



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CAMPUS DO LNEC

Monitorização dos níveis piezométricos e da qualidade das águas subterrâneas no ano hidrológico 2012-2013

Estudo elaborado no âmbito do Projeto DHA Solidário e do Projeto COST TU1201 – “Urban Allotment Gardens in European Cities – Future, Challenges and Lessons Learned”

Lisboa • agosto de 2014

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 341/2014 – **DHA/NRE**

Título

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CAMPUS DO LNEC

Monitorização dos níveis piezométricos e da qualidade das águas subterrâneas no ano hidrológico 2012-2013

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Maria José Henriques

Técnica Superior, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Tiago Martins

Bolseiro LNEC, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Teresa E. Leitão

Investigadora Principal com Habilitação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Colaboração

Adelaide Gonçalves

Bolseira Técnica de Investigação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Ricardo Jónatas

Bolseiro de Experimentação, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Luís David

Investigador Auxiliar, Núcleo de Engenharia Sanitária

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Amílcar Gonçalves

Técnico Superior

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Daniel Silva

Assistente técnico, Setor da Construção e Conservação das Instalações

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 341/2014

Proc. 0605/19/18791

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CAMPUS DO LNEC – MONITORIZAÇÃO DOS NÍVEIS PIEZOMÉTRICOS E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ANO HIDROLÓGICO 2012-2013

Resumo

Este relatório apresenta os resultados da monitorização do nível piezométrico e da qualidade das águas subterrâneas efetuada nos furos e nos poços localizados no interior do perímetro do *campus* do LNEC, bem como dos volumes de água drenados pelo sistema de bombagem instalado nas caves do edifício principal, durante o ano hidrológico 2012-2013.

Apresentam-se as principais conclusões obtidas na perspetiva de compreensão da dinâmica entre os fenómenos de precipitação e a sua importância para a reposição dos níveis piezométricos, tendo em vista uma melhor gestão dos recursos hídricos subterrâneos do *campus* do LNEC

Palavras-chave: águas subterrâneas, campus do LNEC

Índice

1	Introdução	1
2	Monitorização dos níveis piezométricos e da qualidade das águas subterrâneas.....	2
2.1	Monitorização dos níveis piezométricos	2
2.1.1	Locais e plano de monitorização	2
2.1.2	Análise dos resultados obtidos com a sonda piezométrica manual.....	5
2.1.3	Análise dos resultados obtidos com recurso a sondas de registo automático	7
2.1.4	Ensaio de recarga artificial.....	7
2.2	Monitorização da qualidade das águas subterrâneas e análise dos resultados obtidos.....	9
3	Medição dos volumes de água extraídos das caves do Edifício Principal	10
4	Conclusões.....	12
	Referências Bibliográficas	14
	Anexos	15
	Anexo I - Profundidades ao Nível Piezométrico nos Piezómetros PZ1, PZ2 e PZ3 – Ponto PZ(S3), no Interior da Sondagem S3	17
	Anexo II - Profundidades ao Nível Piezométrico nos Poços F1(MR), P1(CF) e P2(SA)	19
	ANEXO III – Registo Automático das Profundidades ao Nível Piezométrico nos Poços P1(CF), F1(MR) e na Cave do Edifício Principal N1(AO)	21
	ANEXO IV – Variação dos Valores da Profundidade ao Nível da Água no Poço P1(CF) e no Tanque do LEHID	23
	ANEXO V - Registo Automático da Condutividade Elétrica da Água nos Poços P1(CF), F1(MR) e na Cave do Edifício Principal N1(AO)	24

Índice de figuras

Figura 2.1 – Localização numa imagem do Google Earth dos pontos de águas subterrâneas do <i>campus</i> do LNEC.....	2
Figura 2.2 – Piezómetros PZ1, PZ2 e PZ3, LNEC (a N do PHM) (Lobo-Ferreira <i>et al.</i> , 2012)	3
Figura 2.3 – Poço P2(SA), LNEC (nas proximidades da Sala de Atividades) (Lobo-Ferreira <i>et al.</i> , 2012)	3
Figura 2.4 – Poço P1(CF), LNEC (junto ao campo de futebol) (Lobo-Ferreira <i>et al.</i> , 2012)	3
Figura 2.5 – Poço F1(MR), LNEC (junto ao edifício Manuel Rocha) (Lobo-Ferreira <i>et al.</i> , 2012)	4
Figura 2.6 – Profundidade ao nível piezométrico e cotas piezométricas nos poços F1(MR), P1(CF) e P2(SA).....	6
Figura 2.7 – Desenho esquemático da parede lateral do tanque do LEHID (junto às escadas de acesso).....	8
Figura 3.1 – Volumes de água extraídos (medidos no caudalímetro) e precipitação acumulada no período entre 20-11-2012 e 25-09-2013.....	11

Índice de quadros

Quadro 2.1 - Características dos pontos de águas subterrâneas.....	4
Quadro 2.2 - Valores máximos, mínimos e médios das profundidades ao nível piezométrico e cotas piezométricas nos poços P1(CF), F1(MR) e P2(SA) durante o ano hidrológico 2012-2013	6
Quadro 2.3 - Valores da CE (mS/cm) máximos, mínimos e médios registados nos poços P1(CF), F1(MR) e na cave do Edifício Principal N1(AO)	9
Quadro 3.1 - Volumes extraídos durante o período de registo temporal (20-11-2012 e 25-09-2013)	10

1 | Introdução

No âmbito do “Estudo da viabilidade e sustentabilidade, quantitativa e qualitativa, de utilização das águas subterrâneas do *campus* do LNEC para o abastecimento de água aos modelos físicos do Pavilhão da Hidráulica Marítima (PHM) e para a rega dos jardins” (Lobo-Ferreira *et al.*, 2012) desenvolveu-se um estudo das águas subterrâneas na zona envolvente ao LNEC que permitiu concluir existir água suficiente para a rega dos jardins do *campus* do LNEC e para abastecer os modelos físicos do pavilhão de Hidráulica Marítima, embora dentro de um conjunto de condições e restrições então assinaladas. De entre as recomendações efetuadas, atendendo às oscilações observadas nos níveis piezométricos (mesmo não havendo extrações) e recuperações ao longo do tempo, estava a necessidade de se medirem os níveis piezométricos nos pontos de água do LNEC, de forma a permitir avaliar os efeitos da rega e da recarga, e de forma a evitar a avaria e deterioração dos equipamentos causada por rebaixamentos excessivos.

No presente relatório apresenta-se o trabalho de monitorização desenvolvido e as conclusões obtidas com base nas medições efetuadas durante o ano hidrológico 2012-2013 no que concerne aos seguintes aspetos:

- Medição dos níveis piezométricos em todos os pontos de água, com recurso a uma sonda piezométrica manual em todos os pontos no *campus* do LNEC;
- Registo contínuo dos valores da condutividade elétrica da água, temperatura e níveis piezométricos, com recurso a sondas CTD (*conductivity, temperature and depth*) instaladas nos pontos P1(CF), F1(MR) e N1(AO);
- Medição dos volumes de água drenados na cave do edifício principal, com recurso a um caudalímetro eletromagnético.

