

**MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA
USINA TERMELÉTRICA PRESIDENTE MÉDICI, CANDIOTA,
RS**

Período:

Julho de 2014 a Junho de 2015

Terceiro Relatório Parcial Trimestral

Contrato N° CGTEE/DTC/068/2011

Março / 2015



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

À Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica

Aos cuidados: Eng^a Simone Soccá

A Fundação Luiz Englert, através do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresenta o Terceiro Relatório Parcial Trimestral de atividades referente ao Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, Fases A, B e C, em Candiota, conforme contrato nº CGTEE/DTC/068/2011 e Aditivos, para o período de julho de 2014 a junho 2015

Porto Alegre, 10 de março de 2015.

Catarina da Silva Pedrozo
Coordenadora do Projeto
Centro de Ecologia/UFRGS



1. Introdução

1.1 Objetivos e escopo

O presente relatório tem por objetivo apresentar os resultados da terceira campanha de amostragem das águas subterrâneas na área da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS, com diagnóstico ambiental dos aquíferos locais no período de coletas.

Esta campanha de coleta de amostras, realizada nos dias 01, 02 e 03 de fevereiro de 2015, é a terceira de quatro programadas para serem executados com intervalos trimestrais durante o período de um ano.

A rede de monitoramento das águas subterrâneas contém 18 poços de monitoramento, sendo 11 (onze) localizados na área da Usina Fase B e Fase C (PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-6, PM-7, PM-8, PM-9, PM-10, PM-11 e PM-12), 3 (três) na área do almoxarifado (PM-5, PM-13 e PM-14) e 4 (quatro) na área denominada Candiota 1 (PM-16, PM-17, PM-19 e PM-20).

Cabe destacar que a rede de poços amostrada neste período de monitoramento (2014-2015) contém dois poços a menos que o período anterior (2013-2014), visto que os poços PM-15, na área do almoxarifado, e o poço PM-18, na área de Candiota I, foram destruídos por obras civis de terraplenagem realizadas nos respectivos locais. A falta destes dois poços não compromete a qualidade do monitoramento, pois os demais poços cobrem satisfatoriamente as áreas monitoradas e permite a avaliação adequada das condições ambientais das águas subterrâneas do local.

A localização das três áreas e dos poços de monitoramento é mostrada na Figura 1, Figura 2, Figura 3 e Figura 4 e as coordenadas UTM de cada poço de monitoramento constam da Tabela 1.

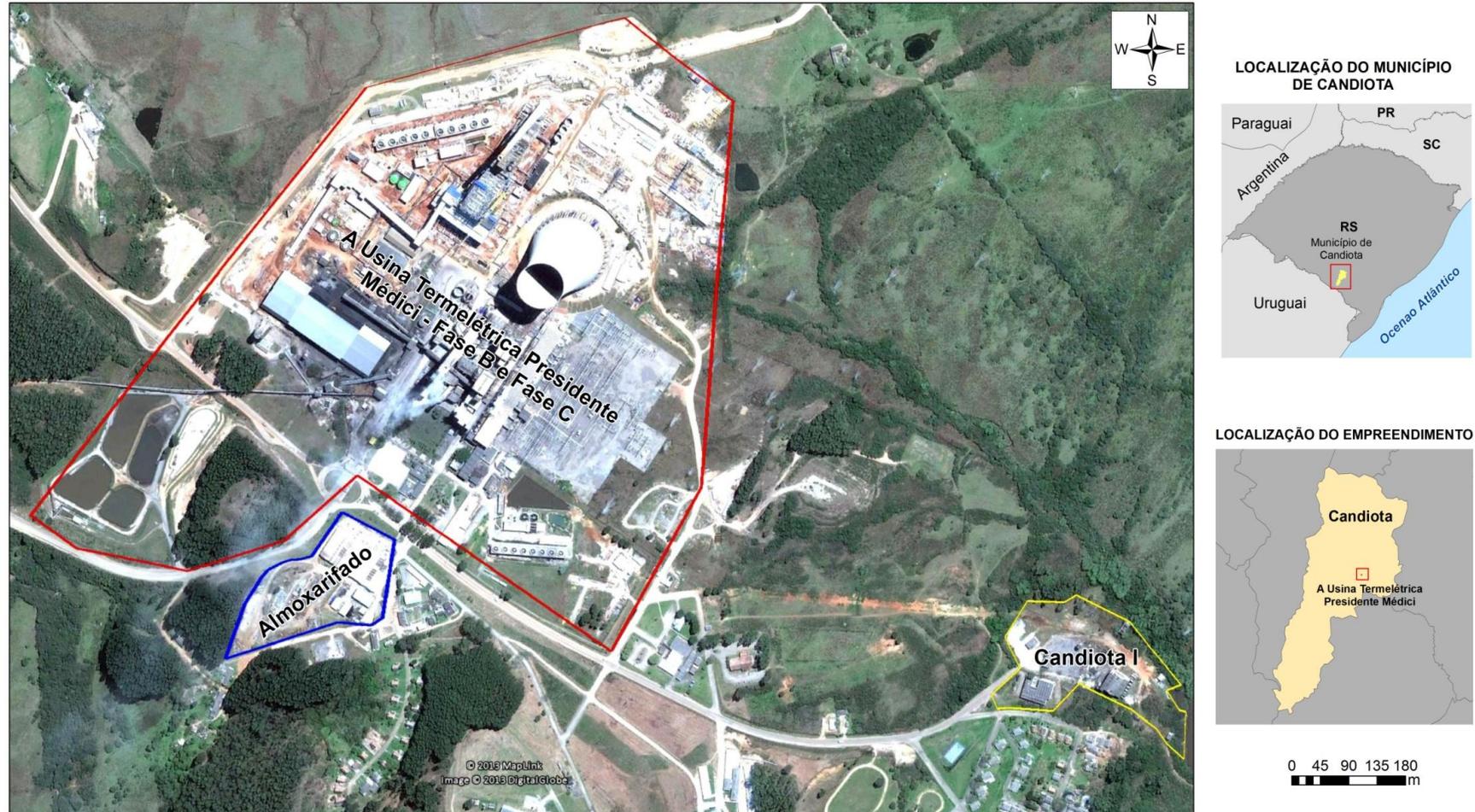


Figura 1. Localização das áreas monitoradas na Usina Termelétrica Presidente Médici: Área da Usina – Fase A e Fase B, Área do Almojarifado e Área Candiota 1.



