



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ACOMPANHAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO E DETERMINAÇÃO DA
CONDUTIVIDADE HÍDRICA DO SOLO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DA
RESSACADA CCA - UFSC**

RAPHAEL ZOMER NIERO

FLORIANÓPOLIS - SC
NOVEMBRO 2011

RAPHAEL ZOMER NIERO

**ACOMPANHAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO E DETERMINAÇÃO DA
CONDUTIVIDADE HÍDRICA DO SOLO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DA
RESSACADA CCA - UFSC**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antônio Augusto Alves Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como Requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

**FLORIANÓPOLIS - SC
NOVEMBRO 2011**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ACOMPANHAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO E DETERMINAÇÃO DA
CONDUTIVIDADE HÍDRICA DO SOLO NA FAZENDA EXPERIMENTAL DA
RESSACADA CCA - UFSC**

RAPHAEL ZOMER NIERO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como Requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antonio Augusto Alves Pereira
(Orientador)

Eng. Agrônomo MsC. Marcelo Venturi
(Membro da banca)

Eng. Agrônomo MsC. Nuno de Campos Filho
(Membro da banca)

FLORIANÓPOLIS - SC
NOVEMBRO 2011

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Juscelino e Jennifer por toda dedicação, auxílio, amor e carinho;

Aos meus familiares, pelos incentivos e momentos de apoio e alegria;

Ao professor Antonio Augusto Alves Pereira pela oportunidade e por toda orientação, dedicação e amizade durante a realização do estágio e ao longo da vida acadêmica;

Aos Eng. Agrônomos e a todos os funcionários da Fazenda Experimental da Ressacada, pela supervisão e auxílio nas atividades desenvolvidas neste trabalho e também pelas valiosas sugestões;

A todos os amigos e colegas da graduação pelo auxílio nas coletas, contribuindo direta ou indiretamente para realização das mesmas;

Aos amigos e agregados da turma 2007.1, especialmente: Augusto de Estefani Olivo, Diego Valentim Baggio, Elder Brand, Estevão Alberton, Matheus Furlan, Marcos Olivo, Paulo Rangel e Vitor Teixeira Ferreira pela amizade, companheirismo, momentos de confraternização e alegria durante a faculdade;

Ao colega Jonas Jessé por toda discussão e idealização do projeto

Muito Obrigado!

RESUMO

No trabalho buscou-se mapear e identificar o comportamento do nível do lençol freático na Fazenda Experimental da Ressacada e também determinar a condutividade hídrica do solo. Através do monitoramento em 16 pontos de observação permanentes instalados na área da fazenda foi possível investigar o nível do lençol freático e inferir sobre possíveis problemas de drenagem em zonas específicas. Os poços instalados durante o trabalho são definitivos e poderão contribuir para diferentes estudos ao longo do tempo na área da fazenda. Todo o trabalho de investigação da água subterrânea e da capacidade de drenagem do solo realizado durante o estágio servirá de auxílio para projetos de melhoria da drenagem, manejo do lençol freático e outros estudos que venham a ser realizados por acadêmicos, professores e pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina na área da Fazenda Experimental da Ressacada.

Palavras chave: investigação do nível freático; condutividade hídrica; poços de observação.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-------|
| Figura 1: Zonas no perfil da água subterrânea | Pg 5. |
| Figura 2: Esquema do poço de observação | Pg 12 |
| Figura 3: Poços antes da instalação | Pg 13 |
| Figura 4: Isolamento ao nível do solo, do poço número 6 na Fazenda Experimental da Ressacada. Florianópolis / SC | Pg 13 |
| Figura 5: Localização dos poços na área da fazenda experimental da ressacada no bairro Tapera. | Pg 14 |
| Figura 6: Esquema de leitura dos poços | Pg 15 |
| Figura 7: Leitura do nível estático do lençol freático | Pg 15 |
| Figura 8: Poço exploratório com marca de referência, próximo ao poço de numero 8 | Pg 16 |
| Figura 9: Bomba para rebaixamento do nível freático | Pg 17 |
| Figura 10: Esquema ilustrativo das medidas no poço exploratório. | Pg 17 |
| Figura 11: Divisor de águas na Fazenda Experimental da Ressacada | Pg 23 |
| Figura 12: Alto nível freático na área de pastagem | Pg 30 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|---------|
| Gráfico 1: Precipitação diária na estação meteorológica INMET de São José | Pg 20 |
| Gráfico 2: Variação do lençol freático no poço de observação 1 | Pg 21 |
| Gráfico 3: Variação do lençol freático no poço de observação 2 | Pg 21 |
| Gráfico 4: Variação do lençol freático no poço de observação 3 | Pg 21 |
| Gráfico 5: Variação do lençol freático no poço de observação 4 | Pg 22 |
| Gráfico 6: Variação do lençol freático no poço de observação 5 | Pg 22 |
| Gráfico 7: Variação do lençol freático no poço de observação 6 | Pg 22 |
| Gráfico 8: Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 1 | Pg 23 |
| Gráfico 9: Variação do lençol freático no poço de observação 7 | Pg 25 |
| Gráfico 10: Variação do lençol freático no poço de observação 8 | Pg 25 |
| Gráfico 11: Variação do lençol freático no poço de observação 9 | Pg 25 |
| Gráfico 12: Variação do lençol freático no poço de observação 10 | Pg 26 |
| Gráfico 13: Variação do lençol freático no poço de observação 16 | Pg 26 |
| Gráfico 14: Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 2 | Pg 26 |
| Gráfico 15: Variação do lençol freático no poço de observação 11. | Pg 27 |
| Gráfico 16: Variação do lençol freático no poço de observação 1 | . Pg 27 |
| Gráfico 17: Variação do lençol freático no poço de observação 13 | Pg 28 |
| Gráfico 18: Variação do lençol freático no poço de observação 14 | Pg 28 |
| Gráfico 19: Variação do lençol freático no poço de observação 15 | Pg 28 |
| Gráfico 20: Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 3 | Pg 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-------|
| Tabela 1: Leituras no nível freático | Pg 19 |
| Tabela 2: Leituras a partir do tempo para determinação da condutividade hídrica | Pg 29 |
| Tabela 3: Classes de valores para condutividade hídrica | Pg 29 |

SIGLAS E ABREVIATÖES

Ks = condutividade hídrica do solo saturado (m/dia);

Δy = Diferença entre as leituras y'0 e y't, obtidas durante a determinação de Ks (cm). A seleção do valor de y't depende do resultado do teste inicial apresentado acima;

y'0 = altura entre o nível da água no poço após seu rebaixamento e a marca de referência na estaca (cm);

y't = altura entre o nível da água no poço e a marca de referência na estaca após a recuperação ocorrida nos intervalos de tempo Δt (cm);

Δt = intervalo de tempo entre as leituras y'0 e y't (s);

r = raio do poço (cm);

H = altura entre o fundo do poço e o nível freático, após o equilíbrio (cm);

W = altura entre o nível da água no poço, após o equilíbrio com o lençol freático, e a marca de referência na estaca (cm);

$$y = \frac{y'0 + y't}{2} - w \text{ (cm)} \quad \mathbf{y}$$
 é a carga hidráulica média durante a determinação

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1. Investigação da água subterrânea | 6 |
| 2.2. Determinação da condutividade hídrica do solo (ks)..... | 7 |
| 3. OBJETIVOS | 11 |
| 3.1. Objetivo Principal | 11 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 11 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1. Confeção e Instalação dos poços de observação do lençol freático | 12 |
| 4.2. Acompanhamento do nível freático nos poços | 14 |
| 4.3. Determinação da condutividade hídrica do solo | 16 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 5.1. Acompanhamento do nível freático nos poços | 19 |
| 5.1.1 Área 1 | 20 |
| 5.1.2. Área 2 | 24 |
| 5.1.2. Área 3 | 27 |
| 5.1 Determinação da condutividade hídrica (ks) do solo..... | 32 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 34 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |
| ANEXOS | 39 |

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são essenciais para o meio ambiente e ocupam 70% da superfície terrestre. Apesar da enorme quantidade existente, e realmente utilizável pelo homem é relativamente pequena, ou seja, 0,002% do volume total. Este volume coincide aproximadamente com a água que escoar de todos os continentes em um ano. Por outro lado, a água doce manipulável pelas atividades humanas distribui-se de forma irregular de região para região. Num determinado momento pode-se considerar que 96% são águas subterrâneas, 2% constituem os lagos e menos de 1% está presente nos rios. O balanço hídrico de uma área continental leva em conta as chuvas, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração no subsolo, escoamento básico e recarga profunda (Companhia de tecnologia de saneamento ambiental - CETESB, 1978).

A formação dos lençóis subterrâneos tem origem na infiltração e percolação das águas pluviais e superficiais, através das camadas permeáveis, das falhas nas estratificações, das fendas e de discordâncias de camadas geológicas (TUCCI, 1993).

O lençol freático serve como suprimento de água para as atividades humanas, carrega sais, nutrientes e poluentes provindos de atividades agrícolas, industriais e minerações. Sendo assim é necessário um melhor conhecimento dos fatores ligados a ele que possa gerar tecnologia para potencializar o uso sustentável dos recursos hídricos e minimizar os impactos sobre os mesmos. O levantamento das condições em que se encontra a água subterrânea, quanto à identificação da posição do nível freático e sua dinâmica fornecem dados essenciais necessários para o desenvolvimento de modelos da dinâmica da água subterrânea e para projetar, implementar e monitorar a efetividade de programas de manejo e proteção das águas subterrânea. (RAMOS, 2009).

A drenagem possibilita o aumento do número anual de dias favoráveis às operações agrícolas mecanizadas, além de proporcionar ambiente adequado ao desenvolvimento das raízes das culturas (FERREIRA, 2001).

Sendo a condutividade hídrica do solo um parâmetro que traduz a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil de solo, sua determinação, principalmente no campo, torna-se imprescindível, visto que o movimento da água no solo está diretamente relacionado à produção das culturas agrícolas.

A condutividade hídrica saturada do solo (k_s) é uma propriedade físico-hídrica do solo fundamental no dimensionamento de sistemas de irrigação e na orientação de práticas de manejo do solo e de recursos hídricos (ESPÍRITO SANTO, 2011).

Na realização do estágio de conclusão de curso ocorreu a confecção, instalação e monitoramento de 16 poços de observação do nível freático na Fazenda experimental da Ressacada, administrada pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. A atividade buscou observar o nível e as oscilações do lençol freático, servindo de base para um melhor conhecimento da situação de drenagem atual na área. Também foi realizado o método a campo para determinação da condutividade hídrica em determinada área. O trabalho foi orientado e supervisionado pelo professor do departamento de Engenharia Rural da Universidade de Santa Catarina, Antônio Augusto Alves Pereira, doutor em Irrigação e Drenagem.

A Fazenda Experimental da Ressacada encontra-se localizada no município de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina, no Bairro da Tapera, nas coordenadas geográficas $27^{\circ} 41' 06.28''S$ e $48^{\circ}32' 38.81''O$. Possui uma área de $1.834.300 \text{ m}^2$ (em escritura), contudo $1.697.900 \text{ m}^2$ de área real. Desta, aproximadamente 233.900 m^2 são ocupados por vegetação nativa (Floresta Ombrófila Densa); 288.890 m^2 são banhados (manchas de formações pioneiras com influência fluvial) e apenas 695.000 m^2 de área útil. Geologicamente a fazenda encontra-se em área formada por processos de sedimentação marinha com nível de altitude do solo variando entre 2 e 4 m em relação ao nível do mar (<http://fazenda.ufsc.br/descricao-fisica/> Acesso em 10/11/2011.).

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999). Portanto trata-se de um solo constituído com predominância de areia, com cor escura devido ao alto teor de matéria orgânica presente pela presença constante de água no solo, devido ao alto nível do lençol freático. Este alto nível do lençol freático em determinados locais impede o deslocamento de máquinas e inviabiliza a mecanização da área, bem como cultivo das principais culturas em alguns meses do ano.

O estudo elaborado neste estágio permitirá conhecer as variações no nível do lençol freático em diferentes pontos da fazenda da Ressacada, orientando as decisões de utilização do solo e os cuidados visando impedir sua contaminação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O processo natural de drenagem é a remoção da água por gravidade da superfície do solo e da zona radicular dos cultivos. Em engenharia, drenagem é o controle que se exerce sobre a altura do lençol freático com objetivo de proporcionar umidade e uma ótima aeração para o desenvolvimento radicular das culturas (MILLAR, 1978).

Segundo Goedert (1985), as variabilidades espaciais do solo, excesso de umidade e flutuações do lençol freático, entre outros fatores, constituem problemas que dificultam a incorporação dos terrenos de várzea ao processo produtivo.

Um adequado controle do lençol freático seja controlando a irrigação (alta eficiência), ou mediante sistemas artificiais (rede de drenagem) traz como consequência uma série de benefícios para a terra agrícola. Os solos com alta umidade apresentam uma aeração deficiente, a água preenche os poros vazios em que antes havia oxigênio. Esta falta de aeração afeta gradativamente o rendimento das culturas ao reduzir a taxa de oxigênio. (MILLAR, 1978)

Tanto a acumulação de sais no vacúolo das células da raiz quanto o seu transporte para a parte aérea (xilema), consomem energia que é liberada na respiração aeróbica. Portanto, a absorção e o transporte de nutrientes ficam altamente comprometidos quando o arejamento do solo é deficiente. Além disto, a maior concentração de CO₂ reduz a permeabilidade dos tecidos da raiz, reduzindo conseqüentemente, a absorção de minerais (MELLO, 2004).

Segundo Van't Woudt e Hagan (1967), são inúmeros os benefícios obtidos devido a remoção do excesso de água do solo no controle do nível do lençol freático:

- i. Melhor aeração do solo;
- ii. Aumento na atividade das minhocas;
- iii. Aumento da profundidade efetiva para o sistema radicular;
- iv. Aumento na capacidade de armazenamento de água no solo.