2 | Monitorização dos níveis piezométricos e da qualidade das águas subterrâneas

2.1 Monitorização dos níveis piezométricos

2.1.1 Locais e plano de monitorização

No interior do perímetro do campus do LNEC existem sete pontos de águas subterrâneas (Figura 2.1 a Figura 2.5): três piezómetros localizados a norte do PHM, no interior da sondagem S3, designados por PZ1, PZ2, PZ3, ponto esse designado por PZ(S3); o poço designado por P1(CF) situado junto ao Campo de Futebol; o poço F1(MR) no jardim junto à estátua do Engenheiro Manuel Rocha; o poço P2(SA) nas proximidades da sala de atividades e o ponto N1(AO) nas galerias de drenagem nas caves do edifício principal. O Quadro 2.1 apresenta as características principais dos pontos de água localizados no interior do perímetro do campus do LNEC.



Figura 2.1 – Localização numa imagem do Google Earth dos pontos de águas subterrâneas do *campus* do LNEC



Figura 2.2 – Piezómetros PZ1, PZ2 e PZ3, LNEC (a N do PHM) (Lobo-Ferreira *et al.*, 2012)



Figura 2.3 – Poço P2(SA), LNEC (nas proximidades da Sala de Atividades) (Lobo-Ferreira *et al.*, 2012)



Figura 2.4 – Poço P1(CF), LNEC (junto ao campo de futebol) (Lobo-Ferreira *et al.*, 2012)



Figura 2.5 – Poço F1(MR), LNEC (junto ao edifício Manuel Rocha) (Lobo-Ferreira *et al.*, 2012)

Quadro 2.1 - Características dos pontos de águas subterrâneas

Designação	Tipo	M (m)	P (m)	Cota do terreno (m)	Prof. da base (m)	
F1(MR)	Poço	112403	199608	86,39 ^(*)	37	
P1(CF)	Poço	112173	199676	88,64 ^(*)	39	
P2(SA)	Poço	112197	199430	86,07 ^(*)	6,7	
PZ(S3)	PZ1(S3)	Piezómetro	112246	199819	89,23 ^(**)	40,68
	PZ2(S3)	Piezómetro	112246	199819	89,23 ^(**)	35,52
	PZ3(S3)	Piezómetro	112246	199819	89,23 ^(**)	17,05
N1(AO)	Galeria de drenagem do edifício principal	112370	199510	86,96	7,6	

Nota: A profundidade da base é medida em relação ao nível do terreno; ^(*) fonte: MDT do Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo ^(**) fonte: Coelho, 2011.

De acordo com informação transmitida pelo Sr. Daniel da Silva (do CIC), no ponto N1(AO) encontra-se instalado um sistema de drenagem das águas que afluem à cave do edifício principal, que são posteriormente bombadas e canalizadas para o poço F1(MR).

A monitorização quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas no *campus* do LNEC durante o ano hidrológico 2012-2013 foi realizada de acordo com o seguinte plano de trabalhos:

- Medição dos níveis piezométricos em todos os pontos de água, com uma periodicidade irregular, com recurso a uma sonda piezométrica manual em todos os pontos no *campus* do LNEC;
- Registo contínuo dos valores da condutividade elétrica da água, temperatura e níveis piezométricos, com recurso a sondas CTD (*conductivity, temperature and depth*) instaladas nos pontos P1(CF), F1(MR) e N1(AO);
- Medição dos volumes de água drenados na cave do Edifício Principal com recurso a um caudalímetro eletromagnético Krohne Waterflux 3070C (DN65mm, PN16).

2.1.2 Análise dos resultados obtidos com a sonda piezométrica manual

No Anexo I considera-se a informação histórica existente sobre a profundidade ao nível piezométrico efetuada nos piezómetros PZ1, PZ2 e PZ3 ponto designado por PZ(S3), iniciada a 14 de agosto de 2009 com periodicidade semanal, passando posteriormente a ser medidas mensalmente até outubro de 2011 no âmbito do trabalho apresentado por Coelho (2011), tendo sido retomadas as medições em janeiro 2012.

O Anexo II apresenta as medições das profundidades ao nível piezométrico (e respetivas cotas piezométricas) medidas com a sonda piezométrica manual nos poços P1(CF), F1(MR) e P2(SA). Estes valores estão representados na Figura 2.6 tendo-se projetado a precipitação diária registada no udómetro instalado no LNEC pelo Núcleo de Hidráulica Sanitária (NES).

Os resultados mostram a diminuição da profundidade ao nível piezométrico no poço P1(CF) desde finais de novembro de 2012, até ao valor de 6,87 m (cota piezométrica = 81,77 m, em abril de 2013), i.e uma subida da cota piezométrica em resultado da precipitação. Como cenário oposto, de julho a setembro de 2013, a profundidade ao nível piezométrico medida (Anexo II) indicou um rebaixamento de 25,76 m (32,63 m - 6,87 m) que se atribuiu à extração de água para a rega num período sem pluviosidade que permitisse compensar os níveis.

A água do poço F1(MR) não foi utilizada. Os valores da profundidade ao nível piezométrico máximos, mínimos e médios foram muito constantes ao longo de todo este período, no valor de 21,52 m (cota piezométrica = 64,87 m), 19,54 m (cota piezométrica = 66,85 m) e 21,01 (cota piezométrica = 65,38 m) respetivamente (Quadro 2.2).

A variação sazonal do nível piezométrico é, também, evidenciada no poço P2(SA) onde se registaram valores mais altos entre fevereiro e abril demonstrando o efeito do período mais chuvoso, embora de forma bastante menos expressiva.