Figura 2. Localização dos poços de monitoramento na área da Usina – Fase B e Fase C.



Figura 3. Localização dos poços de monitoramento da área do Almoxarifado. O poço PM-15 foi destruído por obras realizadas no local e excluído da rede de monitoramento.

FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

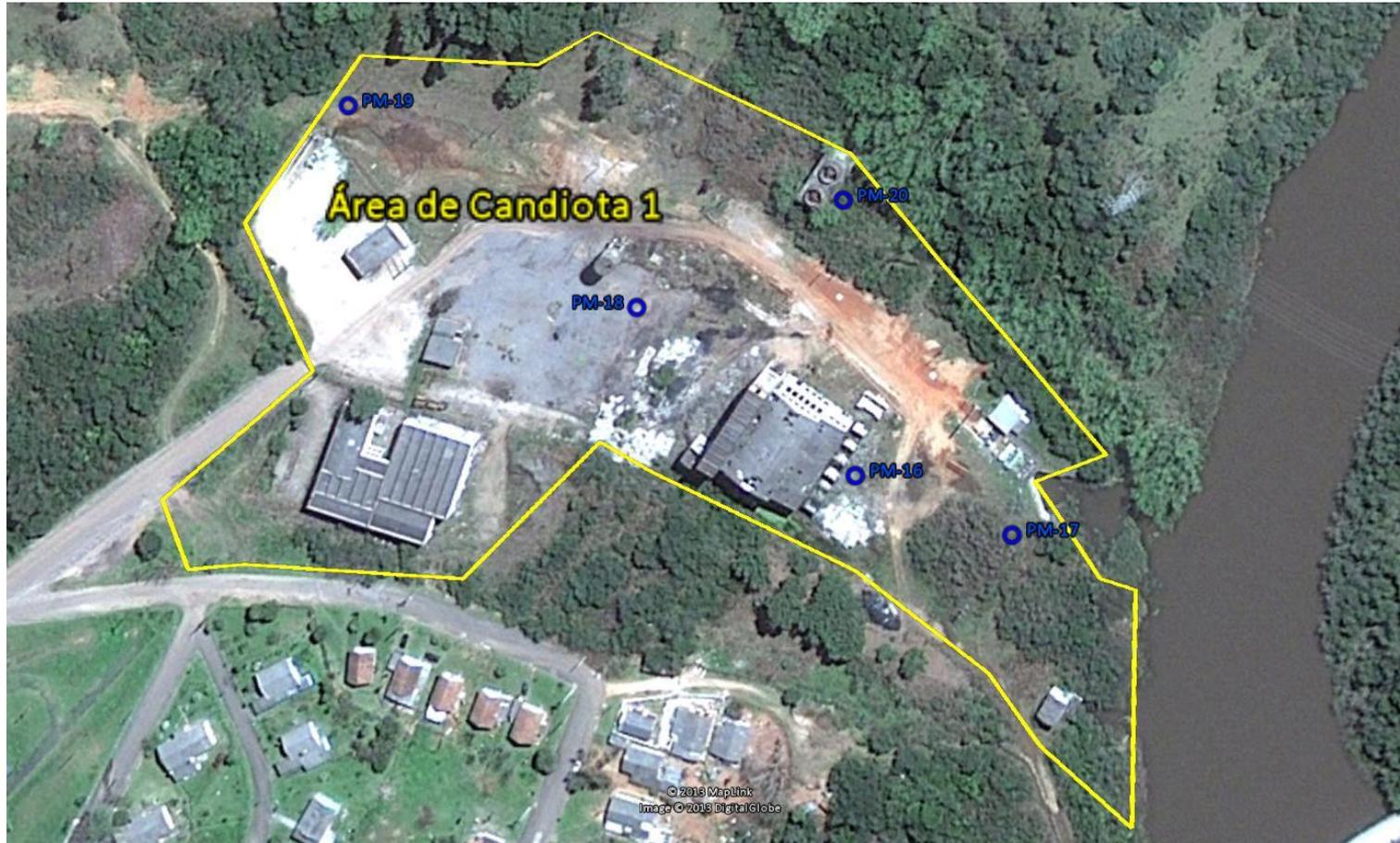


Figura 4. Localização dos poços de monitoramento da área de Candiotá 1. O poço PM-18 foi danificado por obras realizadas no local e excluído da rede de monitoramento.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 1. Coordenadas UTM dos poços de monitoramento instalados que compõem a Rede de Monitoramento das Águas Subterrâneas da área da Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota-RS.

Área	Identificação do Poço	UTM-E (m)	UTM-N (m)
Usina: Fase B Fase C	PM-1	245.297	6.506.061
	PM-2	245.197	6.506.348
	PM-3	244.697	6.505.920
	PM-4	245.432	6.506.344
	PM-6	245.207	6.506.556
	PM-7	245.658	6.506.651
	PM-8	244.990	6.506.168
	PM-9	245.048	6.506.172
	PM-10	245.713	6.506.076
	PM-11	245.030	6.506.022
	PM-12	244.896	6.506.056
	Almoxarifado	PM-5	244.985
PM-13		245.200	6.505.727
PM-14		245.145	6.505.767
PM-15		Excluído	
Candiota I	PM-16	246370	6505641
	PM-17	246421	6505624
	PM-18	Excluído	
	PM-19	246200	6505759
	PM-20	246365	6505731

1.2 Condições dos poços amostrados

Os poços amostrados apresentaram boas condições de conservação na data da coleta, com exceção do PM-9 que se encontrava sem tampa, contudo protegido por capa plástica. Cabe destacar, ainda, que alguns poços de monitoramento apresentavam água com níveis consideráveis de turbidez, o que decorre da presença de partículas sólidas em suspensão (Tabela 2).



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 2. Condições gerais dos poços de monitoramento na data de coleta. *: volume de água disponível para análise de metais. **: volume de água disponível para análise de metais e fenóis.