Ainda segundo Grable (1966) uma aeração deficitária no solo pode gerar toxicidade de alguns elementos nutritivos. O excesso de água faz com que certos elementos deste fiquem disponíveis para a planta, podendo inclusive alcançar níveis tóxicos. Entre outros, se produz uma mineralização de Fe, Co, Mn, Cu, Zn, S. Este excesso gera também o aumento do pH do solo pois elétrons excedentes da respiração dos organismos são descarregados em compostos que se reduzem, os quais reagem com o H⁺ do meio, diminuindo sua concentração.

A magnitude dos danos provocados pelo encharcamento sobre os rendimentos das culturas esta diretamente relacionada com a duração da inundação. As culturas apresentam diferentes graus de tolerância ao excesso de água, sendo específico para cada planta. O conhecimento do efeito da profundidade do lençol freático sobre os rendimentos relativos é um auxiliar para destinar determinadas áreas a cultivos específicos. Cada cultura possui um limite de tolerância apresentando uma diminuição nos rendimentos cada vez que se ultrapasse este limite (MILLAR, 1978).

Nos solos encharcados, o aquecimento é retardado em função de alguns fatores. O calor específico da água é cinco vezes maior do que a matriz seca do solo, conseqüentemente para uma mesma radiação solar incidente, o solo com água demora mais a aquecer que um solo seco. A condutividade térmica da água é maior que a do solo seco, o aquecimento superficial durante o dia é rapidamente propagado para as camadas inferiores do solo durante a noite, reduzindo a sua temperatura. Em decorrência da evaporação superficial, em solos úmidos, a água é facilmente desprendida da matriz, necessitando, portanto, de menor aquecimento do solo para a retirada de água (MELLO, 2004).

A água de um curso natural é alimentada basicamente pelo lençol freático. Quando isso ocorre continuamente, o curso é perene ou efluente. Quando o nível freático é rebaixado durante certo tempo, o curso passa a ser intermitente ou afluente. A verificação do nível de um curso d'água ou lago que estejam em contato com o lençol freático é de grande utilidade (CRUCIANI, 1987).

A recarga do lençol compreende: a) percolação (Q_p) proveniente da precipitação e irrigação através da zona insaturada do solo (zona de transmissão); b) infiltração (Q_{inf}) proveniente de canais e cursos d'água naturais, cujo nível é superior ao nível freático; c) fluxo ascendente (Q_a) proveniente das camadas inferiores do aquífero devido a uma pressão artesiânica; d) fluxo de entrada lateral (Q_{el}) proveniente de uma área adjacente onde o nível freático é mais elevado do que na área em questão (CRUCIANI, 1987).

A drenagem é necessária em regiões de clima úmido e subúmido, para eliminar o excesso de água na superfície e no perfil do solo e, em regiões de clima árido e semiárido, para manter a concentração de sais na solução do solo em níveis toleráveis para as plantas (FERREIRA, 2003).

A primeira caracterização do problema de drenagem é feita mediante observações do nível freático (ou lençol freático) efetuadas através de poços de abastecimento existentes na

região, poços de observação especialmente perfurados para esse fim, instalação de piezômetros e observação de canais, cursos d'água, lagos, etc. (CRUCIANI, 1987).

A drenagem superficial local é realizada na área do problema e consiste em um conjunto de drenos e de obras de sistematização do terreno. Segundo Coote e Zwerman (1970) são três principais métodos de drenagem superficial:

- Conformação (land grading) = é utilizada em drenagem para produzir declividades em terras muito planas ou para alterar topografia muito irregular, produzindo vários níveis que permitam a irrigação por gravidade. Utiliza-se quando considera a irrigação por gravidade em combinação com a drenagem superficial.
- Camalhões (bedding) = Método mais antigo utilizado para drenagens superficiais. Consiste no movimento do solo para criar uma superfície côncava/convexa que permita um rápido movimento das águas superficiais. Na parte mais alta (convexa) são plantadas as culturas e na parte côncava ficam os drenos. O sistema mais simples de camalhões constitui o sulcamento para o plantio e irrigação
- Sistematização simples (land smooting) = Este método consiste na eliminação de pequenas depressões e lombadas que impedem o movimento da água. Os drenos coletores de água superficial são traçados em forma irregular tratando de comunicar todas as áreas mais baixas.

Objetivamente, a solução ideal para um solo com excesso de água, consiste na instalação de um sistema de drenagem adequado.

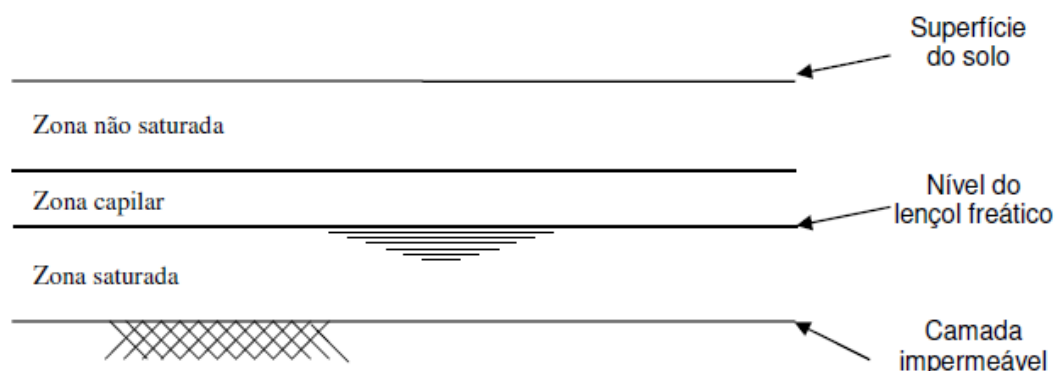


Figura 1. Zonas no perfil da água subterrânea

O objetivo fundamental dos estudos e pesquisas de campo envolve a necessidade de reconhecer o problema como única forma de se dispor de elementos de julgamento suficientes para proceder ao diagnóstico do mesmo. Estas determinações são utilizadas para planejar tratamentos de recuperação dos solos já afetados pelo lençol freático elevado (MILLAR, 1978).

Na realização do estágio, fiz o acompanhamento de levantamentos desenvolvidos pelo Laboratório de Irrigação e Drenagem (LABIRD) na Fazenda Experimental da Ressacada, que servirão de base para a elaboração do projeto final de drenagem a ser instalado na área futuramente.

2.1. Investigação da água subterrânea

Williamson e Kriz (1970) estudaram os níveis do lençol sob vários aspectos. Verificaram que em solos de textura grosseira exigem um lençol mais elevado para um ótimo rendimento do que solos de textura fina. Alguns valores recomendados por vários pesquisadores indicam a profundidade do lençol de 60 a 90 cm para solos arenosos e 100 a 150 para solos argilosos, embora isso dependa muito da cultura (CRUCIANI, 1987).

Para a determinação da profundidade do lençol freático e suas flutuações ao longo do ano, podem ser instalados poços de observação em toda a área (MELLO, 2004).

Os trabalhos de pesquisa e estudos a campo possibilitam reconhecer os verdadeiros níveis do lençol freático na área e também as possíveis oscilações que possam ocorrer com as precipitações. Estes dados coletados nos estudos são elaborados e apresentados graficamente como forma de auxiliar o diagnóstico do problema. Os poços de observação são perfurações de pequeno diâmetro, da ordem de 2 a 4 polegadas, feitas especialmente para esse tipo de estudo. Suas paredes em geral não são revestidas ou impermeabilizadas. São facilmente perfuradas a mão com um trado especial e se aprofundam um pouco além do nível freático (da ordem de um metro ou menos) (CRUCIANI, 1987).

A densidade de pontos de observação deve ser tal que permita um levantamento adequado com um máximo de informações sem trabalho ou custos excessivos. Percebe-se que muitas vezes é difícil harmonizar esses requisitos. Não há para isso uma regra determinada, prevalecendo apenas o bom senso (CRUCIANI, 1987).

Segundo Ridder (1974) a recomendação é de uma densidade de vinte poços de observação para uma área de 100 ha. Lembrando que a precisão obtida é inversamente proporcional à área estudada. Para uma completa avaliação das condições do lençol frequentemente é aconselhável estender as observações além dos limites da área em questão, a fim de identificar melhor as regiões de entrada e saída do fluxo subterrâneo.

O procedimento de leitura pode ser feito mediante um dos três métodos recomendados. O mais simples é através da observação do umedecimento de uma fita métrica. O segundo processo indicado é um dos mais exatos e consiste na observação do fechamento de um circuito elétrico provido de uma bateria, quando a extremidade do fio

condutor duplo toca o nível de água. O terceiro e mais vantajoso pelo registro contínuo do nível e suas oscilações é o uso de um linígrafo (CRUCIANI, 1987). O linígrafo opera com um sistema de bóia e contra peso destinado ao registro gráfico contínuo da medição de níveis d'água para qualquer amplitude de variação do nível.

O estudo e a pesquisa para realização de um projeto necessitam passar por diferentes etapas: (a) reconhecimento, que define preliminarmente as áreas de possível aproveitamento de recursos agrícolas; (b) plano diretor, para definir a ordem de prioridade os planos para a programação dos estudos de viabilidade econômica; (c) viabilidade, onde se demonstra a viabilidade econômica do projeto com objetivo de captação de recursos e obtenção de financiamento; (d) projeto executivo, detalhar todos os planos de trabalho para a execução das obras.

2.2. Determinação da condutividade hídrica do solo (ks)

A água no solo se encontra geralmente em movimento. Deste modo, quando é adicionada uma determinada quantidade de água num solo, como, por exemplo, através da irrigação ou chuva, ela penetra e redistribui-se no seu interior (LIBARDI, 1978). Estes fenômenos, de infiltração e movimento de água no solo, são importantes em aplicações práticas em áreas como hidrologia, hidrogeologia, engenharia agrônômica, engenharia de petróleo, engenharia ambiental, ciência dos solos, geofísica e gestão de recursos naturais (NARASIMHAN, 1998).

Muitos estudiosos mostraram que a umidade do solo é fundamental na determinação de fluxos de energia e umidade da terra à atmosfera. A evaporação da água do solo, os fluxos do calor sensível à atmosfera, a precipitação, a infiltração, o escoamento superficial, e a drenagem para as águas subterrâneas (água que sai da zona não-saturada e que entra na zona saturada) são também funções da umidade do solo (IRANNEJAD ; HENDERSON-SELLERS ; SHARMEEN, 2003).

A dinâmica da água no solo está diretamente relacionada com o desenvolvimento e produtividade das culturas. Planejamentos de uso da terra e proteção ambiental necessitam de informações globais sobre a qualidade da terra, bem como do risco de poluição dos aquíferos, capacidade de retenção de nutrientes ou degradação do solo em diferentes escalas. Algumas características são imprescindíveis, mas rotineiramente não são determinadas pela pesquisa de solo, como a retenção de água e condutividade hidráulica do solo saturado (DALBIANCO, 2009).

Conhecer a taxa de infiltração de água no solo se constitui em importante informação no manejo de micro bacias hidrográficas, seja de áreas sob vegetação nativa, com foco no

manejo ambiental principalmente do solo e dos recursos hídricos, seja de áreas com agrossistemas sustentáveis. As técnicas de conservação do solo levam em consideração seus atributos físicos no momento de orientar as práticas mais adequadas (ESPIRITO SANTO, 2011).

No caso do sistema solo, o fluido é a solução – tratada aqui simplesmente como água do solo – e o corpo sólido são as partículas minerais e orgânicas. Portanto, uma vez alterada a distribuição e o arranjo dos poros do solo, as propriedades de condutividade hidráulica também variam (BAGARELLO,1997).

A variabilidade espacial é dependente de vários fatores, tais como: variação do material de origem, clima, relevo, organismos vivos do solo, forma de manejo e uso do solo e, também, a escala de tempo transcorrida desde a sua formação. Em outras palavras, a variabilidade espacial depende de processos genéticos de formação do solo e/ou de técnicas de manejo decorrentes de seu uso agrícola (REICHARDT; TIMM, 2004).

A condutividade hídrica (k_s) é uma propriedade do solo que permitem o entendimento e a avaliação do comportamento da distribuição da água no perfil de solo com o tempo (BIASSUSI, 2001).

O parâmetro k_s é uma das propriedades físico-hídricas de maior relevância para estudos de movimento de água e solutos no solo (MESQUITA; MORAES, 2004). Conforme Klute (1965), o k_s pode fornecer informações indiretas sobre a estrutura e estabilidade estrutural de agregados do solo, pois é influenciada por atributos físicos que controlam a proporção entre as fases sólida, líquida e gasosa do solo.

Apesar de a condutividade hídrica do solo saturado (K_s) ser uma propriedade de grande variabilidade amostral, dificultando a diferenciação entre manejos, ela tem sido usada para caracterizar a qualidade estrutural do solo, sendo analisada juntamente com outras propriedades físico-hídricas. Essa propriedade representa o volume de um fluido que passa por um corpo sólido em um determinado tempo (LIBARDI, 2000).

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo pode auxiliar na definição das melhores estratégias para o manejo sustentável do solo. A variabilidade espacial configura a maioria dos fenômenos naturais, e entre eles, os parâmetros relacionados com o movimento de água no solo (QUEIROZ, 1995). A forte associação entre a macroporosidade e K_s faz com que pequenas mudanças no valor daquela alterem consideravelmente os valores dessa, tendo em vista que a densidade de fluxo que passa por um poro é proporcional à quarta potência de seu diâmetro (REICHERT et al., 2007)

A estimativa da condutividade hídrica do solo saturado por meio de equações matemáticas de regressão pode ser uma alternativa viável, rápida e econômica.