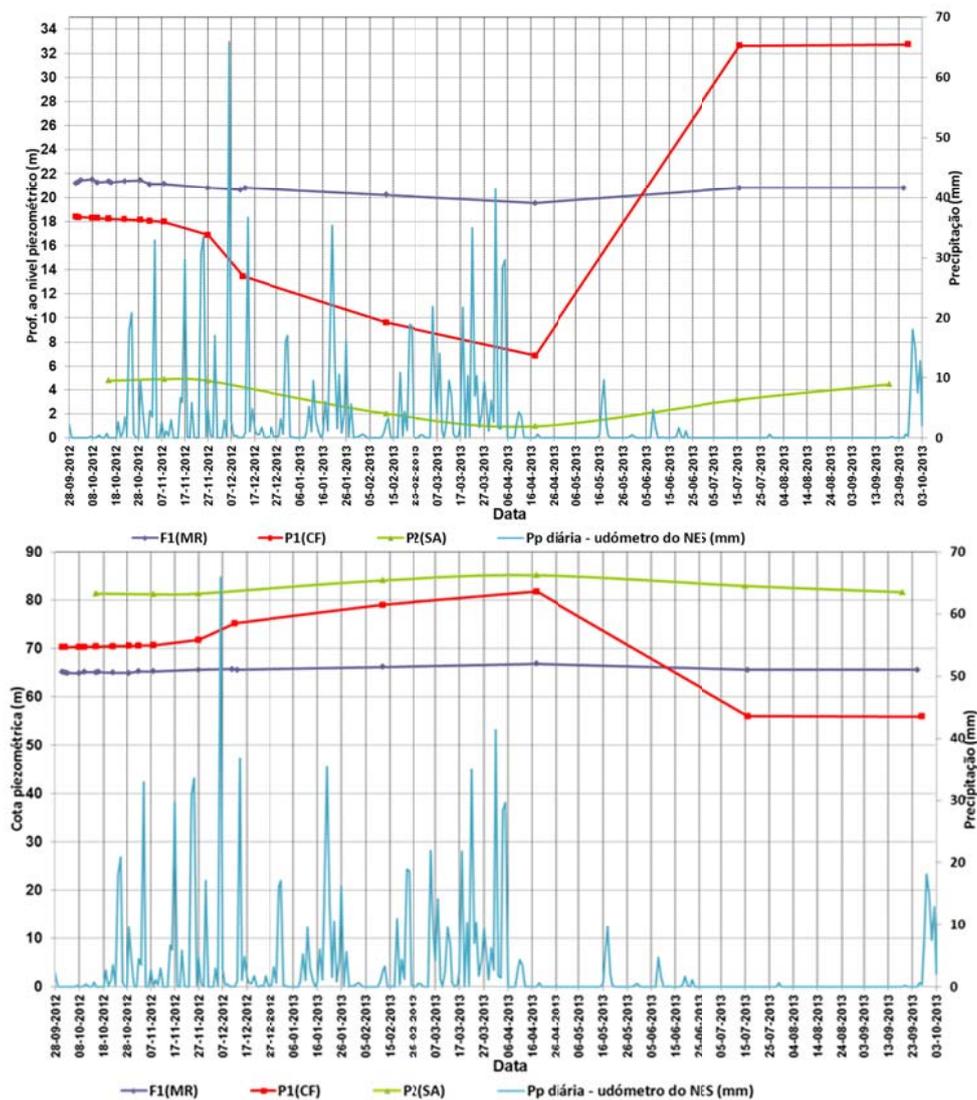


Figura 2.6 – Profundidade ao nível piezométrico e cotas piezométricas nos poços F1(MR), P1(CF) e P2(SA)

Quadro 2.2 - Valores máximos, mínimos e médios das profundidades ao nível piezométrico e cotas piezométricas nos poços P1(CF), F1(MR) e P2(SA) durante o ano hidrológico 2012-2013

Poço	Prof. ao nível piezométrico (m)			Cota piezométrica (m)		
	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio
F1(MR)	21,52	19,54	21,01	64,87	66,85	65,38
P1(CF)	32,72	6,87	18,41	55,92	81,77	70,23
P2(SA)	4,88	0,97	3,57	82,5	85,1	81,19

Nota: valores calculados com base nas medições do Anexo II

2.1.3 Análise dos resultados obtidos com recurso a sondas de registo automático

O Anexo III apresenta os gráficos dos registos da profundidade ao nível piezométrico obtidos com sondas automáticas CTD instaladas nos poços F1(MR) e P1(CF) e nas caves do Edifício Principal ponto designado por N1(AO). São, igualmente, apresentados os gráficos com as correspondentes cotas piezométricas.

Os resultados mostram que o poço F1(MR) apresenta um valor aproximadamente constante do nível piezométrico médio, embora demonstre a ocorrência alternada de períodos de descida e de recuperação de níveis piezométricos, com subidas dos níveis que alternam com períodos mais longos de descida. Estas oscilações demonstram o efeito do fluxo das águas de drenagem das caves do edifício principal. Não ocorreu extração de água deste poço para a rega dos jardins durante o período em análise.

O poço P1(CF) apresenta valores da profundidade ao nível piezométrico aproximadamente constantes entre outubro e novembro, verificando-se a subida da cota piezométrica a partir finais do mês de novembro de 2012 (cerca de um mês após o início do período chuvoso). Note-se que a Figura 2.6 mostra a subida do nível piezométrico, que atingiu um valor máximo de 6,87 m (cota piezométrica = 81,77 m) em abril de 2013. Em julho de 2013, altura em que foram retomadas as medições verificou-se, devido à extração excessiva de água, a descida do nível piezométrico para o valor de 32,63 m (cota piezométrica = 56,01 m) o que levou ao esgotamento do poço até à profundidade da bomba.

Relativamente aos valores da profundidade ao nível da água registados na cave do Edifício Principal ponto N1(AO), estes demonstram a ocorrência de períodos de descida e recuperação com valores médios da ordem dos 7,04 m (cota = 79,92 m). Os valores mais altos registaram-se no decurso de operações de manutenção em julho de 2013 - foi necessário proceder à extração total de água que afluía às caves ficando a mesma sem água até à base à profundidade de 7,56 m (cota = 79,40 m).

2.1.4 Ensaio de recarga artificial

Com o intuito de aproveitar a água usada na calibração de caudalímetros e que se encontrava no tanque do LEHID, procedeu-se à injeção desta no poço P1(CF), tendo sido utilizada simultaneamente para a rega dos jardins.

A Figura 2.7 apresenta o desenho esquemático da parede lateral do tanque do LEHID desde o topo das escadas de acesso à base do tanque. O ensaio foi realizado no período entre as 10:26 h do dia 4 de julho e as 13:00 h do dia 10 de julho de 2013, quando ocorreu o esvaziamento do tanque. A extração de água foi sendo interrompida ao final de cada dia de ensaio com arranque da bomba ao início da manhã do dia seguinte. Imediatamente antes do início do ensaio foi medida a profundidade inicial da água no poço P1(CF) e no tanque tendo-se registado os valores de 34,17 m e 2,06 m respetivamente.

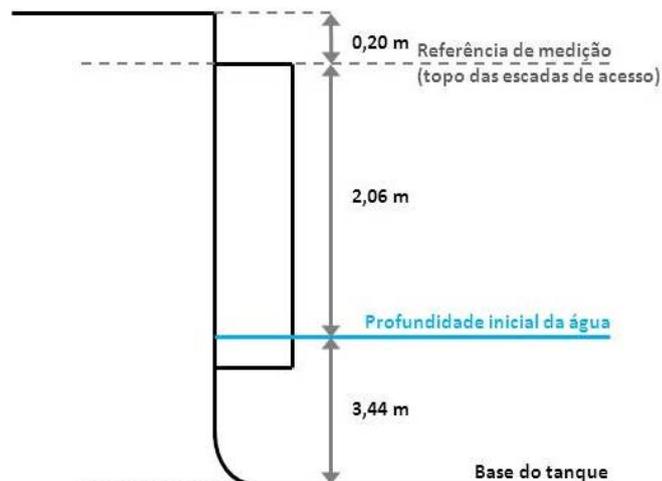


Figura 2.7 – Desenho esquemático da parede lateral do tanque do LEHID (junto às escadas de acesso)

O Anexo IV apresenta a variação dos valores da profundidade ao nível da água no poço P1(CF) e no tanque. Da análise destes valores é possível concluir que o volume injetado no período entre as 9:55 h e as 18:06 h do dia 9 de julho é de aproximadamente 42 m^3 (correspondente a uma altura de água de 5,85 m no poço) em 8 horas, o que permite calcular uma capacidade de recarga de $5,25 \text{ m}^3/\text{h}$. Por outro lado, o volume utilizado para a rega nas 15 horas seguintes foi de aproximadamente 19 m^3 (correspondente a uma altura de 2,7 m no poço). Da análise efetuada pode-se inferir que existe uma correlação entre os volumes injetados nos dois períodos em que a sonda ficou fora de água (entre 4 de julho às 21:44 h e 5 de julho às 11:35 h e entre 7 de julho às 21:13 h e 8 de julho às 14:00 h):

Os registos indicam que às 11:35 h do dia 5 de julho, a sonda ficou imersa na água, tendo a mesma registado o valor de 30,80 m e, após a paragem da bomba, o valor de 25,98 m às 17:35 h. Estima-se assim, que ocorreu uma subida do nível da água no poço de 4,82 m (o que corresponde ao volume aproximado de 34 m^3) durante 6 horas. Com base nestes valores calcula-se que a capacidade de recarga foi de $5,66 \text{ m}^3/\text{h}$.

