mês de dezembro. O mercúrio inorgânico em águas superficiais e subterrâneas está presente, geralmente, em concentrações inferiores a 0,5 µg/L, e pode infiltrar no solo em períodos de chuva, estando relacionado a atividades na bacia hidrográfica.
- Não foram observadas contaminações por produtos orgânicos nos poços monitorados;
- O poço PM03 apresenta parâmetros elevados, sendo turbidez, coliformes fecais, ferro e alumínio, mercúrio, indicando que esse ponto sofre maior pressão, comprometendo a qualidade de sua água. Ressalta-se que este ponto não é utilizado para consumo humano.
- O nível dos poços apresentou comportamento sazonal, obedecendo aos períodos de seca e chuva, o que foi confirmado com os dados de pluviometria do Programa de Monitoramento hidrossedimentológico. Os ambientes em questão sofrem influência do período das chuvas.
- A maioria dos piezômetros monitorados apresentou elevação a partir de outubro, com exceção do PZ 04 que esteve seco até outubro, e do PZ 08 que apresentaram uma leve queda no nível da água em novembro e voltou a subir em dezembro. O PZ 07 não foi verificado em virtude de restrição no acesso ao poço no mês de novembro.

P. 09 – Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas

- Em setembro de 2013 não houve registro dos níveis devido à suspensão do licenciamento ambiental e das obras de implementação do empreendimento hidrelétrico UHE-Teles Pires que veio coincidir com a mesma data de campanha. A partir de outubro de 2013 as coletas se normalizaram, e todos os pontos de água subterrânea voltaram a ser monitorados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. AWWA.WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed. Washington, 2012.

ABNT. **Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores**. NBR 9897. JUN. 1987.

BARROS, A. R. B. **Remoção de íons metálicos em água utilizando diversos adsorventes**. Dissertação de Mestrado, UFSC. 2001.

BRANCO, S.M. - **Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária e ambiental**. 2ª Ed. São Paulo. CETESB. 1978. 620p.

CETESB. **Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/index.asp>> Acesso em dezembro de 2010.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 396 de 03 de Abril de 2008**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em Abril de 2008.

CORREIA, A.; BARROS, E.; SILVA, J.; RAMALHO, J. **Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento**. VIII ERMAC 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, Novembro de 2008. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal/RN.

FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. 2000. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2ª Ed. Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

MADEIRA, V.S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais**. Dissertação de mestrado, UFSC. 2003.

NASCIMENTO, S.A.M.; BARBOSA, J.S.F.; CRUZ, M.J.M.; LIMA, C.M. **Hidrogeoquímica e índice de saturação dos minerais no sistema aquífero do Alto Cristalino de Salvador, Bahia**. Revista Brasileira de Geociências, junho de 2008.

OLIVEIRA, L.C. *et al.* Influência das características físico-químicas do solos no ciclo hidrobiogeoquímico do mercúrio na região do rio Aracá-AM. Química Nova, v.34, n.8, 2011.

PINTO, A.L. **Hidrogeologia e Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Três Lagoas/MS**. CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem. <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/index> - Rio Claro (SP), Vol.5 – n.2 – julho/dezembro/2010.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. **Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos: Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas**. São Carlos, SP, Brasil: ILEC, IIE, 2ª ed., v.9, 2008.

TERRELL, D. **Avaliação da Qualidade da água subterrânea em área de mineração de caulim: impactos e perspectivas de remediação, município de Mogi das Cruzes, SP**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em recursos Minerais e Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2007.

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental; UFMG, 1996c.

ANEXOS

Anexo I – Mapa dos pontos de monitoramento das águas subterrâneas

Anexo II – Relatórios de Ensaios

Anexo III – Cronograma

Anexo IV – Certificados de Acreditação e de Função Técnica