A infiltração de água no solo é proporcional à área da seção e à diferença de potencial total da água entre pontos considerados, podendo ser a superfície do solo e um ponto qualquer abaixo, e inversamente proporcional à distância entre estes dois pontos. A condutividade hidráulica se apresenta como o coeficiente de proporcionalidade entre a intensidade de fluxo e as grandezas citadas e expressa a facilidade com que a água se move no solo. Esta relação é descrita pela Lei de Darcy que, em 1856, escreveu uma equação que permite conhecer a condutividade hidráulica (LIBARDI, 2010).

A condutividade hídrica de um solo saturado é o principal parâmetro que determina sua capacidade de drenagem. Os métodos mais comuns para a sua determinação são: o método do permeâmetro de carga constante (método de laboratório) e o método de um poço na presença do lençol freático (método de campo). O método do poço é um método simples, rápido e preciso, que estima a condutividade hidráulica do solo saturado, da faixa de solo entre o lençol freático e o fundo do poço. (FERREIRA, 2003)

O método do poço direto a campo muito utilizado para medidas da variação do fluxo da água no solo é o método do perfil instantâneo. Neste método se obtêm, em um experimento de drenagem, os valores do teor de água do solo e potencial hidráulico do solo ao longo do tempo em algumas profundidades, possibilitando o cálculo do gradiente de potencial da água e a condutividade hidráulica do solo (BIASSUSI, 2001).

O método a campo é bastante simples: um poço deve ser escavado no solo por meio de um trado, até certa profundidade abaixo do nível freático. Após certo tempo, o nível da água dentro do poço entra em equilíbrio com o nível freático circundante. Uma parte da água é retirada, o que faz com que mais água passe a fluir das paredes do poço. A taxa de elevação do nível da água no poço é medida e posteriormente convertida através de fórmulas ou gráficos na condutividade hídrica do solo saturado (K_s).

Muitos pesquisadores têm comparado medidas da condutividade hídrica realizadas em laboratório e no campo. Bouwer (1962) e Dane (1980) obtiveram concordâncias razoáveis entre a condutividade hídrica saturada medida em campo e laboratório.

Wierenga et al. (1991) compararam os resultados da condutividade hídrica saturada obtida em laboratório com os obtidos em medidas a campo utilizando um permeâmetro de Guelph, concluindo que esta comparação possui concordância qualitativa, porém não quantitativa, pois a condutividade hidráulica saturada determinada no campo apresentou uma

maior variação nos valores do que a condutividade determinada em laboratório. Ainda segundo Saunders et al. (1978) a determinação da condutividade hídrica em condições de campo apresenta uma aproximação das condições reais, ao contrário do laboratório, que utiliza simples amostras de solo, podendo conduzir a erros ocasionados pela alteração das condições naturais.

A alta variabilidade da k_s pode chegar ao ponto de não permanecer constante no mesmo solo, em consequência das variações contínuas dos processos físicos, químicos e biológicos. Este é o principal problema que dificulta a obtenção de valores médios, que sejam representativos de grandes áreas agrícolas e que a partir de amostragens podem ser usados com segurança nos estudos da dinâmica da água no solo (CADIMA et al., 1980).

Referências na literatura mostram que os valores de K_s em uma área específica podem ser muito distintos, assumindo grande amplitude total e elevados coeficientes de variação (BREJDA et al., 2000; COOLEY, 1999; MESQUITA, 2001; MESQUITA et al., 2002; SILVA et al., 2008). Essa tendência de variação pode ser devido à dependência da k_s em relação ao volume de macroporos, da distribuição de partículas e da densidade do solo, além da existência de infiltrações referenciais ao longo da distribuição do sistema radicular (DALBIANCO, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Principal

Investigar as variações do nível freático e a condutividade hídrica do solo da Fazenda Experimental da Ressacada visando orientar o manejo da drenagem para fins de cultivo agrícola.

3.2. Objetivos específicos

1. Confeccionar e instalar 16 poços de observação do nível freático na Fazenda Experimental da Ressacada.
2. Acompanhar o nível do lençol freático nos poços de observação e suas variações em função da recarga devida às precipitações.
3. Determinar a condutividade hídrica a campo através do método do poço e analisar o valor obtido;
4. Disponibilizar informações que auxiliarão o reconhecimento da atual situação de drenagem da área.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Confeção e Instalação dos poços de observação do lençol freático

Os 16 poços foram protegidos do desmoronamento por meio da colocação de canos de poli cloreto de vinil (PVC) de duas polegadas, nos quais foram abertos ao longo de todo o seu comprimento diversas fendas para a entrada da água. As aberturas foram feitas manualmente com arco de serra fita espaçadas de 5 cm. Os tubos foram envoltos em uma manta de drenagem tipo geotêxtil (Figura 3) para impedir que o solo obstruísse o fluxo da água pelas aberturas feitas.

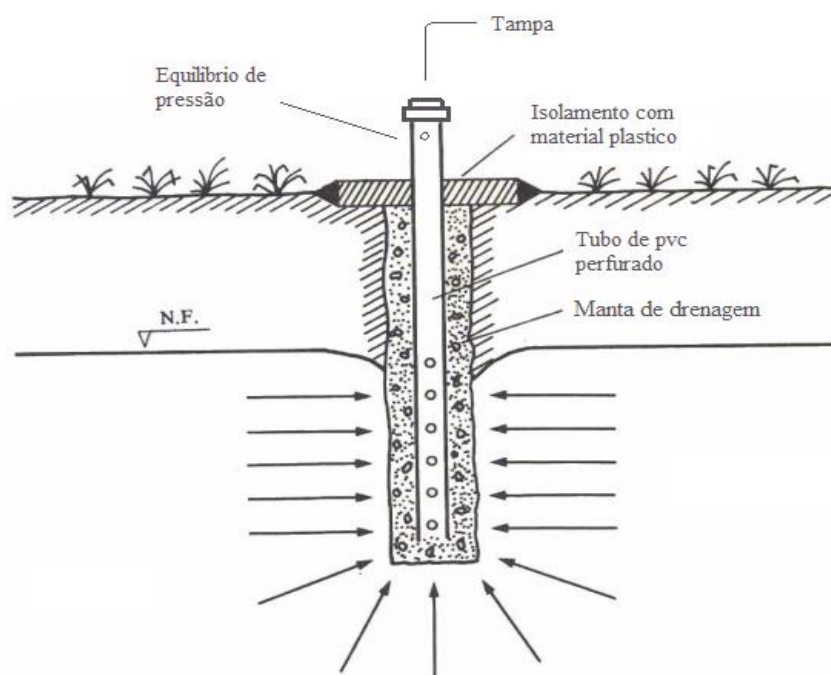


Figura 2. Esquema do modelo de poço de observação instalado (CRUCIANI, 1987).



Figura 3. Tubos de PVC revestidos com geotêxtil antes da instalação. (Foto: Raphael Niero, 2011)

A altura total dos poços de observação foi de 1,50 m; destes em média 1,20m se encontravam abaixo da superfície do solo. O isolamento ao nível da superfície como mostra a Figura 4 foi feito com 1m² de filme plástico visando impedir a infiltração da água pela lateral do tubo instalado. Como norma geral, utiliza-se uma profundidade de instalação igual à do sistema radicular, mais 1,0 (um) metro. Se com esta perfuração um estrato de características muito diferentes do superior for atravessado, é conveniente reduzir a profundidade. Se não existir esse risco, pode-se aprofundar um pouco mais. (MELLO, 2004)



Figura 4. Isolamento ao nível do solo. (Foto: Raphael Niero, 2011)

A localização dos poços (Figura 5) foi orientada por engenheiros agrônomos da Fazenda Experimental da Ressacada com o auxílio do professor orientador.

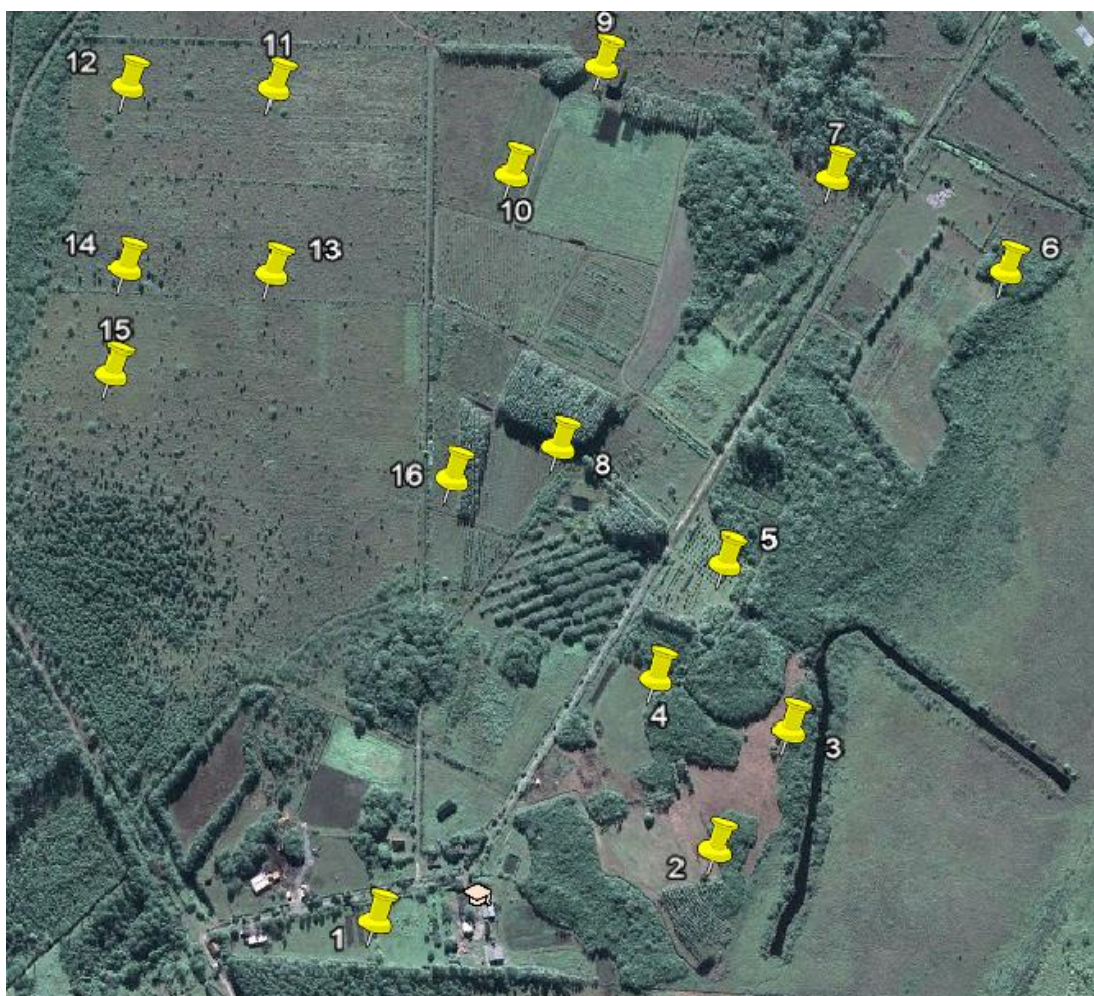


Figura 5. Localização dos poços na área da fazenda. (Foto: Imagem Satélite, Google 2011)

4.2. Acompanhamento do nível freático nos poços

As leituras foram realizadas por um período de 45 dias. Para medir o nível do lençol nos poços foi utilizada uma barra de ferro de construção de pequeno diâmetro, com 1,5 m de comprimento, envolta com giz, que serviu como régua de leitura. Ao introduzir a barra de ferro no poço, a marca de giz abaixo do nível estático do lençol freático desaparecia devido ao molhamento (Figura 6). A altura restante ainda marcada permitia a medição da profundidade do nível freático com uma trena, conforme mostra a Figura 7.

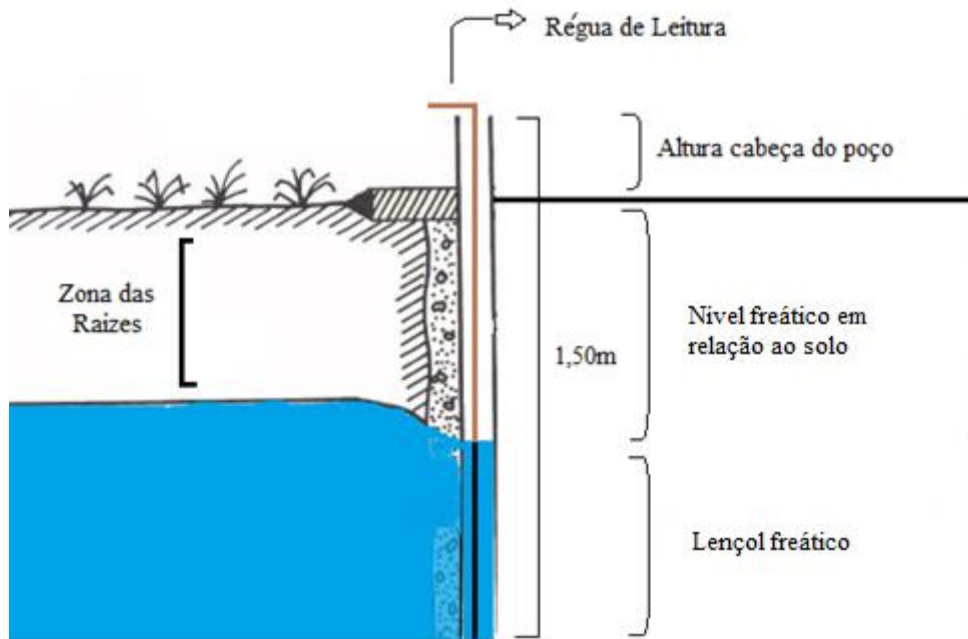


Figura 6. Esquema de leitura dos poços



Figura 7. Leitura do nível estático do lençol freático. (Foto: Raphael Niero, 2011)

Cada poço foi registrado com informações que o individualizam, tais como numeração, localização e elevação e altura da cabeça do tubo. As leituras revelam o verdadeiro nível freático nos 16 pontos. Foram realizadas 10 leituras no período de 05 de outubro a 17 de novembro de 2011.