Área	Identificação do Poço	Condição de preservação	NA (m)
Usina: Fase B Fase C	PM-1	Sem restrição	4,8
	PM-2	Sem restrição	4,0
	PM-3	Sem restrição	2,5
	PM-4	Sem restrição	0,4
	PM-6	Sem restrição	0,5
	PM-7	Sem restrição	9,0
	PM-8	Sem restrição	7,0
	PM-9	Turbidez - Fração suspensa	3,0
	PM-10	Sem restrição	6,0
	PM-11	Sem restrição	4,0
	PM-12	Turbidez - Fração suspensa	
	Almoxarifado	PM-5	Sem restrição
PM-13		Sem restrição	1,3
PM-14		Sem restrição	3,5
PM-15		Excluído	
Candiota I	PM-16	Turbidez fraca	1,5
	PM-17	Sem restrição	1,6
	PM-18	Excluído	
	PM-19	Sem restrição	0,5
	PM-20	Sem restrição	0,4



1.3 Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados, as condições de preservação e os prazos de encaminhamento ao laboratório analítico amostras de águas subterrâneas coletadas constam da Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros analisados, preservação e prazo de encaminhamento das amostras de água subterrânea coletadas.

Parâmetro	Frasco	Preservação	Prazo de Entrega
DBO (mg/L)	Polietileno	Refrig. a 4 °C	<24h
DQO (mg/L)	P,V	Refrig. a 4 °C	<24h
Fenóis Totais (mg/L)	P,V	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2. Refrig. a 4°C	<24h
Fósforo Total (mg/L)	V	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2. Refrig. a 4°C	<24h
pH		Medir em campo	<24h
Condutividade (µS/cm)		Medir em campo	<24h
Cor (mg/L Pt-Co)		Refrig. a 4 °C	<24h
Turbidez (NTU)	P,V	Refrig. a 4°C e manter ao abrigo da luz	<24h
Óleos e Graxas (mg/L)	V	HCl 1+1 até pH≤2 Resfriamento a 4°C	<24h
Metais totais (mg/L) Al, Fe, Cu, Ar, Cd, Ni, Mn, Pb, Zn, Cr e Hg	P,V	HNO ₃ conc. até pH< 2. Refrig. a 4°C	<24h
Coliformes Termotolerantes (<i>E.Coli</i>)		Refrig.<10°C. Adicionar 0,3 mL para 120 mL de amostra de EDTA (372 mg/L).	<24h
Toxicidade crônica e Toxicidade aguda- C. <i>Dubia</i> (P/A)		2mL sol. K ₂ CrO ₇ a 20% em sol. HNO ₃ 1:1. Refrig. a 4°C	<24h



2. Metodologia

A metodologia de trabalho é apresentada nos tópicos a seguir.

2.1. Coleta de amostras

Inicialmente foi percorrida a área de coleta com o objetivo de verificar o estado de preservação dos poços e posteriormente efetuado o esgotamento dos mesmos 24h antes da coleta. O procedimento de amostragem foi realizado com uso de luvas descartáveis, que foram substituídas após cada coleta. A água foi coletada com amostrador descartável tipo *bailer* em volume da ordem de 6 litros por poço.

Cada amostra coletada foi armazenada em frascos de vidro e polietileno fornecidos pelo laboratório contendo os preservantes necessários para cada parâmetro a ser analisado. Os frascos foram acondicionados em caixas térmicas (uma para cada poço) e resfriados a 4°C. O tempo de coleta foi de aproximadamente 20 minutos por poço.

A Figura 5, Figura 6 e a Figura 7 ilustram os procedimentos de esgotamento e coleta em alguns poços de monitoramento. É importante destacar que ocorreu chuva de intensidade média durante a realização da coleta.



Figura 5. Esgotamento dos poços PM-5 (a) e PM-4 (b), realizado no dia 03 de fevereiro de 2015 com amostrador descartável tipo *beiler*. Note-se a ausência de turbidez na água de ambos os poços.



Figura 6. Coletas de amostra no poço PM-7 (a) e PM-15 (b), realizadas nos dias 02 e 03 de fevereiro de 2015 com amostrador descartável tipo *beiler*.

