

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**MONITORAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO PARA FINS DE
DRENAGEM AGRÍCOLA EM UM LOTE IRRIGADO NO
PROJETO JAÍBA**

Renato Carlos Brito Gomes

Renato Carlos Brito Gomes Junior

MONITORAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO PARA FINS DE
DRENAGEM AGRÍCOLA EM UM LOTE NO PROJETO JAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves Oliveira

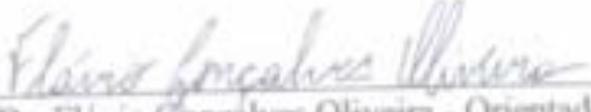
Montes Claros - MG

Renato Carlos Brito Gomes Junior. MONITORAMENTO DE LENÇOL
FREÁTICO PARA FINS DE DRENAGEM AGRÍCOLA EM UM LOTE
NO PROJETO JAIBA

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Flávio Pimenta de Figueredo – ICA/UFMG

Prof. Luiz Henrique de Souza - ICA/UFMG


Prof. Dr. Flávio Gonçalves Oliveira - Orientador ICA/UFMG

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Pai Celestial que nunca me deixou desistir e sempre me ensinou a esperar pela hora certo, que tudo acontece no seu tempo. Juntamente agradeço minha família, meu pai Renato, meu irmão Thomas, minha namorada Isadora e em especial minha mãe Lucrécia e minha irmã Maria Eduarda que nos momentos de fraqueza foram meus alicerces.

Ao meu orientador, Flávio Gonçalves de Oliveira, que me confiou um desafio que poucos me confiariam. Mostrou outros rumos para uma vida profissional, me deixando pronto e confiante para enfrentar qualquer desafio que a engenharia colocar no meu futuro e deixando claro que onde eu estiver sempre posso contar com ele, sendo fundamental para minha formação pessoal e profissional.

A Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Agrárias por me apresentar o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, que aprendi a amar e a esse campus, fonte de grandes experiências, ensino e vivências incríveis que irei levar para o resto da vida. Sou grato por todos os profissionais desta instituição em especial aos professores que me deram suporte para seguir uma vida profissional de qualidade.

Ao Grupo de Estudo em Manejo de Irrigação do Semiárido (GEMISA) que me mostrou o caminho profissional que devo seguir e onde encontrei grande apoio com os professores do grupo e com ex-alunos que sempre estão disponíveis a ajudar e mostrar oportunidades no mercado de trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Agroecologia do Semiárido Mineiro (NEASA) em nome da professora Márcia Martins, foi o primeiro local onde pude colocar todo meu conhecimento teórico na prática e aprender bastante com todas as ações realizadas pelo núcleo.

Ao Distrito de Irrigação do Jaíba 2 (DIJ2) em nome da gerente Priscila Camargo, que me proporcionou todos instrumentos necessário para fazer o estágio e o trabalho de conclusão da melhor maneira que fosse possível, juntamente ao supervisor de estágio Júlio Gabriel que auxiliou com toda parte técnica e experiência profissional.

A fazenda Redenção por deixar ser feito esse trabalho e liberar todos os dados e atender os pedidos que foram feitos, ao encarregado da fazenda Thiago Neri por acompanhar e ajudar em todos os momentos como auxílio externo.

Aos meus colegas Crystyan Rodrigues por ajudar nos mapas e montagem do experimento, Kennio Gonçalves por ajudar e auxiliar do início ao fim desse projeto e aos meus amigos Eduardo Cortes e Igor Patrik por instruir e revisar esse trabalho.

RESUMO

O trabalho foi realizado na fazenda Redenção situada dentro do Projeto Jaíba, na cidade de Jaíba, Norte do Estado de Minas Gerais. Este empreendimento bem como todos os outros que estão inseridos no projeto, vem sofrendo com vários problemas de encharcamento do solo, assim sendo, esse trabalho tem como objetivo propor uma série de procedimentos para avaliação e posterior elaboração de um projeto técnico de drenagem. Foram instalados poços de observação no lençol freático, cálculo da condutividade hidráulica do solo, cálculo da precipitação pluviométrica de retorno e levantamento altimétrico e linhas de fluxo. Através dos dados foram aplicadas fórmulas e parâmetros confiáveis, chegando assim ao entendimento do comportamento do lençol freático, relevo e volume das chuvas, além de entender como se comporta a água no subsolo, com isso levando a entender quais são os principais fatores dos solos serem alagados. Os resultados obtidos mostram que as metodologias apresentaram boas respostas práticas e após análise dos dados, foi elaborado um projeto de drenagem seguro e eficiente com a finalidade de resolver o problema do empreendimento.