4.3. Determinação da condutividade hídrica do solo

Para determinação a campo da condutividade hídrica (k_s) foi utilizado o método do poço. O ponto escolhido para realização da determinação do k_s foi próximo ao poço de observação de número 8, devido à proximidade com a área onde será implantado o sistema de irrigação com pivô central. Foi escavado um poço exploratório com um trado possuindo 8 cm de diâmetro. A profundidade da superfície do solo até o fundo foi 110 cm. Foi cravada uma estaca junto ao poço com uma marca de referencia a 50 cm acima do nível do solo como mostra a figura 8. A finalidade da marca de referencia é padronizar as leituras do nível da água no poço durante a determinação do k_s .



Figura 8. Poço exploratório com marca de referência. (Foto: Raphael Niero, 2011)

A água no poço foi rebaixada 25 cm, e foi monitorada a variação a cada 30 segundos. Para retirada da água foi utilizada uma bomba de sucção manual como mostra a Figura 9.



Figura 9. Bomba para rebaixamento do nível freático (Foto: Raphael Niero, 2011)

Foram realizadas leituras a cada 30 segundos até atingir o nível de equilíbrio estático do lençol. O nível de água registrado a partir da marca de referência no poço em equilíbrio se refere a W e Z .

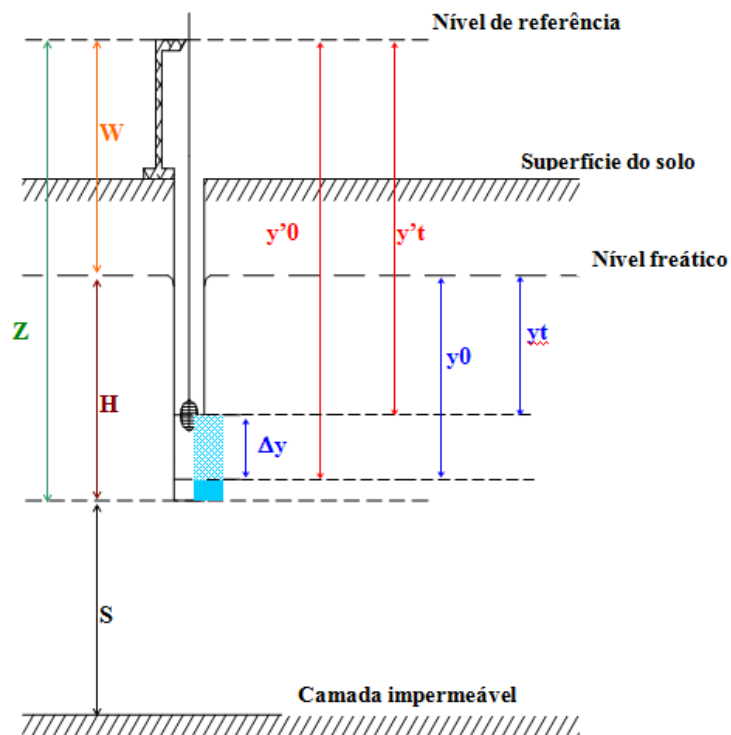


Figura 10. Esquema ilustrativo das medidas no poço exploratório

Para definir a altura entre o fundo do poço e a camada impermeável (S), foi utilizada informação de estudos anteriores, nas quais se determinou este valor em 2,0 metros. Antes do início dos cálculos selecionou-se dentre as leituras a campo que satisfizeram a seguinte expressão:

$$y'0 - y't \leq \frac{1}{4}(y'0 - W)$$

Como a altura entre o fundo do poço e a camada impermeável (S) é maior ou igual a metade da altura de água no poço (H/2) foram utilizadas as seguintes fórmulas para determinação do Ks:

$$K_s = C \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t}, \text{ sendo que C é dado pela equação}$$

$$C = \frac{4000 \cdot r^2}{(H + 20 \cdot r) \left(2 - \frac{y}{H} \right) \cdot y}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Acompanhamento do nível freático nos poços

As 10 leituras realizadas foram anexadas em uma tabela. Mesmo sem o levantamento altimétrico, em cada poço foi feita uma media geral da profundidade media a partir do nível do solo.

Tabela 1. Leituras no nível freático

| Poço | 05/10 | 10/10 | 12/10 | 14/10 | 18/10 | 21/10 | 26/10 | 01/11 | 08/11 | 17/11 | Média (cm) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 01 | 64,5 | 111 | 70 | 82 | 79 | 81 | 80 | 117 | 120 | 116 | 92 |
| 02 | 85 | 86 | 80 | 90 | 64 | 67 | 68 | 92 | 107 | 77 | 81 |
| 03 | 91 | 94 | 85 | 93 | 78 | 82 | 90 | 100 | 117 | 90 | 92 |
| 04 | 101 | 112 | 111 | 109 | 101 | 106 | 108 | 116 | 127 | 114 | 110,5 |
| 05 | 118,5 | 123,5 | 120,5 | 122 | 118,5 | 119 | 119,5 | 125,5 | 133,5 | 128,5 | 123 |
| 06 | 86 | 90 | 91 | 92 | 90 | 89 | 88 | 94 | 101 | 81 | 90 |
| 07 | 60 | 65 | 66 | 69 | 71 | 69 | 64 | 70 | 87 | 59 | 68 |
| 08 | 58 | 77 | 75 | 70 | 61 | 66 | 64 | 80 | 96 | 57 | 70 |
| 09 | 61 | 66 | 64 | 69 | 60 | 62 | 58 | 62 | 80 | 48 | 63 |
| 10 | 72 | 75,5 | 77 | 76 | 75,5 | 74 | 70 | 71,5 | 85 | 58,5 | 74 |
| 11 | 67,5 | 69 | 68 | 72 | 71 | 70 | 68 | 73 | 88 | 41 | 69 |
| 12 | 45 | 44 | 44 | 43 | 42 | 48 | 49 | 59 | 73 | 11 | 46 |
| 13 | 53 | 52 | 53 | 51 | 49 | 50 | 47 | 65 | 73 | 34 | 53 |
| 14 | 27 | 33 | 32 | 34 | 31 | 32 | 29 | 30 | 46 | 9 | 30 |
| 15 | 68 | 69 | 70 | 72 | 67 | 71 | 69 | 74 | 90 | 52 | 70 |
| 16 | 77 | 79 | 80 | 79 | 82 | 80 | 74 | 78 | 93 | 55 | 78 |

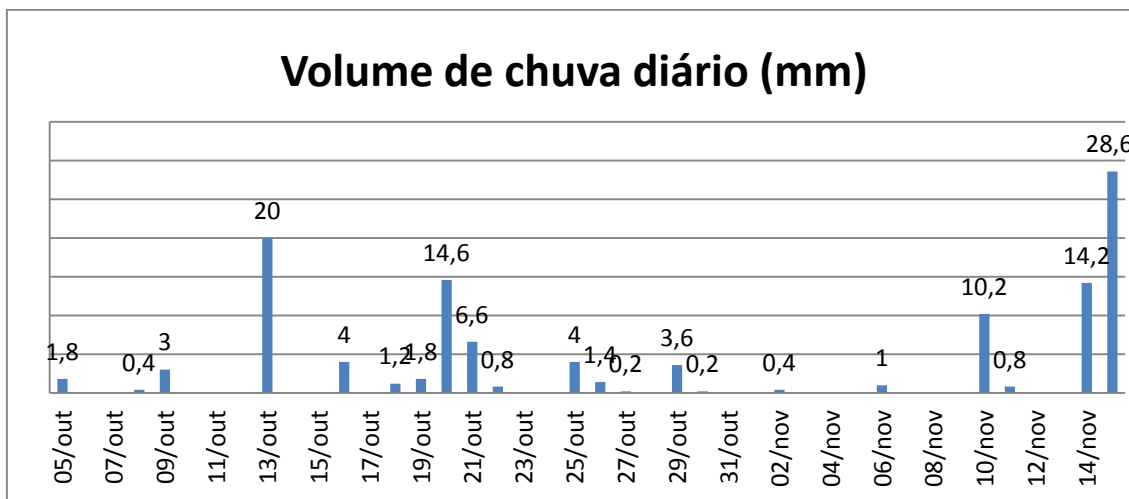
Para o estudo de águas subterrâneas, o período de leitura realizado durante o estágio não pode ser considerado levantamento completo. Os dados refletem o comportamento freático de um pequeno intervalo de tempo. Nos estudos de lençol freático são necessários anos de acompanhamento para poder inferir com certeza sobre sua dinâmica.

Embora a profundidade do lençol freático não tenha efeito direto no crescimento vegetal, ela influi indiretamente porque determina as condições de umidade do perfil e, portanto influi no suprimento de água a planta, nas condições de aeração e nas profundidades térmicas. Com a relação entre produção e profundidade do lençol depende largamente das condições climáticas locais, é difícil extrapolar resultados de um local para outro (CRUCIANI, 1987).

As leituras no nível estático do lençol freático apresentaram variações proporcionais, sendo sua elevação a partir das recargas devido às precipitações. O período dos dias em que

foi monitorado os poços, foram em geral de poucas chuvas significativas, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1. Precipitação diária na estação meteorológica INMET – Florianópolis / São José.



Fonte: INMET – Estação São José/Florianópolis

Pela falta de dados da precipitação da área da fazenda, foram utilizados os dados da estação do INMET em São Jose, área geograficamente próxima. Com isto alguns registros podem não condizer completamente com as precipitações na área de monitoramento.

As leituras da profundidade do lençol freático de cada poço por data foram expressas em gráficos para uma melhor visualização das oscilações do nível freático. Como alguns poços estão situados em uma mesma área de interesse, a interpretação dos gráficos foi dividida em áreas de uso semelhante para melhor interpretação acerca do uso agrícola dos solos.

5.1.1 Área 1

A área 1 compreende os poços a direita no croqui, poço 1 (área da horta); poços 2, 3 mais extremos a direita e 4 na área do abacaxi; poço 5 no pomar e 6 o ultimo na extrema da fazenda (Detalhes na Figura 5).