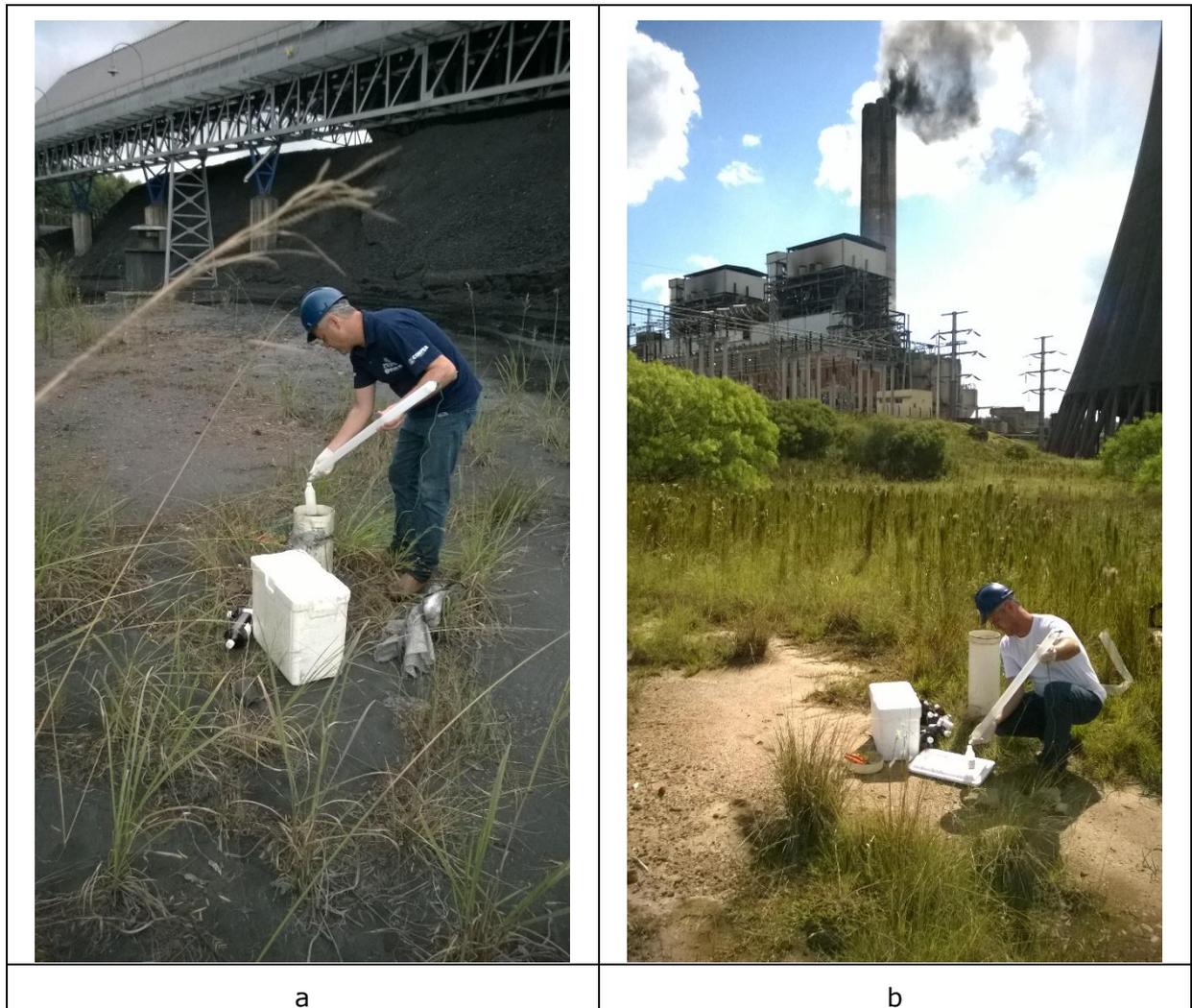


Figura 7. Coletas de amostra no poço PM-8 (a) e PM-4 (b), realizadas nos dias 02 e 03 de fevereiro de 2015 com amostrador descartável tipo *beiler*.

2.2. Laboratório de Análises e Métodos analíticos

As amostras coletadas foram encaminhadas para análises químicas, físicas e físico-químicas ao Laboratório Bioensaios Análises e Consultoria Ambiental, localizado no município de Viamão-RS. Os métodos analíticos utilizados pelo referido laboratório são elencados na Tabela 4 e os laudos apresentados no Anexo II.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 4. Métodos analíticos para ensaios dos parâmetros avaliados neste monitoramento

PARÂMETRO	METODOLOGIA	REFERÊNCIA
Condutividade elétrica	Condutometria	Standard Methods 22 nd 2510 B
Coliformes termotolerantes (<i>E. coli</i>)	Substrato enzimático	Standard Methods 22 nd 9223 B
Cor Aparente	Espectrofotometria	Standard Methods 22 nd 2120 C
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Método de Winkler	Standard Methods 22 nd 5210 B
Fenóis totais	Absorciometria com clorofórmio	EPA 9065
Fósforo Total	Absorciometria com redução do ácido ascórbico	Standard Methods 22 nd 4500 P E
Metais totais: As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Zn, Fe, Cu e Al	ICP-OES	Standard Methods 22 nd 3030/3120 B
Metais totais: Hg	CV-AA	Standard Methods 22 nd 3112B
Óleos e Graxas	Gravimetria -extração com soxhlet	Standard Methods 22 nd 5520B
pH	Método Potenciométrico- pHmetro	NBR 14339 / 1999 ou Standard Methods 22 nd 4500 HB
Turbidez	Nefelometria	Standard Methods 22 nd 2130 B
Tox. crônica com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio Ecotoxicológicos	NBR ABNT 13373/2011
Tox. aguda com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio Ecotoxicológicos	NBR ABNT 13373/2011

2.3. Análise e interpretação dos dados

Os resultados das análises químicas foram analisados e interpretados com base na legislação vigente que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (Resolução 396/2008 do CONAMA). Também foi avaliada a origem dos parâmetros que apresentaram concentrações significativas em amostras de alguns poços, no que se refere a fontes naturais ou antrópicas.



3. Resultados obtidos

Os resultados analíticos dos ensaios realizados nas amostras de água subterrânea são apresentados na Tabela 5 e os laudos laboratoriais constam do Anexo II. Para fins de comparação, são mostrados, também os resultados obtidos nas amostras coletadas na primeira e segunda campanhas, realizadas na última semana de julho e na primeira semana de novembro deste ano, respectivamente. Nesta tabela constam, também, os valores de referência para consumo humano, dessedentação de animais e recreação estabelecidos pelo CONAMA através da Resolução nº 396/2008. Os laudos apresentam, também, os limites de quantificação analíticos do laboratório executor para cada parâmetro determinado.

Os resultados apontam um quadro muito similar àquele observado na primeira e segunda coletas em termos de qualidade das águas subterrâneas. Concentrações altas de ferro e manganês se repetem em alguns poços, mostrando crescimento em alguns deles, nos quais a turbidez também cresceu. Além do ferro e manganês, o alumínio registra valores que excedem o limite para consumo humano em alguns poços, mas sem restrição para dessedentação de animais. Os demais parâmetros químicos e físico-químicos analisados não apresentam restrições ambientais na terceira coleta, com exceção no níquel e chumbo totais no poço PM-10 e o cádmio no poço PM-12. No PM-09, o níquel registra concentração de 0,14 mg/L e o chumbo 0,03 mg/L, ambas impróprias para consumo humano, mas sem restrição para dessedentação de animais. O cádmio apresenta concentração de 0,007 mg/L no PM-12, que também é imprópria para consumo humano e adequada para dessedentação de animais.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Para verificar o sinergismo dos elementos presentes nas amostras coletadas nos poços, foram realizadas avaliações de toxicidade aguda e crônica utilizando como bioindicador a *Ceriodaphnia dubia*

A ocorrência de toxicidade aguda indica maior severidade dos efeitos causados no bioindicador. Da mesma forma, a ocorrência exclusivamente de toxicidade crônica indica situação menos severa.

No que se refere à toxicidade das amostras coletadas, os ensaios realizados nas amostras coletadas nas três campanhas apontaram a presença de toxicidade aguda em quatro poços e toxicidade crônica em 13 poços. É importante destacar que não há indícios de que a presença de toxicidade aguda e crônica tenha correlação com alumínio, ferro e manganês. De modo geral, poços que registram toxicidade presente exibem altos valores de condutividade elétrica na água.

As concentrações de alumínio total, nesta terceira coleta, excedem o limite para consumo humano estabelecido pela Resolução 396/2008 do CONAMA apenas no poço PM-09, o que representa uma incidência menor do que na coleta anterior, quando seis poços (PM-6, PM-8, PM-9, PM-10, PM-16 e PM-20) apresentaram esta restrição de qualidade. É importante ressaltar que são registrados altos valores de turbidez nas amostras destes poços, o que indica que este metal deve estar contido na fração suspensa e não na forma dissolvida.

Cabe enfatizar que o alumínio representa um metal abundante no meio natural, sendo um componente essencial dos principais minerais constituintes do solo, como os argilo-minerais e óxidos de alumínio. Com isso, a origem natural deste metal deve ser considerada como a mais provável, conforme indicado por análises de metais dissolvidos realizadas nos poços da área em dezembro de 2013 (Monitoramento das Águas Subterrâneas na Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS. Segundo Relatório Parcial Trimestral, de dezembro de 2013).