No dia 8 de julho às 14:00 h, a sonda iniciou os registos da profundidade ao nível da água de 30,80 m atingindo os 27,80 m às 18:06 h. Estima-se que a recuperação da profundidade ao nível da água no poço foi de 3 metros durante cerca de 4 horas, a qual corresponde a um volume aproximado de 21 m^3 e ao valor de recarga de $5,25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Entre o final do dia 5 e o início do dia 8 de julho observaram-se dois períodos de perdas de água no poço (com diminuição dos níveis) em que os volumes perdidos são muito semelhantes, refletindo os intervalos em que se procedeu à rega.

2.2 Monitorização da qualidade das águas subterrâneas e análise dos resultados obtidos

A monitorização contínua de parâmetros globais da qualidade das águas subterrâneas foi realizada com recurso a sondas CTD nos pontos F1(MR) e N1(AO) e P1(CF), com a medição da condutividade elétrica (que regista a variação da concentração em iões maiores na água) e da temperatura.

As figuras apresentadas no Anexo V mostram os registos contínuos da CE da água e da precipitação durante o ano hidrológico 2012-2013. O Quadro 2.3 apresenta a síntese dos valores máximos, mínimos e médios dos registos obtidos nos períodos entre outubro de 2012 a abril de 2013 e maio a setembro de 2013.

Quadro 2.3 - Valores da CE (mS/cm) máximos, mínimos e médios registados nos poços P1(CF), F1(MR) e na cave do Edifício Principal N1(AO)

Designação	Outubro de 2012 a abril de 2013			Maio a setembro de 2013		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
F1(MR)	1,47	0,89	1,15	1,66	1,33	1,51
N1(AO)	1,78	0,77	1,30	6,24	0,66	1,81
P1(CF)	1,51	1,48	1,50	1,50	1,28	1,44

No ponto N1(AO) observam-se os valores médios da CE mais elevados (=1,81 mS/cm), cuja origem poderá estar relacionada com fugas na rede de águas residuais contribuindo para a degradação da qualidade das águas no poço F1(MR) para onde são drenadas. De facto, pelo menos no período entre dezembro de 2012 e abril de 2013, observa-se uma clara correlação entre os valores de CE destes dois pontos. Os gráficos do Anexo V mostram também que a CE diminui (para valores médios de 1,30 mS/cm) após eventos de ocorrência de precipitação (entre outubro de 2012 a abril de 2013), como resultado da diluição pelas águas de precipitação que afluem para as caves do edifício principal. No período seco (maio a 2013 a setembro de 2013), chegam às caves do edifício principal, águas mais poluídas tendo-se registado o valor máximo de 6,24 mS/cm no mês de agosto de 2013. Nesse período não se observa oscilação no poço F1(MR), possivelmente por não ter havido drenagem da água a partir do ponto N1(AO).

3 | Medição dos volumes de água extraídos das caves do Edifício Principal

Para avaliar a quantidade de água extraída das caves do Edifício Principal foi instalado um medidor de caudal eletromagnético. As medições dos caudais acumulados foram efetuadas em várias datas (Quadro 3.1).

O volume total medido no período entre 20 de novembro de 2012 e 25 de setembro de 2013 é de 3736,6 m³. Os dados mostram que 70% do volume total foi medido durante o período mais chuvoso (entre novembro de 2012 e abril de 2013) e 30% no período entre maio e setembro de 2013 refletindo o período de menor precipitação. O gráfico da Figura 3.1 representa os volumes medidos e a precipitação acumulada no intervalo de tempo.

Deve referir-se que existe uma lacuna de medições, entre 23 de abril e 25 de setembro, resultando num volume acumulado de 1118,2 m³. No entanto se considerarmos que este valor corresponde ao volume extraído durante 5 meses (maio a setembro) verificamos que o volume médio extraído por mês durante este período (volume médio de 223,64 m³/mês) é bastante inferior aos volumes extraídos nos meses mais chuvosos, como abril (com um volume extraído de 946 m³) ou janeiro (463 m³) apontando para a clara relação entre a precipitação, apesar da lacuna de medições.

Quadro 3.1 - Volumes extraídos durante o período de registo temporal (20-11-2012 e 25-09-2013)

Data	Horas de funcionamento da bomba (h)	Intervalo de tempo (d)	Tempo acumulado (d)	Vol. total medido (m ³)	Volume medido no intervalo de tempo (m ³)	Caudal (m ³ /dia)	Débito da bomba = Vol./n.º de horas que funcionou (m ³ /h)	Precipitação acumulada no intervalo de tempo (mm)
20-11-2012	0,5	1	1	5,2	5,2	5,20	10,40	5,9
21-11-2012	0,4	1	2	8,6	3,4	3,40	8,50	0,1
22-11-2012	0,35	1	3	12,2	3,6	3,60	10,29	0
23-11-2012	0,75	1	4	19,2	7	7,00	9,33	0
26-11-2012	4	3	7	59,2	40	13,33	10,00	64,6
27-11-2012	1,1	1	8	69,9	10,7	10,70	9,73	4,6
29-11-2012	1,8	2	10	87,4	17,5	8,75	9,72	0,5
03-12-2012	3,7	4	14	123,3	35,9	8,98	9,70	17,1
06-12-2012	2,5	3	17	144,6	21,3	7,10	8,52	69
11-12-2012	7,6	5	22	184,4	39,8	7,96	5,24	3,7
17-12-2012	7	6	28	253,3	68,9	11,48	9,84	45,1
21-12-2012	4,7	4	32	299,5	46,2	11,55	9,83	3
26-12-2012	5	5	37	349,4	49,9	9,98	9,98	2,3
03-01-2013	9,6	8	45	443,30	93,9	11,74	9,78	37,8

Data	Horas de funcionamento da bomba (h)	Intervalo de tempo (d)	Tempo acumulado (d)	Vol. total medido (m ³)	Volumen medido no intervalo de tempo (m ³)	Caudal (m ³ /dia)	Débito da bomba = Vol./n.º de horas que funcionou (m ³ /h)	Precipitação acumulada no intervalo de tempo (mm)
07-01-2013	4	4	49	482,6	39,3	9,83	9,83	0
22-01-2013	22,7	15	64	705,8	223,2	14,88	9,83	94,2
28-01-2013	10,9	6	70	813,1	107,3	17,88	9,84	37,5
04-02-2013	10,4	7	77	915,3	102,2	14,60	9,83	1,6
12-02-2013	12	8	85	1032,7	117,4	14,68	9,78	3,5
20-02-2013	12	8	93	1150,3	117,6	14,70	9,80	19,1
26-02-2013	11,1	6	99	1258,4	108,1	18,02	9,74	39,1
04-03-2013	9,3	6	105	1350,2	91,8	15,30	9,87	0,9
13-03-2013	18,9	9	114	1535,5	185,3	20,59	9,80	68,6
20-03-2013	14	7	121	1672,4	136,9	19,56	9,78	35,5
01-04-2013	31,5	12	133	1979,2	306,8	25,57	9,74	125,5
10-04-2013	34,9	9	142	2320,2	341	37,89	9,77	64,1
23-04-2013	29,6	13	155	2618,4	298,2	22,94	10,07	8,6
25-09-2013	117,9	155	310	3736,6	1118,2	7,21	9,48	29,4
TOTAL		310			3736,6			781,3