Gráfico 2. Variação do lençol freático no poço de observação 1

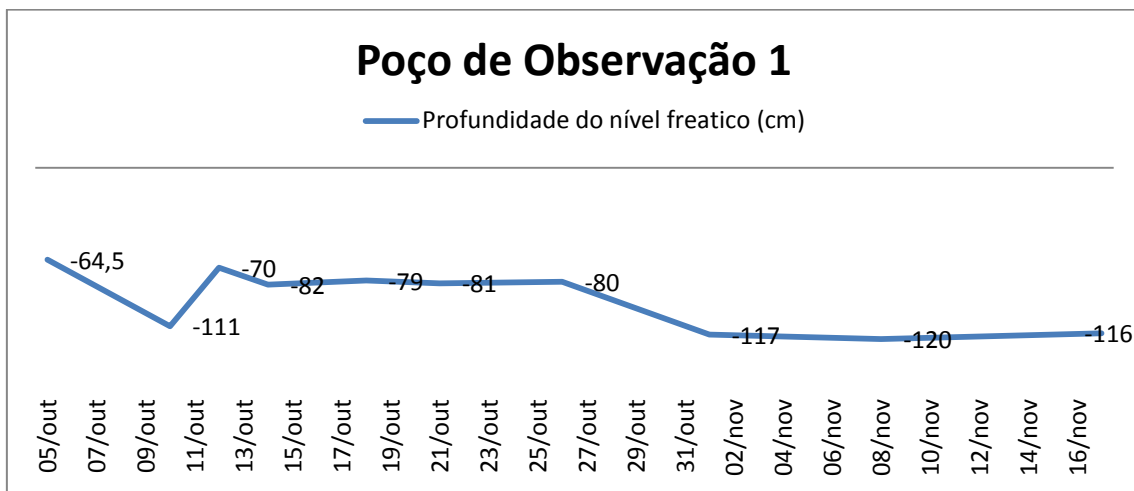


Gráfico 3. Variação do lençol freático no poço de observação 2

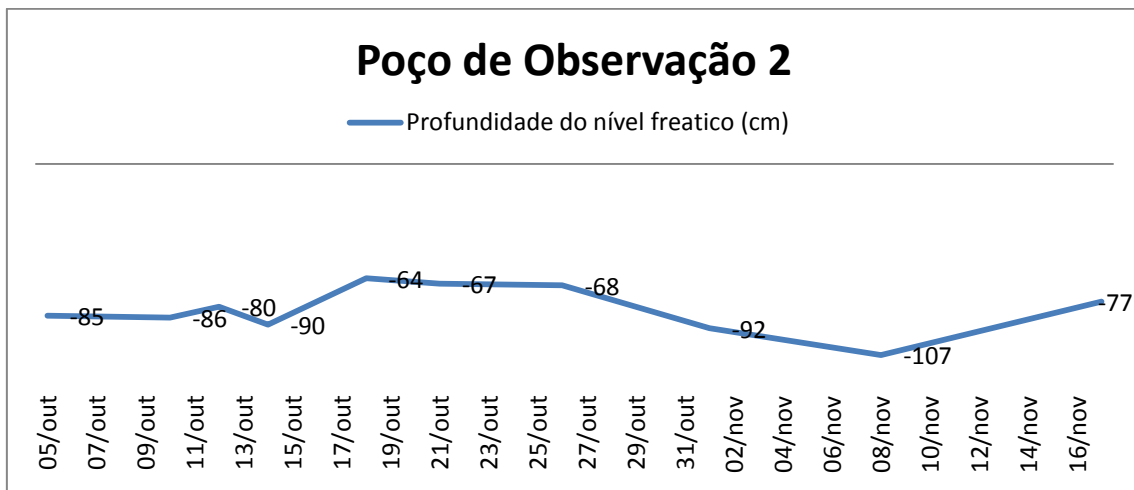


Gráfico 4. Variação do lençol freático no poço de observação 3

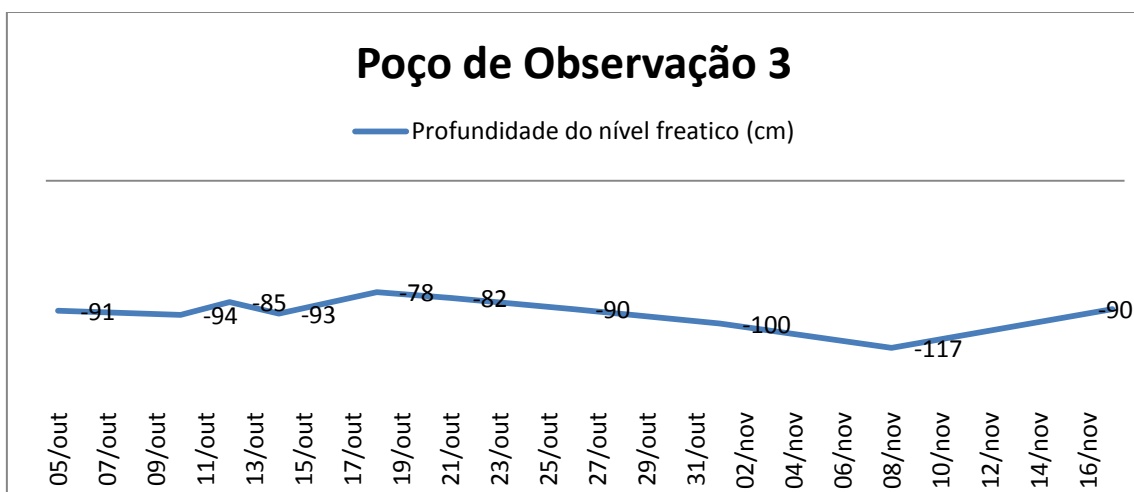


Gráfico 5. Variação do lençol freático no poço de observação 4

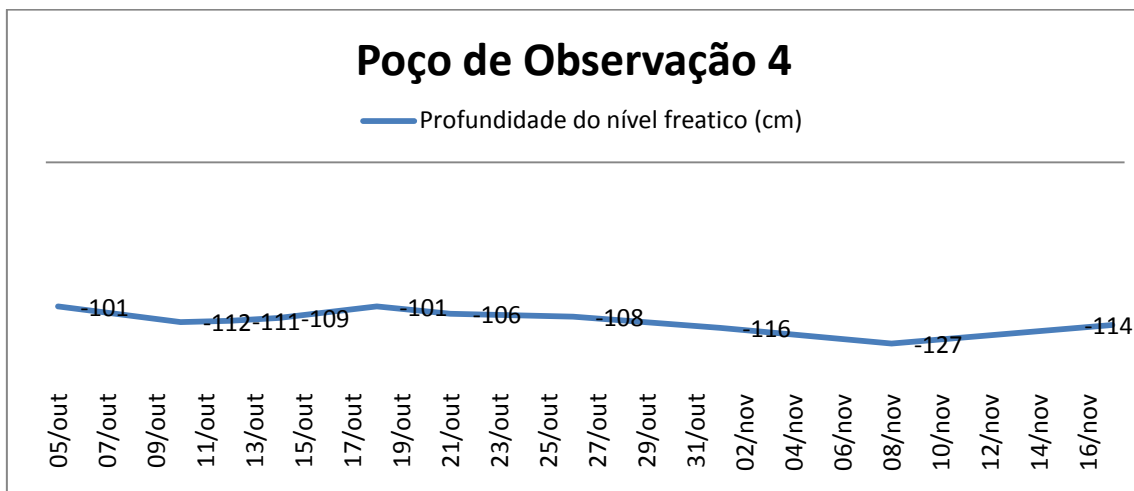


Gráfico 6. Variação do lençol freático no poço de observação 5

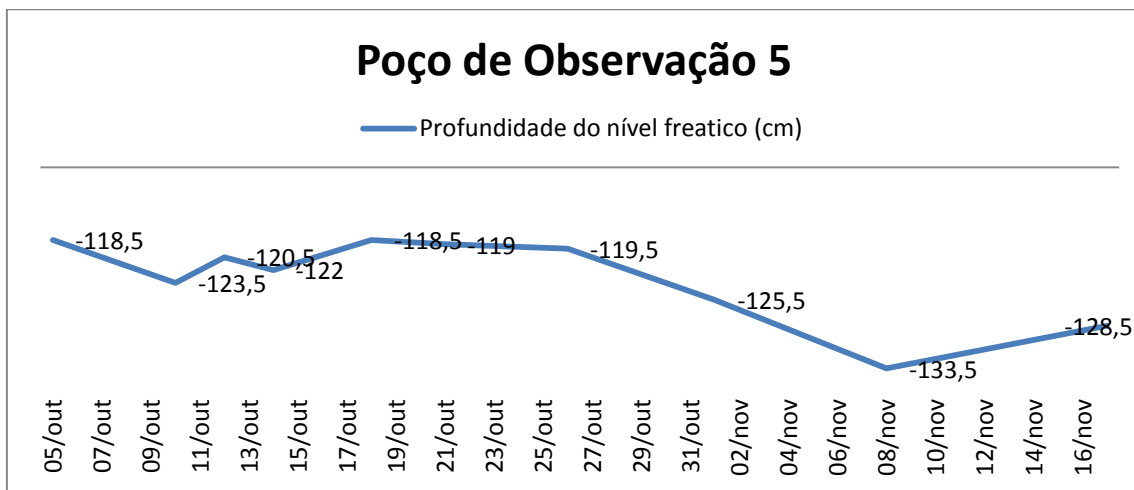


Gráfico 7. Variação do lençol freático no poço de observação 6

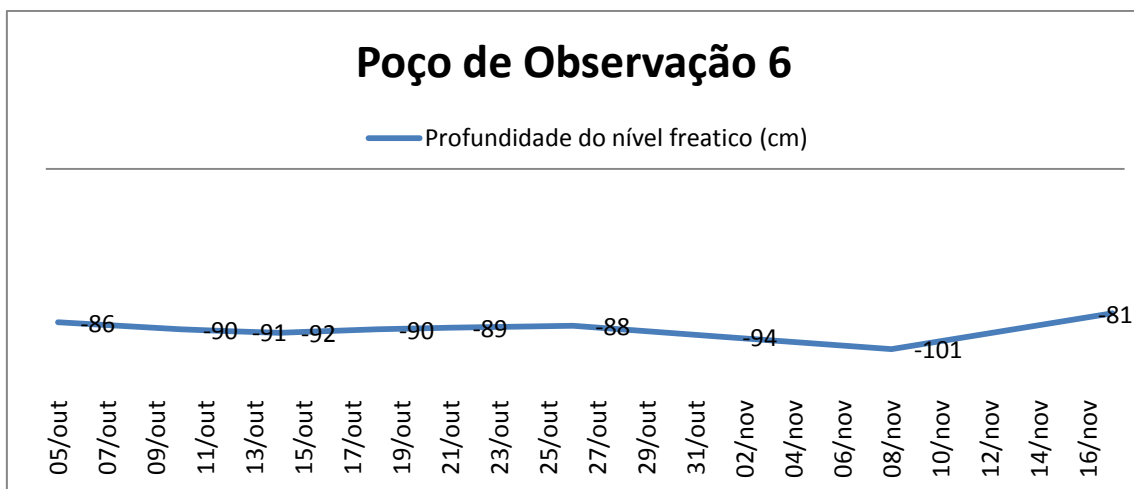
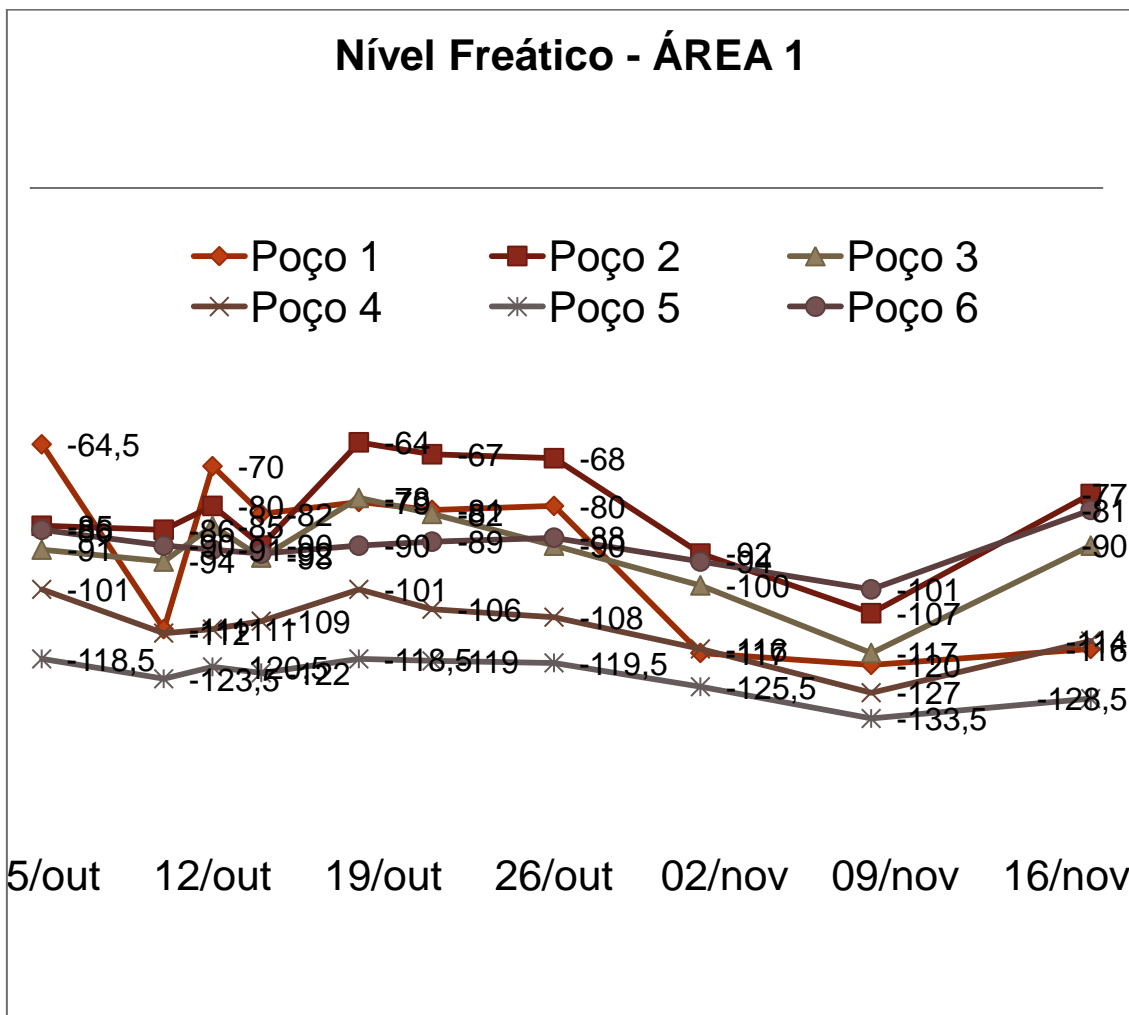


Gráfico 8. Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 1



Esta foi a área que apresentou as maiores profundidades do nível freático. Nos poços da área 1 a resposta as precipitações não foi tão significativa quanto nas outras áreas, possivelmente devido a que estas áreas estão próximas a áreas de descarga do aquífero (banhado situando na divida leste da fazenda). Mesmo sem as cotas do terreno percebe-se uma maior elevação do terreno nesta área.

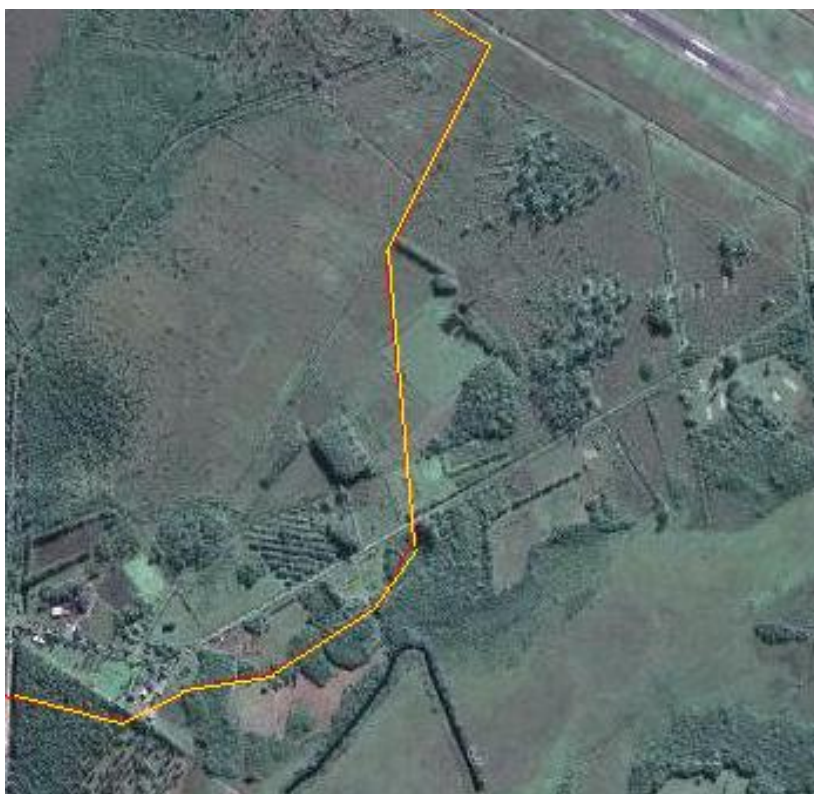


Figura 11. Divisor de águas na Fazenda Experimental da Ressacada

A água se desloca para áreas mais baixas e de descarga elevando menos o lençol freático no local que em outros pontos da fazenda. Isto possibilita a implantação de culturas com zona radicular profunda, pois a elevação do lençol provavelmente não prejudicará o desenvolvimento delas pela presença constante da água. Segundo Cruciani (1987), as plantas de sistema radicular raso exigem um nível freático mais elevado, mas os efeitos resultantes dependem do tipo de cultura e das propriedades do solo como: capacidade de retenção de água, facilidade de ascensão capilar e condições climáticas.