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

O ferro e o manganês totais mantêm, na terceira coleta, o comportamento verificado nas coletas anteriores, com concentrações maiores que os valores de referência para consumo humano e recreação em aproximadamente 50% dos poços. Merece destaque o fato de que ferro e manganês são registrados nos mesmos poços, os quais, também, apresentam altos valores de turbidez da água coletada, revelando a presença de sólidos em suspensão. A concentração de ferro excedeu o limite para consumo humano e recreação na amostra da segunda coleta no poço branco (PM-6), o que aponta para uma origem diversa da atividade da usina.

O ferro e o manganês são metais de comportamento geoquímico similar e, como o alumínio, possuem baixa mobilidade geoquímica em ambiente supergênico. Nos ambientes naturais não impactados por processos antrópicos, o ferro e o manganês exibem, geralmente, correlações positivas nas suas concentrações em decorrência do comportamento geoquímico semelhante que ambos apresentam. A baixa mobilidade geoquímica, por outro lado, resulta em concentrações significativas nos solos e sedimentos sob a forma de minerais de baixa solubilidade, como óxidos/hidróxidos ou argilo-minerais, principalmente as esmectitas, os quais são comuns na fração sólida suspensa de águas turvas.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Resultados analíticos das amostras da 1ª e 2ª e 3ª coletas. CH: consumo humano; DA: dessedentação de animais; REC: recreação; NA: não analisado; ND: não detectado. Resultados de toxicidade faltantes na 3ª coleta serão apresentados no próximo relatório.

Parâmetro	Unidade	PM 01			PM 02			PM 03			Res. 396/2008 CONAMA		
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC
Alumínio Total	mg/L	ND	0,2	5	0,2								
Arsênio Total	mg/L	ND	0,01	0,2	0,01								
Cádmio Total	mg/L	<0,001	ND	ND	<0,01	<0,001	0,004	<0,001	ND	ND	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	<0,01	ND	ND	ND	0,01	0,1	0,01
Cobre Total	mg/L	<0,005	ND	2	0,5	2							
Condutividade	µS/cm	597	538	335	764	663	658	788	654	576	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	<5	<5	<5	<5	8	85	<5	<5	<5	---	---	---
Cromo Total	mg/L	ND	0,05	1	0,05								
DBO5	mg/L O ₂	<2	<2	<2	2	2	<2	<2	<2	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	<5	<5	8	9	15	<5	<5	<5	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	<1,0	<1,0	323	10	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	ND	<0,05	ND	0,38	6,19	28,34	ND	<0,05	ND	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	0,04	0,04	0,09	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	---	---	---
Manganês Total	mg/L	0,27	0,26	0,21	1,39	1,79	3,27	<0,05	ND	ND	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	<0,0002	ND	ND	ND	<0,0002	<0,0002	ND	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	ND	ND	<0,01	ND	ND	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	3,4	2	2,6	1,3	1,2	0,9	2	2,8	1,9	---	---	---
pH	--	6,3	5,6	5,7	6,2	6,4	6,1	6,5	6,2	6,1	---	---	---
Turbidez	NTU	<0,6	0,72	0,8	3,4	12,2	60	<0,6	<0,6	1,9	---	---	---
Zinco Total	mg/L	ND	5	24	5								
Toxicidade aguda		NA	ausente	NA	NA	presente	NA	NA	presente	ausente	---	---	---
Toxicidade crônica		NA	presente	NA	NA	presente	NA	NA	ausente	presente	---	---	---



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Unidade	PM 04			PM 05			PM 06			Res. 396/2008 CONAMA		
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC
Alumínio Total	mg/L	ND	ND	<0,05	0,14	0,25	ND	2,07	2,05	0,1	0,2	5	0,2
Arsênio Total	mg/L	ND	0,01	0,2	0,01								
Cádmio Total	mg/L	<0,001	<0,001	ND	<0,001	ND	ND	<0,001	ND	ND	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,01	ND	ND	0,01	0,1	0,01
Cobre Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	2
Condutividade	µS/cm	632	595	618	601	467	377	92	107	103,5	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	<5	<5	14	<5	<5	<5	40	43	56	---	---	---
Cromo Total	mg/L	ND	ND	ND	<0,01	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	1	0,05
DBO5	mg/L O ₂	<2	<2	<2	2	2	<2	<2	<2	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	<5	<5	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	295	<1,0	<1,0	<1,0	41	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	0,52	3,29	2,59	ND	0,17	<0,05	0,72	0,77	0,06	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	<0,01	0,11	0,02	0,05	0,02	<0,01	0,02	0,02	<0,01	---	---	---
Manganês Total	mg/L	1,42	2,01	2,87	1,59	1,22	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	ND	<0,0002	ND	ND	0,0003	ND	ND	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	ND	<0,01	ND	ND	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	2,1	2	1,8	2,5	2,9	4,6	3,4	3,5	5,3	---	---	---
pH	--	6,3	6,2	6,2	5,6	5,5	5,7	5,8	5,5	5,2	---	---	---
Turbidez	NTU	3,2	3	8,2	<0,6	4,5	0,7	18	17	12,2	---	---	---
Zinco Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	<0,05	ND	<0,05	ND	ND	5	24	5
Toxicidade aguda		NA	NA	ausente	NA	ausente	ausente	NA	ausente	ausente	---	---	---
Toxicidade crônica		NA	NA	presente	NA	presente	presente	NA	presente	presente	---	---	---