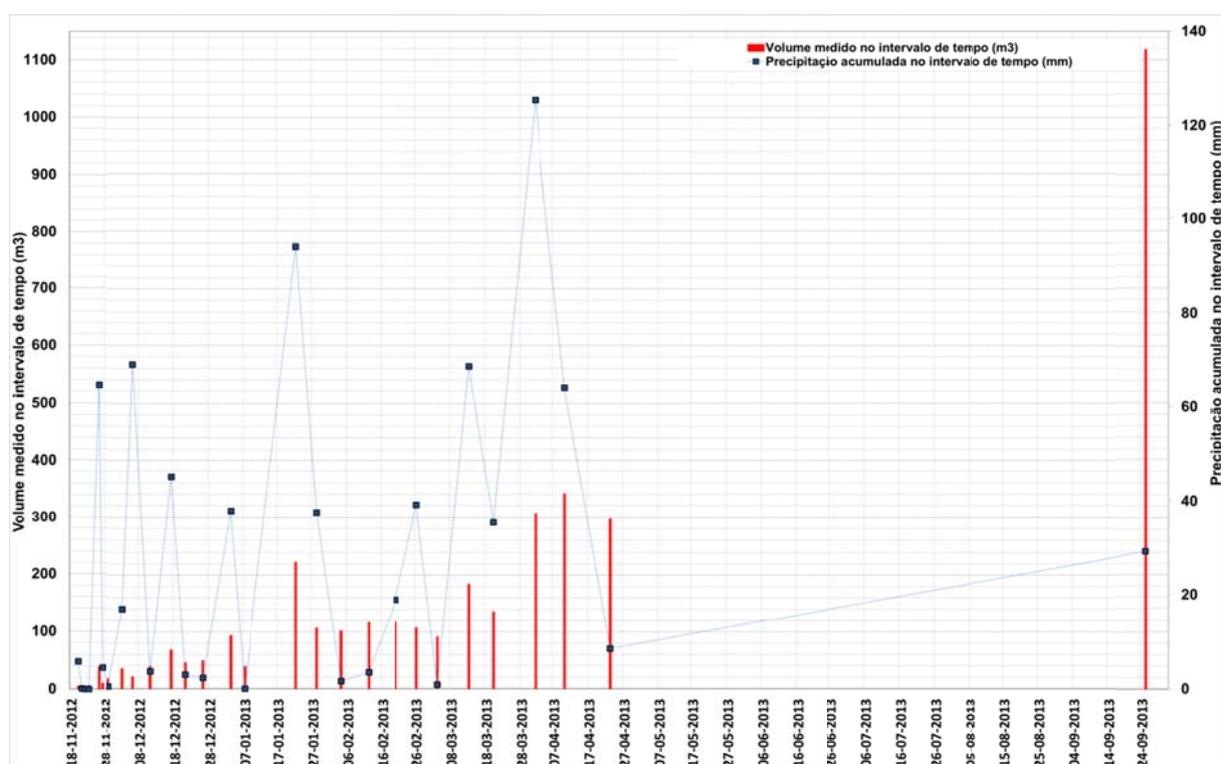


Figura 3.1 – Volumes de água extraídos (medidos no caudalímetro) e precipitação acumulada no período entre 20-11-2012 e 25-09-2013

4 | Conclusões

Os registos da precipitação e dos níveis piezométricos medidos durante ao ano hidrológico de 2012-2013, nos sete pontos de águas subterrâneas existentes no *campus* do LNEC, permitiram verificar que existe uma correlação entre as variações da precipitação e a piezometria bem como os volumes de água que afluem às caves do Edifício Principal no ponto N1(AO).

Os resultados mostram que os pontos Poço F1(MR) e poço P1(CF) são os que apresentam maior estabilidade dos níveis, no primeiro caso possivelmente como resultado da entrada frequente de água vinda do ponto N1(AO) no Edifício Principal. Contrariamente, o poço P1(CF) é aquele que apresenta maiores oscilações, por um lado como resultado de ser o mais utilizado para rega, mas também porque o processo de construção e/ou as formações geológicas envolventes não permitem a recuperação rápida dos níveis piezométricos.

No ponto N1(AO) observam-se valores médios da CE mais elevados cuja origem poderá estar relacionada com fugas na rede de águas residuais contribuindo para a degradação da qualidade das águas no poço F1(MR) para onde são drenadas. Em termos gerais a CE diminui após eventos de ocorrência de precipitação como resultado da diluição pelas águas de precipitação.

Em termos da medição dos volumes de água drenados pelo sistema de bombagem instalado nas caves do Edifício Principal, o volume total medido em 10 meses foi de 3736,6 m³. Estima-se que 70% (2618,4 m³) foi drenado entre novembro de 2012 e abril de 2013, no período mais chuvoso, e 30% (1118,2 m³) entre maio a setembro de 2013, refletindo o período de Verão.

O ensaio de injeção no poço P1(CF) com água dos tanques do LEHID permitiu avaliar o volume de utilizado para rega de 19 m³, refletindo-se num rebaixamento do nível piezométrico de 2,7 m no poço, registado durante aproximadamente 15 horas.

Em suma os dados recolhidos durante o ano hidrológico de 2012-2013 permitiram obter uma perspetiva geral do funcionamento em termos hidrogeológicos, bem como reforçar a importância da gestão do recurso durante os meses secos e permitindo criar diretivas de funcionamento da rega no *campus* evitando o esgotamento e danos nas estruturas dos furos.

Lisboa, LNEC, agosto de 2014

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



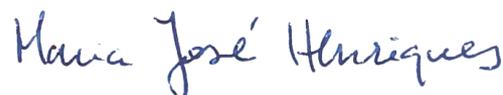
Maria Teresa Viseu

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Rafaela de Saldanha Matos

AUTORIA



Maria José Henriques
Técnico Superior - DHA/NRE



Tiago Martins
Bolsheiro de Experimentação
LNEC - DHA/NRE



Teresa E. Leitão
Investigadora Principal com Habilitação

Referências Bibliográficas

Coelho, M.J.B. - Desenvolvimentos do Método das Ondas Superficiais no Âmbito da Geotecnia. Dissertação elaborada no Laboratório Nacional de Engenharia Civil para obtenção do grau de Doutor em Ciências de Engenharia pela Universidade Técnica de Lisboa no âmbito do protocolo de cooperação entre o IST e o LNEC. Lisboa, IST, 2011.

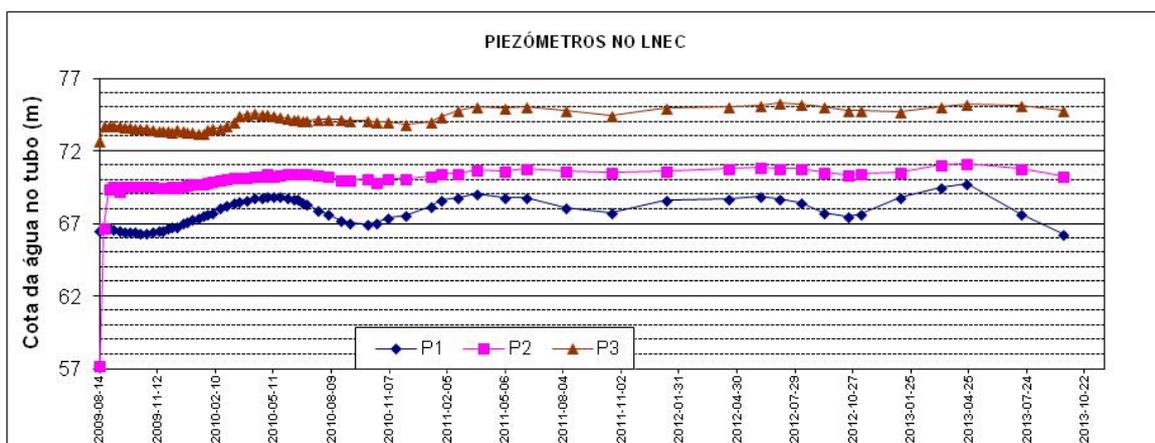
Lobo Ferreira J.P., Henriques, M.J., Martins, T.M., Leitão T. E., Novo, E.M., Oliveira, M.M., Oliveira L.S., Pope, L. - Estudo da Viabilidade de Utilização das Águas, Subterrâneas do Campus do LNEC, Nomeadamente para Abastecimento aos Modelos Físicos do Pavilhão de Hidráulica Marítima. Estudo elaborado no Âmbito do Projeto DHA Solidário e do PIP 2009-2012 "Obras de Engenharia e Hidrogeologia Urbana" Lisboa, março de 2013. Relatório 104/2013, 118 pp.