5.1.2. Área 2

A área 2 corresponde à área “central” da fazenda. Nela estão os poços de observação de número 7, 8 9, 10 e 16 (Figura 5).

Gráfico 9. Variação do lençol freático no poço de observação 7

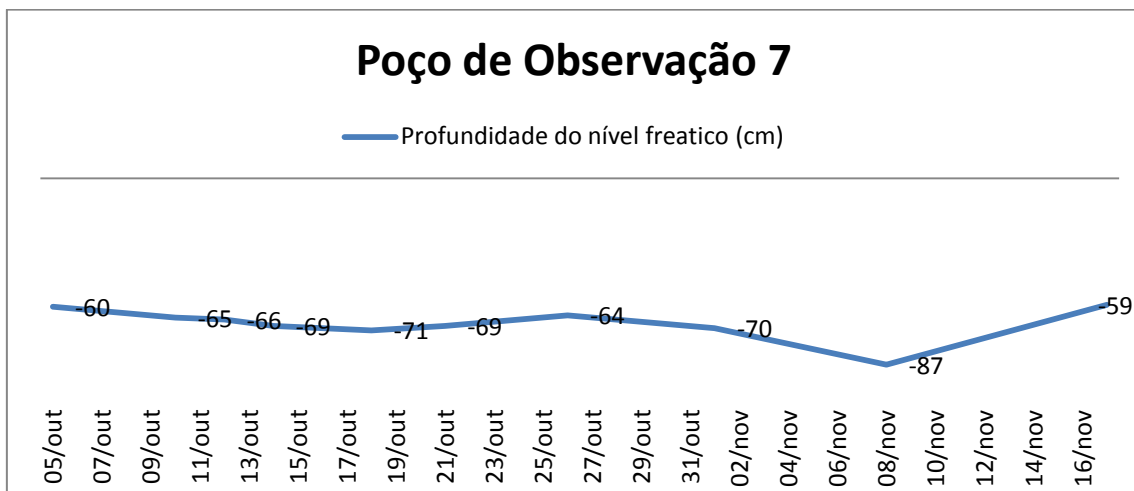


Gráfico 10. Variação do lençol freático no poço de observação 8

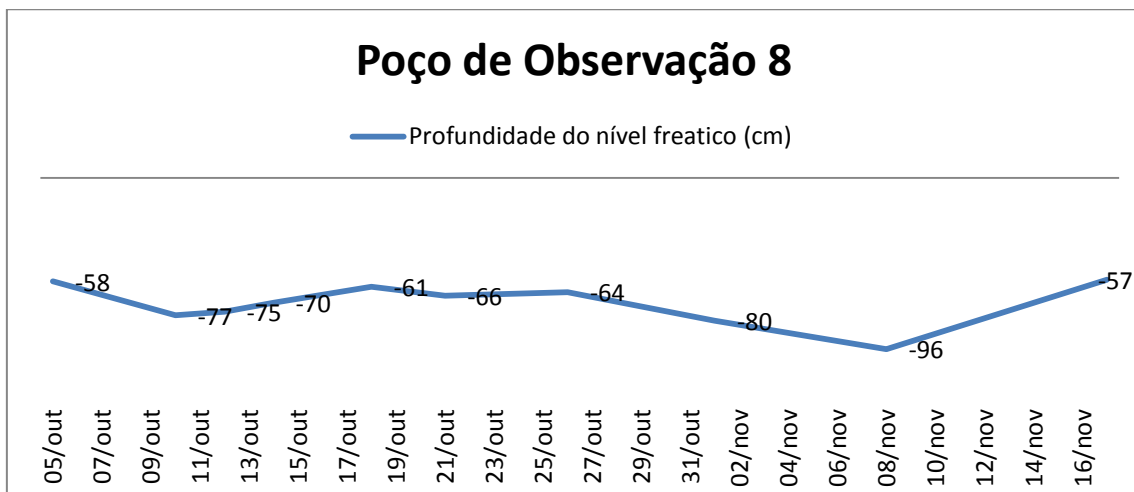


Gráfico 11. Variação do lençol freático no poço de observação 9

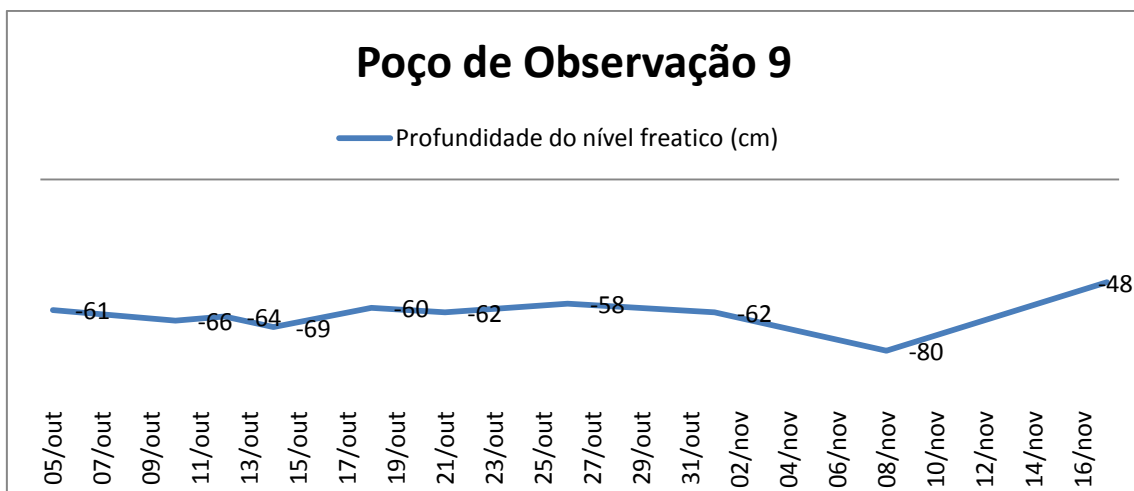


Gráfico 12. Variação do lençol freático no poço de observação 10

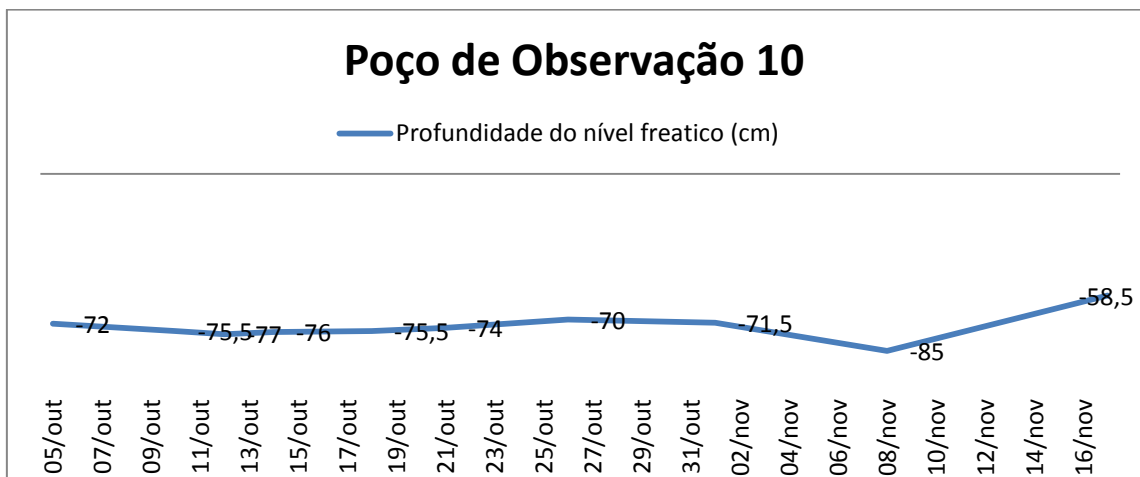


Gráfico 13. Variação do lençol freático no poço de observação 16

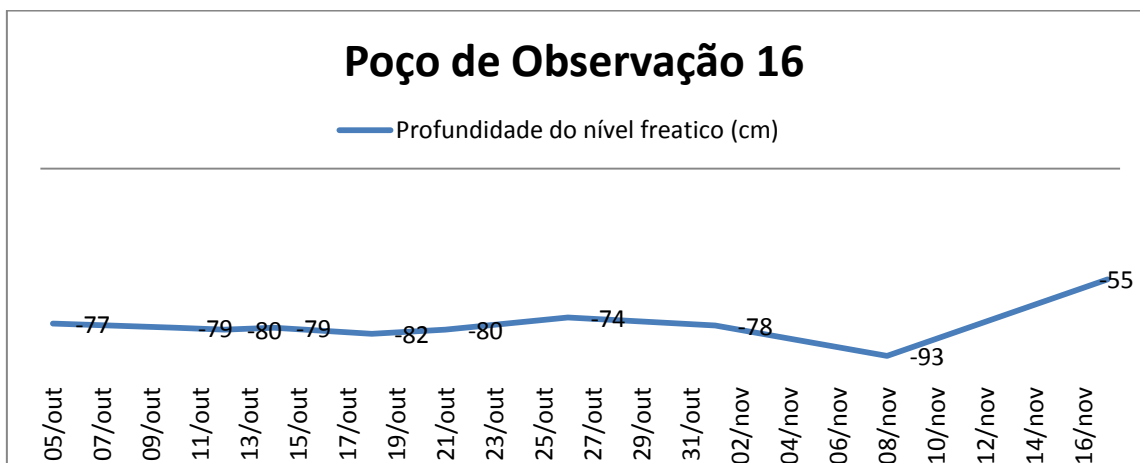
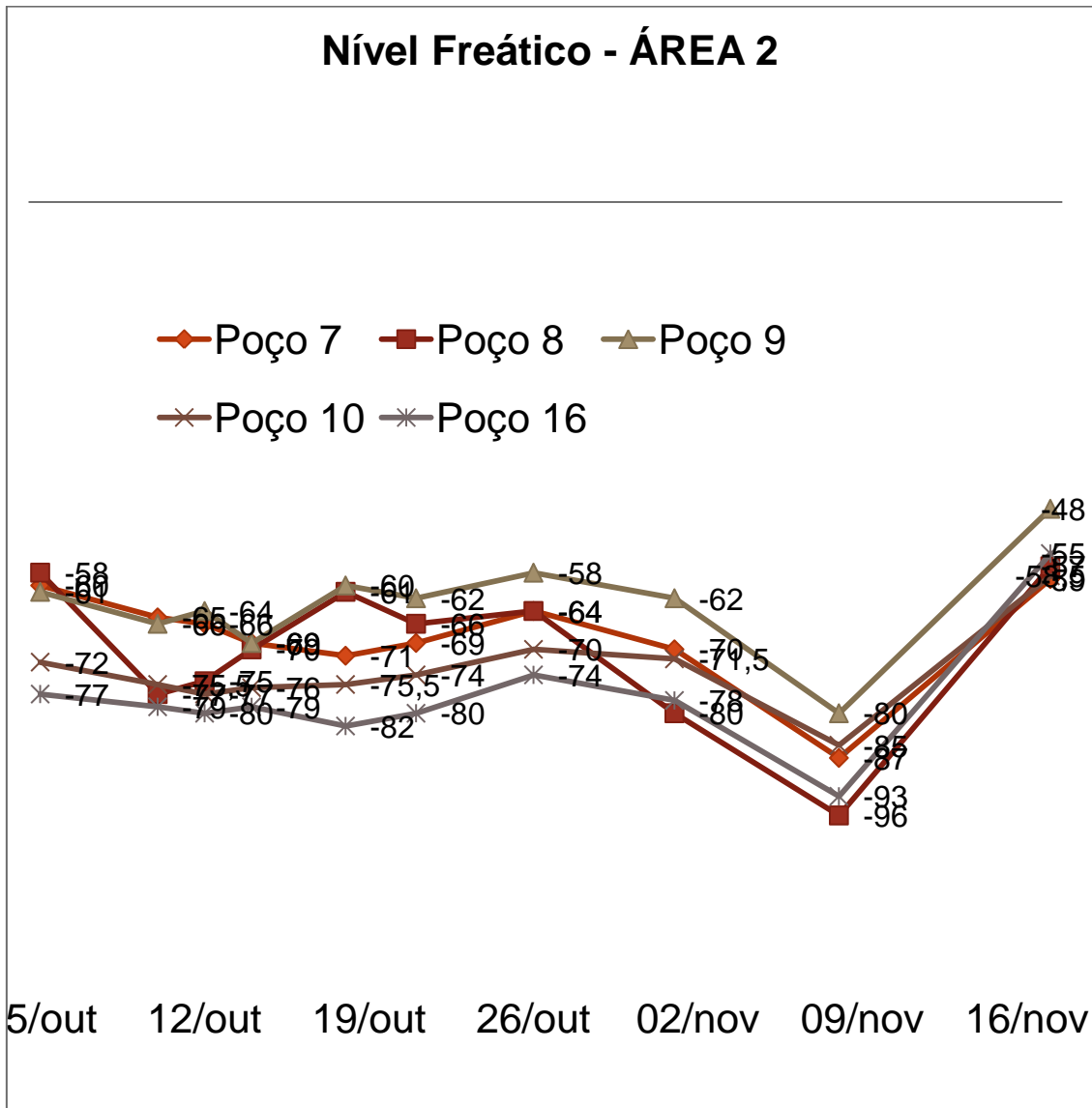


Gráfico 14. Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 2

Gráfico 15. Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 2.