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Unidade	PM 07			PM 08			PM 09			Res. 396/2008 CONAMA		
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC
Alumínio Total	mg/L	ND	ND	ND	0,74	0,35	<0,05	1,98	2,48	0,74	0,2	5	0,2
Arsênio Total	mg/L	ND	0,01	0,2	0,01								
Cádmio Total	mg/L	ND	ND	ND	<0,001	0,012	ND	0,002	ND	0,002	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	ND	0,03	0,01	0,1	0,01							
Cobre Total	mg/L	<0,005	<0,005	ND	<0,005	ND	ND	ND	ND	<0,005	2	0,5	2
Condutividade	µS/cm	202	160	157	389	1276	263	1750	179	1370	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	<5	<5	<5	12	14	11	<5	35	<5	---	---	---
Cromo Total	mg/L	ND	0,05	1	0,05								
DBO5	mg/L O ₂	2	<2	<2	2	2	<2	2	<2	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	7	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	20	<1,0	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	<0,05	<0,05	ND	0,59	92,45	<0,05	1,5	2,19	0,06	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	<0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,01	0,02	0,15	---	---	---
Manganês Total	mg/L	<0,05	ND	0,06	<0,05	20,14	<0,05	8,58	<0,05	17,17	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	<0,0002	0,0002	ND	ND	<0,0002	ND	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	<0,01	ND	ND	<0,01	0,09	ND	0,14	ND	0,14	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	7,8	3,9	6,8	6,6	2	3,9	2,5	4,2	3,9	---	---	---
pH	--	5,7	5,9	6,1	6,1	5,7	6,1	6,2	6,3	4,6	---	---	---
Turbidez	NTU	<0,6	2,1	0,9	34,4	124	9,5	10,2	98,2	4,2	---	---	---
Zinco Total	mg/L	<0,05	<0,005	ND	<0,05	ND	ND	<0,05	ND	<0,05	5	24	5
Toxicidade aguda		NA	ausente	presente	NA	presente	presente	NA	ausente	presente	---	---	---
Toxicidade crônica		NA	presente	presente	NA	presente	presente	NA	ausente	presente	---	---	---



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Unidade	PM 10			PM 11			PM 12			Res. 396/2008 CONAMA			
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC	
Alumínio Total	mg/L	2,11	14,79	0,1	<0,05	0,11	Poço seco	0,16	ND	ND	0,2	5	0,2	
Arsênio Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND		ND	<0,01	ND	ND	0,01	0,2	0,01
Cádmio Total	mg/L	<0,001	ND	ND	<0,001	ND		0,008	0,007	0,007	0,007	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	<0,01	<0,01	0,01	0,1	0,01
Cobre Total	mg/L	ND	ND	ND	<0,005	ND		ND	ND	ND	ND	2	0,5	2
Condutividade	µS/cm	1086	794	485	484	230		896	895	866	866	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	<5	<5	<5	5	43		64	49	236	236	---	---	---
Cromo Total	mg/L	<0,01	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	0,05	1	0,05
DBO5	mg/L O ₂	2	<2	<2	2	<2		<2	2	2	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	<5	<5	10	10		<5	9	11	11	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	<1,0	<1,0	<1,0	52	10		<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND		<0,003	ND	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	ND	0,72	<0,05	3,89	1,23		41,19	54	54,92	54,92	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	0,02	<0,01	0,09	0,03	0,13		0,01	0,15	0,01	0,01	---	---	---
Manganês Total	mg/L	7,42	5,45	1,49	0,93	0,31		5,47	4,99	5,46	5,46	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	ND	<0,0002	ND	<0,0002		ND	ND	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	0,12	0,09	0,03	<0,01	<0,01		ND	ND	ND	ND	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	<10	<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	3,9	2,2	2,5	1,4	1		1,7	1,2	1	1	---	---	---
pH	--	6,1	6	6,2	5,9	5,8		6,2	6,5	6,3	6,3	---	---	---
Turbidez	NTU	19,2	27,9	7,1	13,1	20,9	29,9	91,2	70,4	70,4	---	---	---	
Zinco Total	mg/L	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	ND	ND	ND	ND	5	24	5	
Toxicidade aguda		NA	ausente	ausente	NA	ausente	NA	ausente	ausente	ausente	---	---	---	
Toxicidade crônica		NA	presente	presente	NA	presente	NA	presente	NA	NA	---	---	---	



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Unidade	PM 13			PM 14			PM 16			Res. 396/2008 CONAMA		
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC
Alumínio Total	mg/L	2,41	0,13	ND	ND	ND	0,08	ND	0,29	<0,05	0,2	5	0,2
Arsênio Total	mg/L	ND	0,01	0,2	0,01								
Cádmio Total	mg/L	<0,01	ND	ND	ND	ND	ND	<0,001	ND	<0,001	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	<0,01	ND	ND	ND	ND	<0,01	ND	ND	ND	0,01	0,1	0,01
Cobre Total	mg/L	<0,005	ND	ND	<0,005	ND	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	2	0,5	2
Condutividade	µS/cm	210	235	269	238	209	202	473	384	421	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	8	12	6	<5	<5	6	5	14	9	---	---	---
Cromo Total	mg/L	<0,01	ND	ND	<0,01	ND	ND	ND	ND	ND	0,05	1	0,05
DBO5	mg/L O ₂	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	3	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	<5	<5	6	<5	<5	7	10	6	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	31	275	<1,0	<1,0	<1,0	481	<1,0	10	<1,0	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	1,92	0,1	0,11	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	0,31	<0,05	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	0,09	0,26	0,03	0,19	0,16	0,12	0,02	0,18	0,19	---	---	---
Manganês Total	mg/L	<0,05	ND	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	ND	<0,05	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	ND	<0,0002	ND	ND	<0,0002	ND	ND	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	<0,01	ND	ND	<0,01	<0,01	ND	<0,01	ND	<0,01	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	10	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	5,2	4,2	1,4	2,6	2,9	3,3	2,4	2,3	1,7	---	---	---
pH	--	6	7,1	6,3	6,4	5,6	5,5	6,3	5,8	5,5	---	---	---
Turbidez	NTU	21	15,5	9,2	4,5	17	33,5	13,4	38,5	22,7	---	---	---
Zinco Total	mg/L	<0,05	ND	ND	<0,05	ND	ND	<0,05	ND	ND	5	24	5
Toxicidade aguda		NA	ausente	NA	NA	ausente	ausente	NA	ausente	ausente	---	---	---
Toxicidade crônica		NA	ausente	NA	NA	presente	NA	NA	ausente	NA	---	---	---