Anexos

**Anexo I - Profundidades ao Nível Piezométrico nos Piezômetros
PZ1, PZ2 e PZ3 – Ponto PZ(S3), no Interior da Sondagem S3**

Data da medição	P1		P2		P3	
	Prof. Água (m)	Cota Água (m)	Prof. Água (m)	Cota Água (m)	Prof. Água (m)	Cota Água (m)
2009-08-14	22,68	66,55	31,97	57,26	16,55	72,68
2009-08-21	22,54	66,69	22,52	66,71	15,49	73,74
2009-08-28	22,56	66,67	19,80	69,43	15,47	73,76
2009-09-04	22,58	66,65	19,70	69,54	15,51	73,72
2009-09-14	22,66	66,57	19,99	69,24	15,51	73,72
2009-09-21	22,79	66,44	19,68	69,55	15,55	73,68
2009-09-29	22,78	66,45	19,66	69,57	15,57	73,66
2009-10-08	22,81	66,42	19,65	69,58	15,63	73,60
2009-10-16	22,87	66,36	19,69	69,54	15,65	73,58
2009-10-26	22,83	66,40	19,67	69,56	15,69	73,54
2009-11-05	22,76	66,47	19,70	69,53	15,77	73,47
2009-11-13	22,71	66,52	19,73	69,50	15,80	73,44
2009-11-20	22,66	66,57	19,72	69,51	15,86	73,37
2009-11-27	22,54	66,69	19,71	69,52	15,85	73,39
2009-12-04	22,48	66,75	19,65	69,58	15,88	73,35
2009-12-11	22,41	66,82	19,73	69,50	15,74	73,49
2009-12-21	22,14	67,09	19,67	69,56	15,85	73,38
2009-12-28	22,08	67,15	19,54	69,69	15,91	73,32
2010-01-05	21,93	67,30	19,47	69,76	15,94	73,29
2010-01-14	21,82	67,41	19,44	69,79	16,01	73,22
2010-01-22	21,67	67,56	19,46	69,77	16,02	73,21
2010-01-29	21,60	67,63	19,43	69,80	15,76	73,47
2010-02-05	21,46	67,77	19,35	69,88	15,69	73,54
2010-02-17	21,15	68,08	19,20	70,03	15,62	73,61
2010-02-26	20,98	68,25	19,15	70,08	15,50	73,73
2010-03-10	20,77	68,46	19,08	70,15	15,21	74,02
2010-03-19	20,66	68,57	19,01	70,22	14,79	74,44
2010-03-30	20,58	68,65	19,01	70,22	14,73	74,50
2010-04-12	20,41	68,82	18,96	70,27	14,61	74,62
2010-04-23	20,40	68,83	18,92	70,31	14,74	74,49
2010-04-30	20,36	68,87	18,82	70,41	14,72	74,51
2010-05-10	20,36	68,87	18,94	70,29	14,78	74,45
2010-05-21	20,38	68,85	18,85	70,38	14,87	74,36
2010-06-01	20,45	68,78	18,83	70,40	14,96	74,27
2010-06-11	20,50	68,73	18,82	70,41	15,09	74,14
2010-06-17	20,56	68,67	18,80	70,43	15,08	74,15
2010-06-25	20,81	68,42	18,83	70,40	15,10	74,13
2010-07-02	20,85	68,38	18,83	70,40	15,12	74,11

Data da medição	P1		P2		P3	
	Prof. Água	Cota Água	Prof. Água (m)	Cota Água	Prof. Água	Cota Água (m)
2010-07-19	21,29	67,94	18,88	70,35	15,07	74,16
2010-08-04	21,54	67,69	18,93	70,30	15,05	74,18
2010-08-23	22,02	67,21	19,19	70,04	15,08	74,15
2010-09-06	22,20	67,03	19,18	70,05	15,12	74,11
2010-10-04	22,28	66,95	19,10	70,13	15,15	74,08
2010-10-18	22,15	67,08	19,42	69,81	15,21	74,02
2010-11-05	21,85	67,38	19,12	70,11	15,23	74,00
2010-12-03	21,62	67,61	19,14	70,09	15,41	73,82
2011-01-10	21,02	68,21	18,98	70,25	15,19	74,04
2011-01-26	20,60	68,63	18,78	70,45	14,88	74,35
2011-02-22	20,43	68,80	18,81	70,42	14,43	74,80
2011-03-23	20,18	69,05	18,54	70,69	14,20	75,03
2011-05-05	20,40	68,83	18,60	70,63	14,30	74,93
2011-06-07	20,45	68,78	18,43	70,80	14,19	75,04
2011-08-08	21,10	68,13	18,60	70,63	14,48	74,75
2011-10-18	21,50	67,73	18,74	70,49	14,83	74,40
2012-01-11	20,60	68,63	18,64	70,59	14,28	74,95
2012-04-16	20,56	68,67	18,40	70,83	14,19	75,04
2012-06-05	20,35	68,88	18,35	70,88	14,12	75,11
2012-07-04	20,55	68,68	18,41	70,82	13,94	75,29
2012-08-07	20,80	68,43	18,47	70,76	13,97	75,26
2012-09-11	21,48	67,75	18,71	70,52	14,16	75,07
2012-10-19	21,70	67,53	18,84	70,39	14,40	74,83
2012-11-08	21,53	67,70	18,83	70,40	14,47	74,76
2013-01-08	20,42	68,81	18,74	70,49	14,53	74,70
2013-03-12	19,75	69,48	18,22	71,01	14,19	75,04
2013-04-22	19,50	69,73	18,09	71,14	14,01	75,22
2013-07-15	21,59	67,64	18,47	70,76	14,09	75,14
2013-09-19	22,96	66,27	19,00	70,23	14,48	74,75