Na área 2 as repostas às precipitações foram mais significativas que na área 1. De acordo com a intensidade das chuvas o nível freático eleva-se consideravelmente. Porém em nenhum momento durante as coletas o nível inviabilizou a mecanização agrícola ou provocou alagamento da superfície na área de monitoramento, como mostram os gráficos anteriores. Vale ressaltar que como o nível do lençol elevou-se com as chuvas, não é aconselhável a implantação de culturas suscetíveis ao encharcamento, pois chuvas mais longas ou com maior intensidade poderiam alagar a área. Nesta área pode-se recomendar algum método de drenagem para garantir a aeração do solo.

5.1.2. Área 3

A área 3 corresponde à área mais a esquerda no croqui (figura 5). Todos os cinco poços (11, 12, 13, 14 e 15) estão na área de pastagem, que é ocupada atualmente com manejo de animais.

Gráfico 16. Variação do lençol freático no poço de observação 11

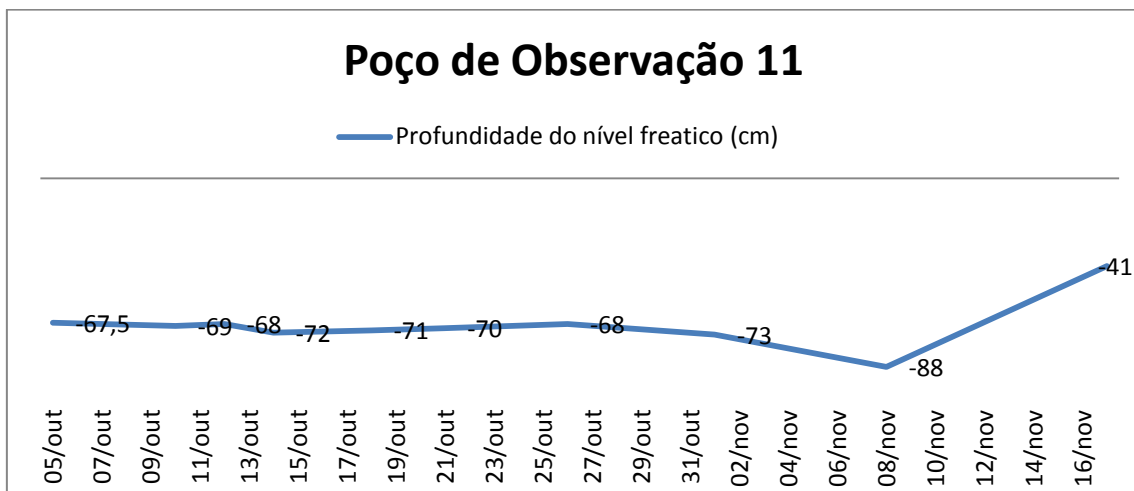


Gráfico 17. Variação do lençol freático no poço de observação 12

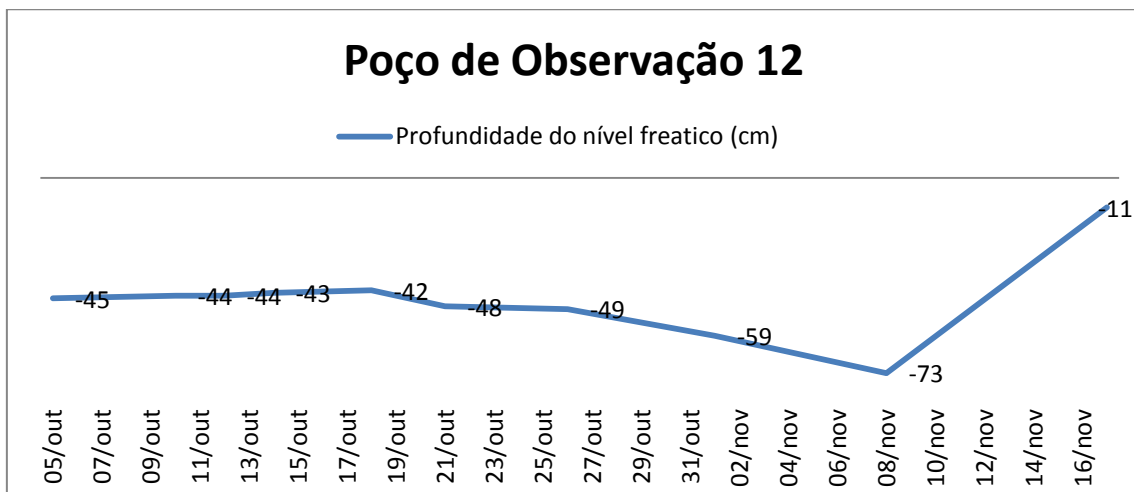


Gráfico 18. Variação do lençol freático no poço de observação 13

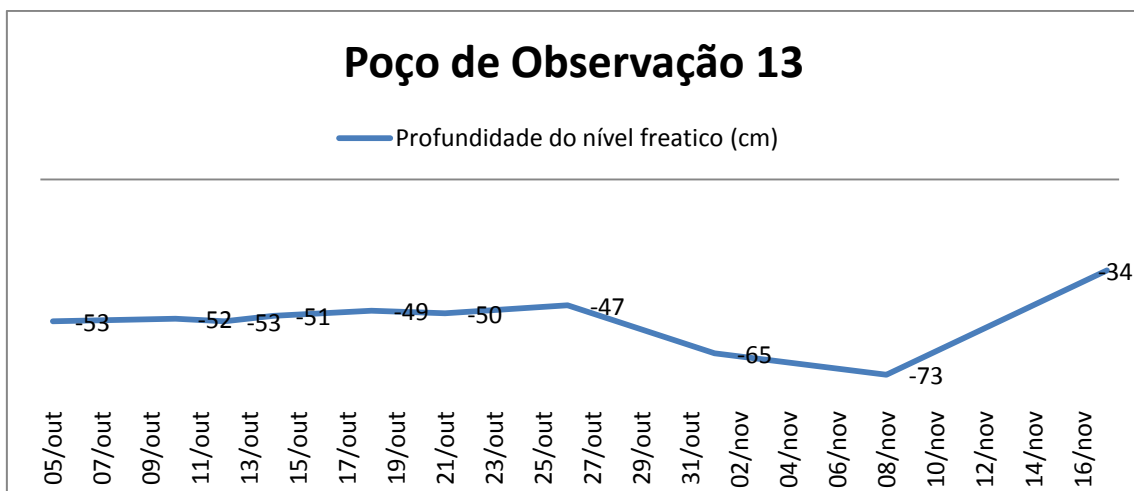


Gráfico 19. Variação do lençol freático no poço de observação 14

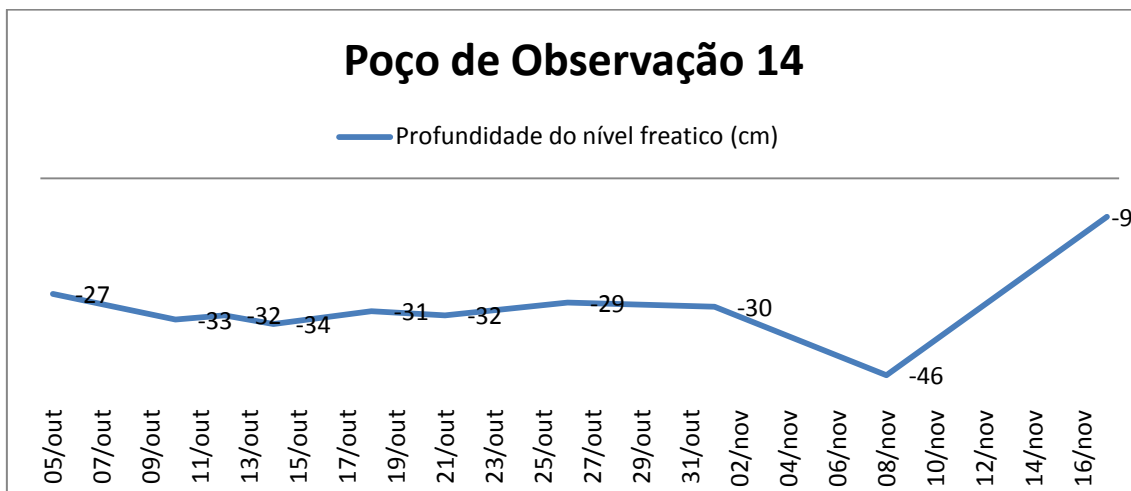


Gráfico 20. Variação do lençol freático no poço de observação 15

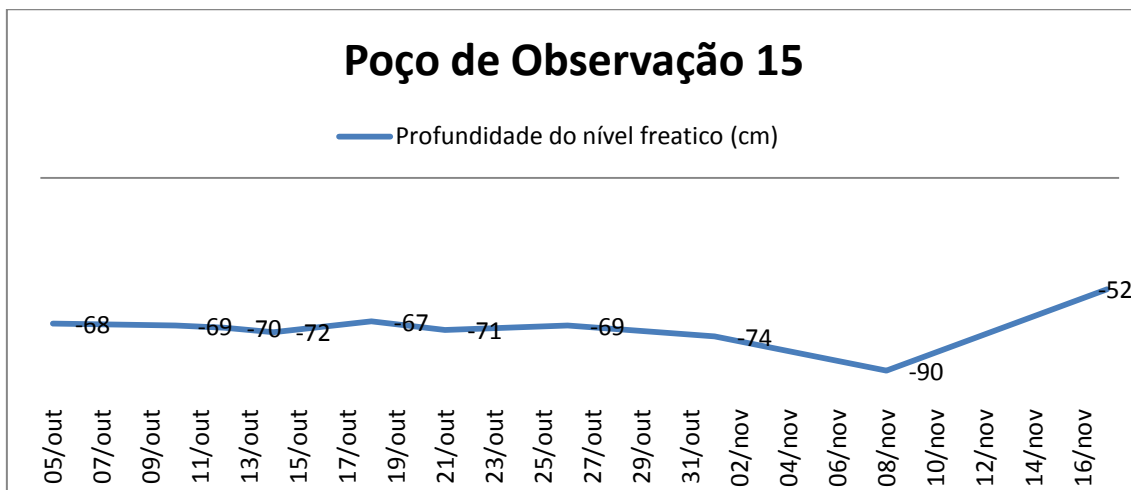
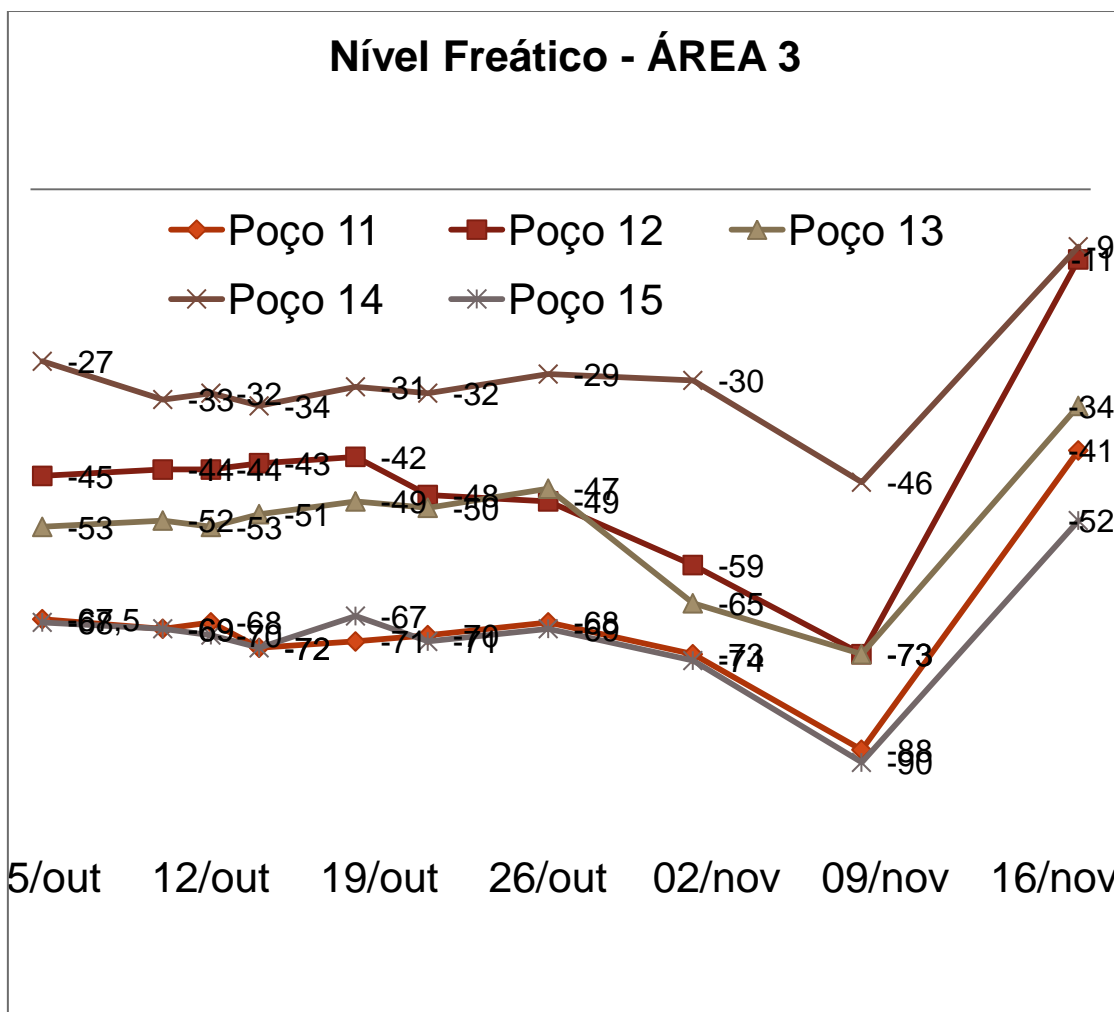


Gráfico 20. Comportamento do nível freático nos poços instalados na área 3



Como é possível observar nos gráficos, esta é a área com maior necessidade de obras de drenagem. O lençol freático é muito próximo ao nível do solo e as chuvas agravam mais ainda este problema. A drenagem é deficiente e por ser uma área de baixada a água não se desloca por gravidade para pontos de descarga. O nível freático elevado (Figura 11) impossibilita a utilização de máquinas para trabalhos agrícolas, pois o deslocamento é inviável.