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Unidade	PM 17			PM 19			PM 20			Res. 396/2008 CONAMA		
		1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	1ª coleta	2ª Coleta	3ª coleta	CH	DA	REC
Alumínio Total	mg/L	0,23	0,17	ND	0,31	ND	0,13	<0,05	2,5	ND	0,2	5	0,2
Arsênio Total	mg/L	ND	0,01	0,2	0,01								
Cádmio Total	mg/L	<0,001	ND	ND	<0,001	ND	ND	ND	ND	ND	0,005	0,05	0,005
Chumbo Total	mg/L	ND	ND	ND	<0,01	<0,01	ND	ND	ND	ND	0,01	0,1	0,01
Cobre Total	mg/L	0,01	ND	ND	<0,005	ND	<0,005	<0,005	<0,005	ND	2	0,5	2
Condutividade	µS/cm	179	176	148,8	990	372	793	427	240	375	---	---	---
Cor Real	mg/L Pt-Co	6	19	74	<5	<5	72	<5	56	13	---	---	---
Cromo Total	mg/L	ND	0,05	1	0,05								
DBO5	mg/L O ₂	<2	2	<2	2	2	<2	2	2	<2	---	---	---
DQO	mg/L O ₂	<5	<5	<5	9	<5	5	<5	<5	<5	---	---	---
Escherichia Coli (NPM)	NMP/100mL	31	1296	512	<1,0	52	41	20	<1,0	31	---	---	---
Fenóis Totais	mg/L	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	<0,003	ND	ND	---	---	---
Ferro Total	mg/L	4,81	0,14	<0,05	0,93	0,45	0,35	0,16	1,89	0,34	0,3	-	0,3
Fósforo Total	mg/L P	<0,01	0,02	0,04	0,01	0,09	0,06	<0,01	0,03	0,05	---	---	---
Manganês Total	mg/L	0,17	<0,05	0,12	3,77	0,06	1,6	<0,05	<0,05	ND	0,1	0,05	0,1
Mercúrio Total	mg/L	ND	ND	<0,0002	ND	ND	<0,0002	ND	<0,0002	<0,0002	0,001	0,01	0,001
Níquel Total	mg/L	<0,01	ND	ND	0,02	ND	ND	<0,01	ND	ND	0,02	1	0,02
Óleos e Graxas	mg/L OG	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	---	---	---
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	2,1	3	4,8	3,6	3,2	1,4	1,7	4,9	3,3	---	---	---
pH	--	6,8	5,4	5,5	6,4	6	6,3	5,9	6,5	6,1	---	---	---
Turbidez	NTU	7,1	6,8	88,2	8	4,3	42,2	9,8	21,9	9,8	---	---	---
Zinco Total	mg/L	<0,05	ND	ND	ND	ND	ND	<0,05	ND	0,16	5	24	5
Toxicidade aguda		NA	ausente	ausente	NA	ausente	ausente	NA	ausente	ausente	---	---	---
Toxicidade crônica		NA	ausente	NA	NA	presente	NA	NA	ausente	NA	---	---	---



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

As concentrações de ferro e manganês mostram tendência de crescimento com a turbidez nas mostras analisadas (Figura 8 e Figura 9), o que aponta para a origem natural dos mesmos nas águas subterrâneas dos aquíferos locais.

Outro aspecto relevante diz respeito à baixíssima solubilidade de minerais de ferro e manganês (óxidos e hidróxidos) em água com pH maior que 4,0 como registrado em todas as amostras analisadas. Nestas condições ambientais, as concentrações de ferro e manganês dissolvidos normalmente estão abaixo de 0,5 mg/L (Willians 1998), o que é muito inferior aos números determinados nos ensaios laboratoriais.

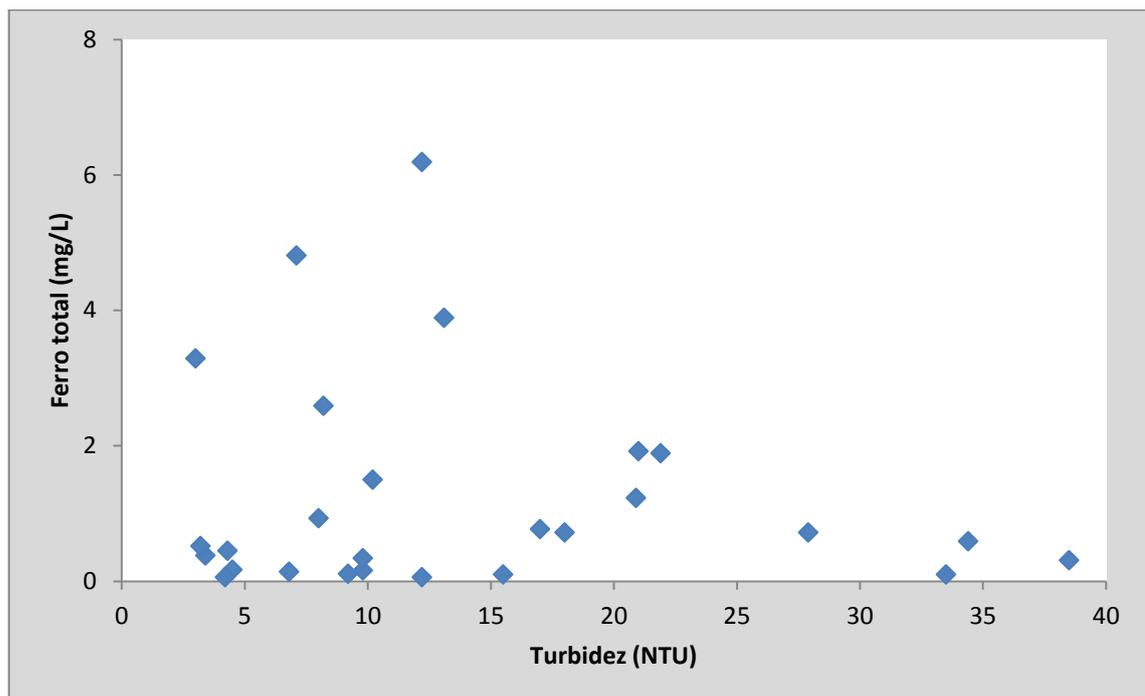


Figura 8. Diagramas de variação binários mostrando a tendência de crescimento do conteúdo de Ferro total com a turbidez. As amostras com mais elevada turbidez e baixos teores de ferro total refletem, provavelmente, a presença de minerais sem ferro, como caulinita e outros óxidos metálicos, em suspensão. Amostras das três coletas realizadas.