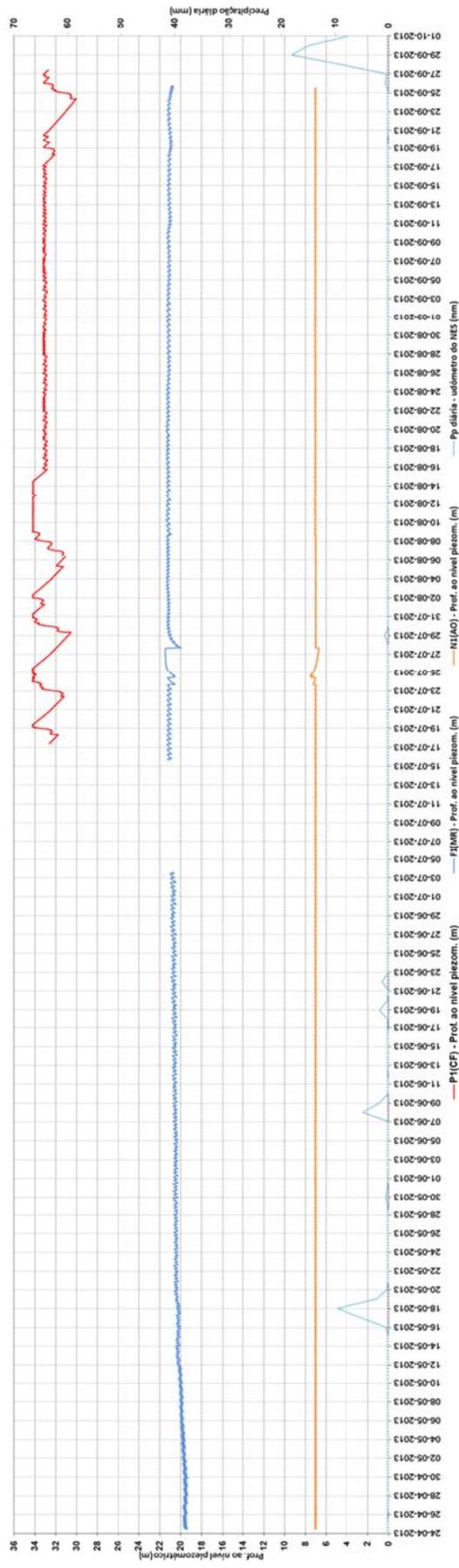
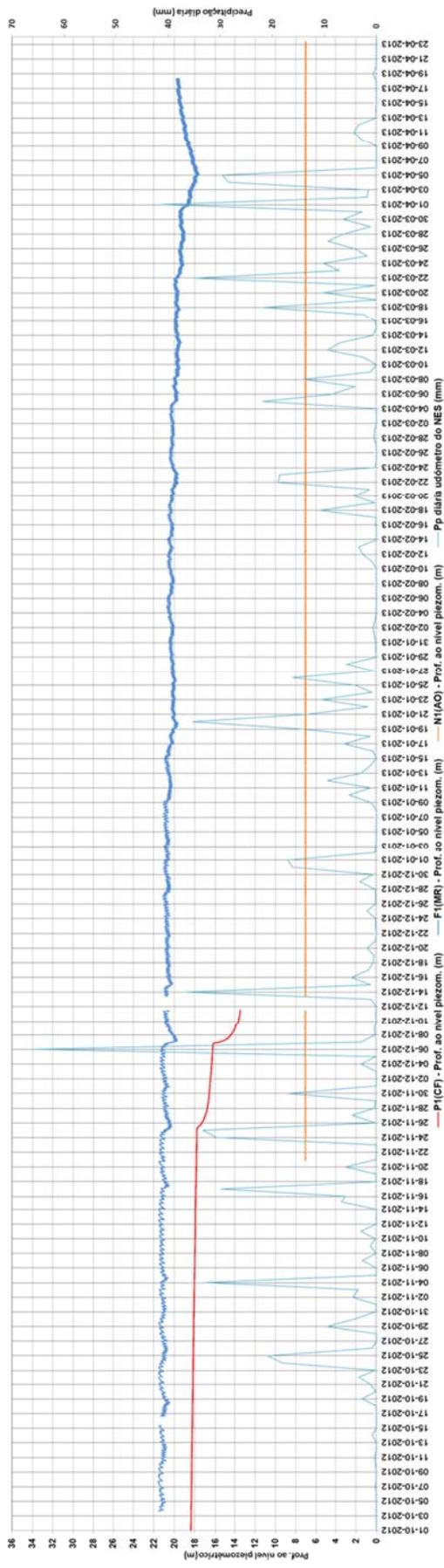


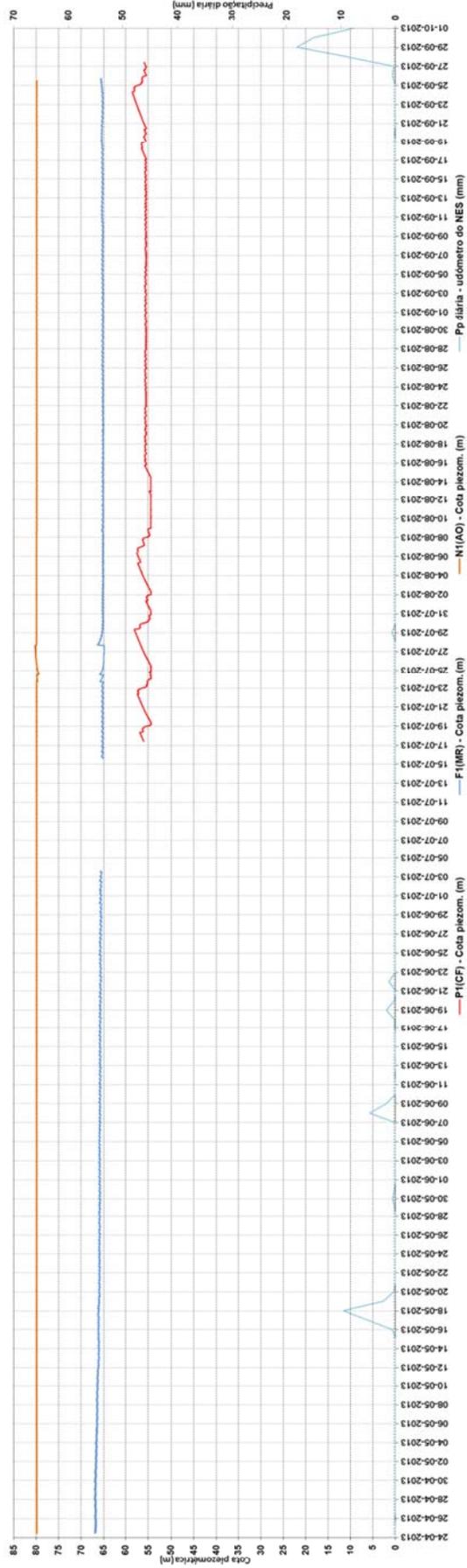
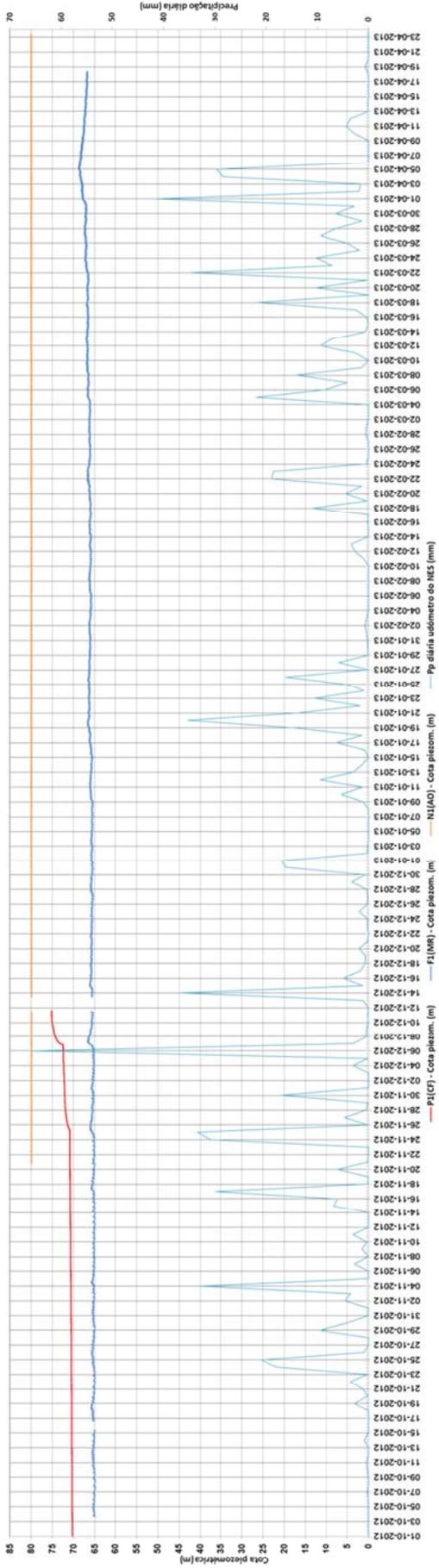
Fonte: Coelho (2011)