Mesmo sem a implantação de um projeto de drenagem pode-se recomendar algumas práticas culturais que diminuem o efeito prejudicial da drenagem deficiente e ajudam o desenvolvimento de plantas. Utilizar adubos nitrogenados sob a forma de NH_4^+ para compensar a menor produção de nitrogênio assimilável procedente da mineralização de matéria orgânica; selecionar culturas adequadas; estudar a possibilidade de se reduzir a água de irrigação e compensar parte das necessidades hídricas da cultura com água de ascensão

capilar; as práticas culturais não devem ser executadas com umidade excessiva do solo, pois o uso de máquinas além de deteriorar a sua estrutura, promove grandes sulcos no terreno que favorecem a retenção de água na superfície;



Figura 12. Alto nível freático na área de pastagem. (Foto: Raphael Niero, 2011)

É necessário ressaltar que estudos de água subterrânea, com acompanhamento do nível freático necessitam de observações por muitos meses ou anos. O acompanhamento durante o período do estágio não é representativo do comportamento do nível do lençol na fazenda. No trabalho buscou-se apenas uma visão momentânea da situação na área da Fazenda Experimental da Ressacada.

Para melhor compreensão e tomada de decisões, o trabalho de monitoramento deveria desenvolver-se por no mínimo 24 meses. Isto possibilitaria o acompanhamento em épocas de chuvas e secas que ocorrem durante os anos. Como os poços já estão instalados e identificados é importante que o trabalho tenha continuidade, conduzido por funcionários e/ou estagiários da fazenda. Outra variável necessária para o correto diagnóstico, são dados de precipitação na área da fazenda, ou o mais próximo possível (base aérea) que não foram obtidos para realização deste trabalho; os dados do INMET - São José podem não condizer com a real precipitação na bairro da Tapera.

Este acompanhamento durante um longo período deve ser associado ao mapeamento de todo o lençol freático na área. Para isto será necessário levantar as cotas da superfície no local de instalação de cada poço. O levantamento altimétrico contribuirá para uma melhor interpretação dos resultados, auxiliando um correto manejo para uma eficiente drenagem. A interpolação das cotas do terreno com a profundidade freática em cada poço irá gerar um

mapa com curvas de nível, que identificará a posição do nível freático em cada área e a direção do fluxo subterrâneo.

Sendo as medidas de profundidade do lençol mais fáceis do que as determinações da aeração e condutibilidade térmica do solo, muitos experimentos tem sido feitos relacionando àquela medida com o rendimento das culturas (CRUCIANI, 1987).

5.1 Determinação da condutividade hídrica (ks) do solo

A infiltração de água no solo, bem como a redistribuição e trocas gasosas, dependem da condutividade hídrica do solo saturado (HILLEL, 1998). Na determinação a campo da Ks através do método do poço foram obtidas as seguintes leituras:

Tabela 2. Leituras a partir do tempo para determinação do Ks

| Tempo (s) | Leitura (cm) | Tempo (s) | Leitura (cm) | Tempo (s) | Leitura (cm) |
|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| 0 – Y0 | 133 | 0 – Y0 | 134 | 0 – Y0 | 133 |
| 60 | 125 | 60 | 124 | 60 | 122 |
| 120 | 117 | 120 | 117 | 120 | 115 |
| 180 | 108 | 180 | 107 | 180 | 106 |

Após os cálculos o valor encontrado para a Ks foi de 1,929 m/dia. Conforme mostra a Tabela 3, a condutividade do solo na área próxima ao ponto observado é moderadamente rápida. Isto reflete real situação da área. O solo no local é arenoso o que determina que a condutividade da água seja rápida.

Tabela 3. Classes de valores para Ks.

| CLASSES | INTERVALO DE VALORES DE Ks (m/dia) |
|----------------------|------------------------------------|
| MUITO LENTA | < 0,03 |
| LENTA | 0,03 a 0,12 |
| MODERADAMENTE LENTA | 0,12 a 0,48 |
| MODERADA | 0,48 a 1,5 |
| MODERADAMENTE RÁPIDA | 1,5 a 3,0 |
| RÁPIDA | 3,0 a 6,0 |
| MUITO RÁPIDA | > 6,0 |

Com o Ks moderadamente rápido é possível inferir sobre o potencial de drenagem da área; visto que a condutividade é alta, o espaçamento entre os drenos tubulares ou canais de drenagem pode ser grande, minimizando custos. O deslocamento da água até as valas de

drenagem ou áreas de descarga será rápido, indicando que a drenagem da área é viável e que os sistemas implantados terão grande possibilidade de solucionar o problema de inundação nas áreas de interesse.

6. CONCLUSÕES

O trabalho possibilitou uma investigação prévia da situação em que se encontra a água subterrânea na área da fazenda. A implantação das unidades de observação e algumas considerações que foram possíveis realizar num pequeno período de tempo mostra que, o projeto trás informações muito validas para um correto manejo da área.

Constatou-se que o nível freático apresentou variações em sua profundidade nas diferentes áreas homogêneas da Fazenda Experimental da Ressacada investigadas. Isto indica que o projeto de drenagem deverá considerar estratégias adequadas a cada uma destas áreas separadamente, já que a intensidade do problema é diferente.

O parâmetro condutividade hídrica do solo (ks), determinado a campo pelo método do poço, gerou um valor classificado como “condutividade moderadamente rápida”. Esta classificação mostra que a drenagem de perfil (drenagem subterrânea) é perfeitamente viável e econômica, já que o solo da fazenda tem boa capacidade de transmitir a água através de seus poros.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEREIRA, A.A.A. **Determinação da condutividade hídrica em solos saturados e de perfil homogêneo, abaixo do nível freático pelo método do poço.** UFSC.

BAGARELLO, V. Influence of well preparation on field-saturated hydraulic conductivity measured with the Guelph permeameter. **Geoderma**, Amsterdam, v. 80, n. 1-2, p. 169-180, oct. 1997.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação. 6.ed.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BIASSUSI, M. **Simulação do movimento da água no solo utilizando modelo numérico.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Tese Doutorado Porto Alegre, 2001

BOUWER, H. **Field determination of hydraulic conductivity above a water table with the double tube method.** Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, v.26, p. 334-335, 1962.

BREJDA, J. J. et al. **Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale.** Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 64, n. 3, p. 974-982, jan. 2000.

CADIMA, A. et al. **Variabilidade espacial da condutividade hidráulica em um latossolo Vermelho-Amarelo textura média, no campo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 4, n. 2, p. 63-66, maio/ago. 1980.

Carvalho, Laércio Alves de. **Condutividade hidráulica do solo no campo : as simplificações do método do perfil instantâneo.** Piracicaba, 2002. 86 p.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura.** 4ª Edição. São Paulo: Nobel, 1987

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental E.P. São Paulo, Estudo Preliminar, 1977.

DALBIANCO, Leandro. **Variabilidade espacial e estimativa da condutividade hidráulica e caracterização físico-hídrica de uma microbacia hidrográfica rural** Dissertação de mestrado, Santa Maria, RS, Brasil 2009.

DANE, J.H. **Comparison of field and laboratory determined hydraulic conductivity values.** Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 44, p. 228-231, 1980.

ESPIRITO SANTO A. F. **Condutividade hidráulica saturada em função do tipo e uso do solo e método de determinação.** Dissertação de mestrado submetida à faculdade de agronomia e medicina veterinária, Universidade de Brasília, 2011.

Evangelista, A.W.P; Ferreira P.A.; Pruski F.F.; Sedyama G.C.; **Desenvolvimento e aplicação de metodologia para dimensionamento de sistemas de drenagem agrícola**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.441-449, 2005

DESCRIÇÃO FÍSICA FAZENDA DA RESSACADA – Disponível em <http://fazenda.ufsc.br/descricao-fisica/>. Acessado em 10 de novembro de 2011

FERREIRA, P.A. **Drenagem de terras agrícolas**. In: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior: ABEAS, Brasília, 2003. 210p.

GRABLE, A. R. **Soil aeration and plant growth**. Advances in Agronomy. 1966.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; REIN, T.A.; SANZONOWICZ, C. **Avaliação agrônoma de fontes de fósforo para a região dos cerrados**. Em : EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982/1985. Planaltina, 1987. p.122-129

INMET– Disponível em http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php. Acessado em 18 de novembro de 2011.

IRANNEJAD, P.; HENDERSON-SELLERS, A.; SHARMEEN, S. **Importance of land-surface parameterization for latent heat simulation in global atmospheric models**. Geophysical Research Letters, v. 30(17), p. HLS 3-1, 2003.

LIBARDI, P. L. **Água no solo**. In: Jong van Lier, Q. **Física do solo**. Viçosa/MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2010. p. 103-152

LIBARDI, P.L. **Condutividade hidráulica do solo em condições de campo**. Piracicaba, 1978. 113f.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba, 2000. 509 p.

MELLO, J. L. P. **Drenagem Agrícola** (apostila), 2004.

MESQUITA, M. G. B. F. **Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo**. 2001. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MILLAR, Agustin A. **Drenagem de terras agrícolas : bases agrônomicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 276p.

NARASIMHAN, T. N. **Hydraulic characterization of aquifers, reservoir rocks and soils: A history of ideas**. Water Resources Research, v.34(1), p.33-46, 1998.

QUEIROZ, J. E. **Parâmetros hidrodinâmicos de um solo de várzea para fins de drenagem subterrânea**. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) –Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

KLUTE, A. **Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil**. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. Cap. 13, p. 210-221.

RAMOS, Glauber; **Monitoramento do nível do lençol freático do Rio Gualaxo do Norte, Mariana, MG**; II seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do sul: Recuperação de áreas degradadas, 11 dezembro de 2009, p 633-640

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v. 27, p. 26-48, jul./dez. 2003.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. *Tópicos em Ciência do Solo*. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2007, v. 5, p. 49-134.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

Sabbagh, G.J.; Foush, J.L.; Bergston, R.L. **Comparison of EPICWT and DRAINMOD simulated performance of land drainage systems**. *Transactions of the ASAE*. St. Joseph, v.36, n.1, p.73-79, 1993.

SAUNDERS, L. C. U.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. **Condutividade hidráulica da Terra Roxa Estruturada em condições de campo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.2, p.164-167, 1974.

SCHERPINSKI, N. I. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos e do rendimento de grãos de soja em um Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto e convencional**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

TUCCI, Carlos E. M. – organizador (1993). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; ABRH; EDUSP

VANT'T WOUTD, B. D.; HAGAN, R.M. **Crop responses at excessively high soil moisture levels.** In: LUTHIN, J.N. (Ed.). Drainage of agriculture lands. Madison: American Society of Agronomy, 1967. P. 514-578

WESSELING, J., VAN WIJK, W.R., FIREMAN, M. *et al.* **Drenage de terrenos agricolas en relación con los suelos y las plantas de cultivo.** In: LUTHIN, J. N. Drenage de tierras agricolas - teorías y aplicaciones. 2. ed. México : Limusa, 1974. p.511-545.

WIERENGA, P.J., HILLS, R. G., HUDSON, D.B. **The Las Cruces trench site: Characterization, experimental results, and one-dimensional flow predictions.** Water Resources Research, Amsterdam, v.27, p. 2695-2705, 1991.

WILLIAMSOM, R. E. , KRIZ, G. J. **Response of agricultural crops to flooding depth of water table and soil gaseous compositions.** Transaction of ASAE, v.13, n.3, p.216-220, 1970.

ANEXOS

Coordenada geográfica aproximada de cada poço de observação

1 - 27°41'5.97"S
48°32'43.04"O

2 - 27°41'9.44"S
48°32'30.78"O

3 - 27°41'7.11"S
48°32'26.08"O

4 - 27°41'3.38"S
48°32'29.35"O

5 - 27°41'1.10"S
48°32'24.90"O

6 - 27°40'57.07"S
48°32'10.20"O

7 - 27°40'51.41"S
48°32'13.94"O

8 - 27°40'54.90"S
48°32'27.94"O

9 - 27°40'44.30"S
48°32'19.14"O

10 - 27°40'46.02"S
48°32'24.11"O

11 - 27°40'39.57"S
48°32'30.04"O

12 - 27°40'37.08"S
48°32'34.69"O

13 - 27°40'45.04"S
48°32'33.73"O

14 - 27°40'42.46"S
48°32'38.32"O

15 - 27°40'45.36"S
48°32'40.82"O

16 - 27°40'54.08"S
48°32'31.95"O

Altura em cm da cabeça de cada tubo até o nível do solo.

| POÇO DE OBSERVAÇÃO | ALTURA DO SOLO Á TAMPA(cm) |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| 01 | 33 |
| 02 | 32 |
| 03 | 33 |
| 04 | 27 |
| 05 | 26,5 |
| 06 | 26 |
| 07 | 29 |
| 08 | 33 |
| 09 | 40 |
| 10 | 24,5 |
| 11 | 28 |
| 12 | 40 |
| 13 | 27 |
| 14 | 57 |
| 15 | 28 |
| 16 | 37 |