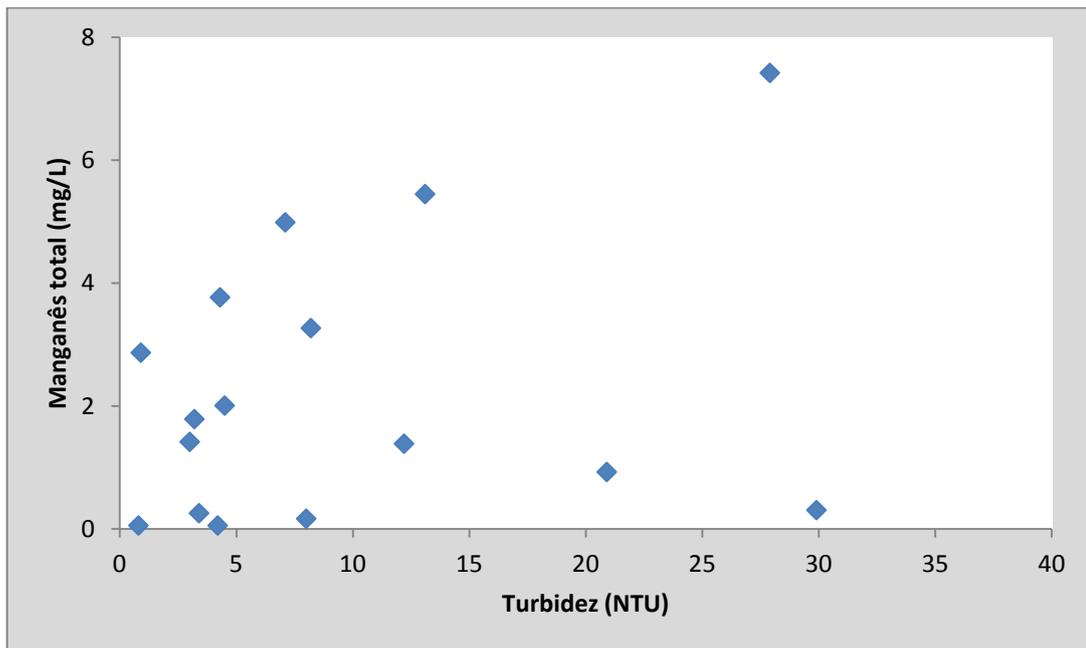


Figura 9. Diagrama de variação binário mostrando a tendência de crescimento do conteúdo de manganês total com a turbidez. Amostras das três coletas realizadas.

O níquel total registra concentração de 0,14 mg/L no poço PM-9, o cádmio total 0,007 mg/L no poço PM-12 e o chumbo total, 0,03 mg/L no PM-9, as quais são impróprias para consumo humano porém não têm restrição para dessedentação de animais. Nestes poços, a água apresenta elevada turbidez, o que indica possível relação destes metais com a fração sólida suspensa. Cabe ressaltar aqui que análises realizadas nos poços da área em dezembro de 2013 (Monitoramento das Águas Subterrâneas na Usina Termelétrica Presidente Médici, Candiota, RS. Segundo Relatório Parcial Trimestral, de dezembro de 2013) apontaram a presença de níquel e cádmio totais em alguns poços e ausência na análise de metais dissolvidos.



4. Conclusões e recomendações

Os resultados dos ensaios realizados nas amostras de água subterrânea coletadas nesta terceira campanha de amostragem permitem concluir o que segue.

- Os parâmetros químicos e físico-químicos investigados não apresentam indícios de contaminação nas águas subterrâneas.
- As concentrações dos parâmetros analisados não mostraram variações significativas relativamente à primeira campanha de coleta realizada em julho deste ano.
- O alumínio total apresenta concentrações maiores que o limite estabelecido para consumo humano em apenas um poço de monitoramento (PM-09), registrando redução na ocorrência de concentrações altas em comparação com as coletas anteriores. Não há restrições, contudo, para dessedentação animal.
- O alumínio, que possui baixíssima solubilidade em águas subterrâneas de baixa acidez, apresenta concentrações maiores nas amostras de água com turbidez mais elevada, o que permite inferir que este metal está contido na fração sólida suspensa e tem origem no ambiente natural.
- Ferro total registra concentrações restritivas para consumo humano e recreação nos poços aproximadamente 50% dos poços.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

- O Manganês total também registra concentrações restritivas para consumo humano e recreação em pouco mais de 50% dos poços.
- O ferro e o manganês apresentam altas concentrações nas amostras de água com turbidez mais elevada, o que, somado à solubilidade muito baixa de minerais de ferro e manganês em águas com pH acima de 4,0, permite inferir que estes metais têm origem natural e estão contidos na fração sólida suspensa.
- O níquel total registra conteúdo restritivo para consumo humano apenas no poço PM-09. A concentração apresentada não requer ações de remediação do aquífero.
- O cádmio total registra conteúdo restritivo para consumo humano no poço PM-12, onde a turbidez da água é elevada, o que indica que este metal deve estar adsorvido na fração sólida suspensa. A concentração apresentada não requer ações de remediação do aquífero.
- Todos os demais parâmetros registram concentrações que não apresentam nenhuma restrição de uso.
- Devido às características do alumínio, ferro e manganês registradas em boa parte dos poços, bem como do níquel e cádmio, em dois poços, a água subterrânea do aquífero freático não pode ser utilizada para fins de abastecimento humano.
- Dada a origem natural do alumínio, ferro e manganês totais registrados nas amostras de alguns poços de monitoramento, não são necessárias ações de remediação do aquífero freático local para estes metais.



5. Equipe técnica

Os estudos de monitoramento das águas subterrâneas, nesta campanha de amostragem, foram executados pela equipe que conta com os seguintes componentes:

Prof^{ca} Catarina da Silva Pedroso¹ - Coordenadora do Projeto

Prof. Antonio Pedro Viero² – Responsável técnico

Natália Zangirolymo Vianna³

¹: Centro de Ecologia da UFRGS

²: Instituto de Geociências da UFRGS.

³: Estudante de Geologia da UFRGS.

Dr. Antonio Pedro Viero

CREA: RS068957



6. Referências bibliográficas

- ABNT, 1987. NBR 9898/87. Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
- ABNT, 1999. NBR 14339, Água - Determinação de pH - Método Eletrométrico.
- ABNT, 1999. NBR 14340, Água - Determinação da condutividade e da resistividade elétrica.
- ABNT, 2005. NBR 13373, Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).
- ABNT, 2007. NBR 15.495-1/2007. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados Parte 1: Projeto e construção.
- ABNT, 2008. NBR 15495-2:2008 Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2: Desenvolvimento
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 2005, 21th ed.
- CETESB, 2011. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 396, DE 03 DE ABRIL DE 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
- WILLIAMSON, M.A. (1998). Iron. *Encyclopedia of Earth Science*, p. 348-353.



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

ANEXO I

ART

Anexada ao Relatório Inicial, de Agosto de 2014



FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT

ANEXO II

LAUDOS ENSAIOS LABORATORIAIS