Anexo II - Profundidades ao Nível Piezométrico nos Poços F1(MR), P1(CF) e P2(SA)

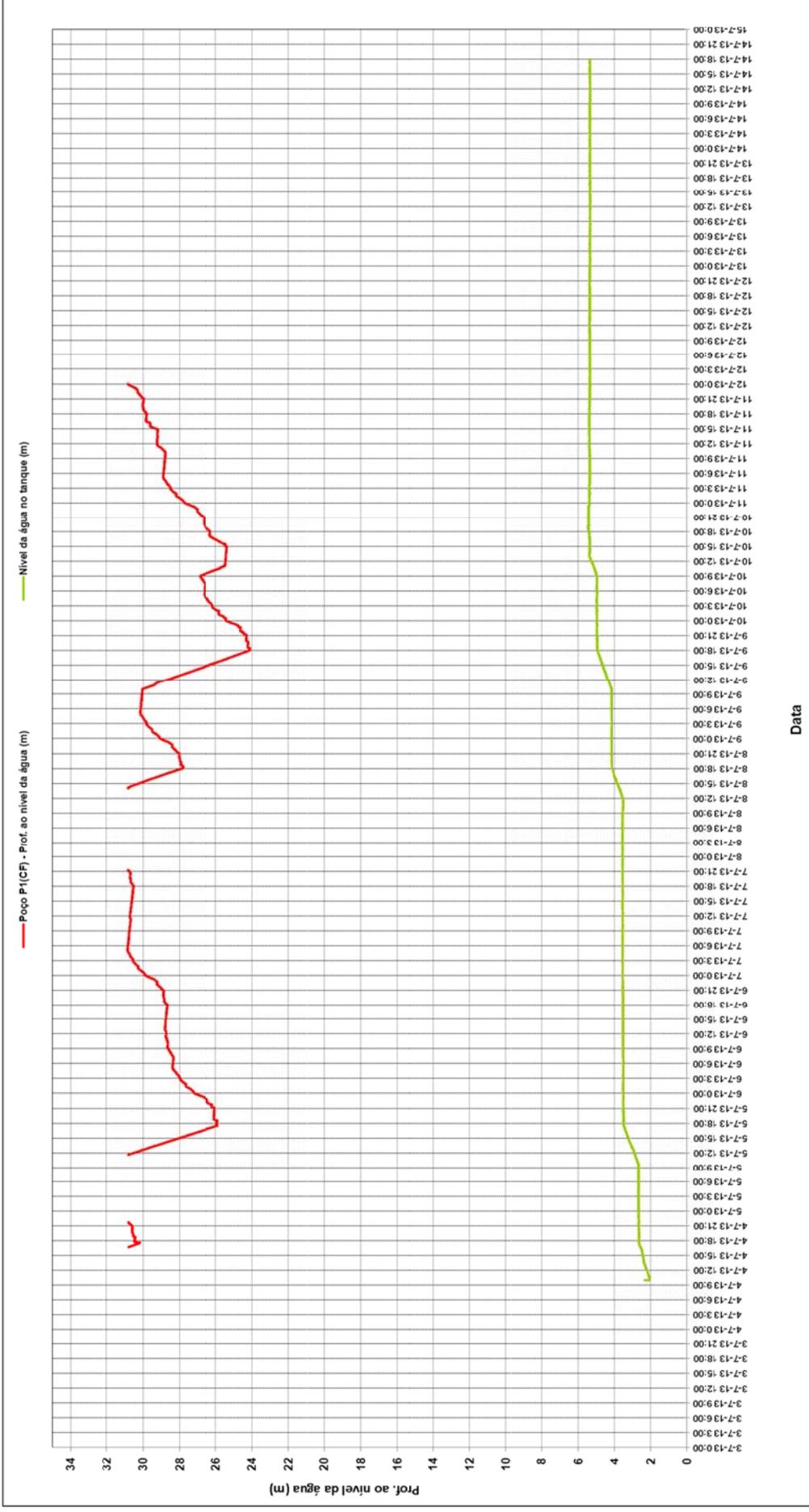
Poço	Data da medição	Prof. ao nível piezom. (m)	Cota piezom. (m)	Espessura saturada (m)
F1(MR)	01-10-2012	21,20	65,19	15,80
	02-10-2012	21,31	65,08	15,69
	03-10-2012	21,45	64,94	15,55
	08-10-2012	21,52	64,87	15,48
	10-10-2012	21,28	65,11	15,72
	15-10-2012	21,34	65,06	15,67
	16-10-2012	21,26	65,13	15,74
	22-10-2012	21,38	65,01	15,62
	29-10-2012	21,45	64,94	15,55
	02-11-2012	21,13	65,26	15,87
	08-11-2012	21,15	65,24	15,85
	27-11-2012	20,80	65,59	16,20
	11-12-2012	20,65	65,74	16,35
	13-12-2012	20,82	65,57	16,18
	12-02-2013	20,23	66,16	16,77
	18-04-2013	19,54	66,85	17,46
	16-07-2013	20,80	65,59	16,20
	25-09-2013	20,82	65,57	16,18
P1(CF)	01-10-2012	18,38	70,26	20,62
	02-10-2012	18,37	70,27	20,63
	08-10-2012	18,30	70,34	20,70
	10-10-2012	18,29	70,35	20,71
	15-10-2012	18,24	70,40	20,76
	22-10-2012	18,18	70,46	20,82
	29-10-2012	18,12	70,52	20,88
	02-11-2012	18,06	70,58	20,94
	08-11-2012	17,98	70,66	21,02
	27-11-2012	16,87	71,77	22,13
	12-12-2012	13,47	75,17	25,53
	12-02-2013	9,63	79,01	29,37
	18-04-2013	6,87	81,77	32,13
	16-07-2013	32,63	56,01	6,37
	27-09-2013	32,72	55,92	6,28
P2(SA)	15-10-2012	4,75	81,32	1,95
	08-11-2012	4,88	81,19	1,82
	27-11-2012	4,75	81,32	1,95
	12-02-2013	2,03	84,04	4,67
	18-04-2013	0,97	85,10	5,73
	15-07-2013	3,16	82,91	3,54
19-09-2013	4,45	81,62	2,25	

ANEXO III – Registo Automático das Profundidades ao Nível Piezométrico nos Poços P1(CF), F1(MR) e na Cave do Edifício Principal N1(AO)





ANEXO IV – Variação dos Valores da Profundidade ao Nível da Água no Poço P1(CF) e no Tanque do LEHID



ANEXO V - Registo Automático da Condutividade Elétrica da Água nos Poços P1(CF), F1(MR) e na Cave do Edifício Principal N1(AO)