Palavras-chave: Lençol freático, Perímetro Irrigado, Linhas de Fluxo, Poços de Observação, Condutividade Hidráulica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da Fazenda Redenção.....	18
Gráfico 1 – Precipitações diárias da estação meteorológica INMET – Mocambinho.....	19
Figura 2 – Distribuição dos poços nas áreas.....	21
Figura 3 - Tubulação de PVC Perfurado.....	22
Figura 4 - Tubulação de PVC revestido com sombrite.....	22
Figura 5 - Mensuração dos poços de observação.....	23
Figura 6 - Determinação da condutividade Hidráulica.....	25
Figura 7 – Lagoa Formada no Lote 1 setor 6.....	29
Gráfico 2 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 26, área 1..	30
Gráfico 3 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 7, 8, 9, 10, 11, 12, área 2..	31
Gráfico 4 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 13, 14, 15, 16, 17, 18, área 3	32
Gráfico 5 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 19, 20, 21, 22, área 4.....	32
Gráfico 6- Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 23, 24, 25, área 5.....	33
Figura 8 - Curvas de nível com a partir das cotas topográficas.....	34
Figura 9 – Curvas de nível da cota freática e linhas de fluxo.....	35
Figura 10 – Exemplo de elevação do lençol.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série histórica de dados precipitação diário da região.....	26-27
Tabela 2 – Informações referente aos poços de observação.....	27
Tabela 3 – Apresentação das variações de tempo e altura da coluna de água.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3. OBJETIVO	17
3.1 OBJETIVO PRINCIPAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. METODOLOGIA.....	18
4.1 AREA DE ESTUDO	18
4.2 CÁLCULO PARA A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE RETORNO	19
4.3 ACOMPANHAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	20
4.3.1 Instalação.....	20
4.3.2 Montagem.....	21
4.3.3 Leituras dos poços	23
4.4 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE RETORNO	26
5.2 LEITURA E ANÁLISE DOS POÇOS	27
5.3 ANÁLISE DOS POÇOS DE OBSERVAÇÃO	28
5.3.1 Análise da área 1.....	28
5.3.2 Análise da área 2.....	30
5.3.3 Análise da área 3.....	31
5.3.4 Análise da área 4.....	32
5.3.5 Análise da área 5.....	33
5.4 DETERMINAÇÃO DAS LINHAS DE FLUXO.	34
5.5 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	36
6. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

O termo drenagem agrícola é nada mais do que a retirada do excesso de água do solo com a intenção de permitir que uma área tenha um longo período produtivo sem risco de alagamento ou problemas de salinidade. A drenagem agrícola vem cada vez mais sendo usada, estudada e aprimorada em todas as regiões do Brasil, em climas subtropicais até no semiárido, cada um com suas necessidades, sendo para controle de áreas encharcadas quanto para controlar a salinidade do solo, sempre visando melhorar a produtividade (NONATO, 2008).

Na história da agricultura a drenagem sempre esteve as margens dos estudos e técnicas, pois o grande foco sempre foi a irrigação, ela que possibilita a produção em lugares que são naturalmente inviáveis. Mas com a possibilidade de produção nesses lugares com o passar do tempo também começaram a surgir os problemas de solos alagados e um aumento da salinidade. Com isso surgiu uma grande necessidade de pesquisas e inovações principalmente das Universidades Federais criando técnicas e métodos para resolver todos esses problemas e gerar novos conhecimentos para melhorar a produção (CRUCIANI, 1987).

No Brasil extensas áreas agrícolas estão localizadas em solos com problemas de drenagem, sobretudo no caso da agricultura irrigada, uma vez que, grande parte dessas áreas situam-se em locais onde a topografia ocasiona uma drenagem inadequada, resultando em encharcamento do solo, elevação do lençol freático e aumento da salinidade (NONATO, 2008).

O Brasil possui grandes áreas com capacidade produtiva por apresentar uma topografia extremamente plana, no entanto as mesmas possuem grandes problemas de drenagem que vão gerar em um futuro próximo vários problemas (SALLYDÂNDIA, 1999).

Na década de 1950 o projeto Jaíba foi inicialmente planejado, pois tinha um grande potencial agrícola para a região do Norte de Minas, mas só teve seu início na década de 1970 por meio da RURALMINAS (Fundação Rural Mineira de Colonização e Desenvolvimento Agrário). Hoje o projeto Jaíba é o maior perímetro irrigado em área contínua da América Latina exportando alimentos para todo o Brasil e para outros países.

Como a maioria dos perímetros irrigados, e com o projeto Jaíba não foi diferente, depois de algumas décadas de sua criação começou sofrer com solos alagados que culminaram em uma grande perda de produtividade, onde surgiram várias hipóteses sobre a fonte desses alagamentos como: canais rachados e excesso de irrigação, dentre outros, e como

o projeto Jaíba está situado em uma região onde chove muito em um pequeno período de tempo, isso se tornou um grande agravante dessa situação.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Redenção, localizada dentro do projeto Jaíba no município de Jaíba no Norte de Minas Gerais, investigando e analisando o comportamento do nível do lençol freático para propor ações para o manejo agrícola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Projeto Jaíba está situado na Região Sudeste do Brasil, no extremo norte do estado de Minas Gerais, à margem direita do rio São Francisco, compreendendo os municípios de Jaíba e Matias Cardoso. Está inserido em uma região de clima semiárido, a 614 quilômetros da cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, e a 950 quilômetros de Brasília, capital federal. As terras do Jaíba estão localizadas entre os rios São Francisco e Verde Grande, e sofrem com períodos de estiagem, em média, de oito meses/ano (ADAMI *et al*, 2008).

O estudos e projetos para concepção do Projeto Jaíba, iniciaram-se em meados dos anos 1965 pela *Bureau of Reclamation*, onde identificaram áreas propícias para a instalação de atividade agropecuária. A princípio estimava-se um total de 230.000 ha na região da Mata do Jaíba, mas o projeto final apresentou um total de 100.000 ha, dividido em quatro etapas (CODEVASF, 2018)

Assim sendo, o governo federal no ano de 1975 firmou o primeiro convênio com o governo de Minas e, por intermédio da CODEVASF, tornou-se o seu principal parceiro. A partir de esforços conjuntos dos governos federal e estadual, a evolução dos trabalhos do Projeto e a execução de obras alcançaram os anos de 1980 e, a partir de 1984, ano em que a Lei 6.662/79, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, foi regulamentada, o Projeto Jaíba foi redefinido, sendo substituída a ótica empresarial pela social, estando, assim, sintonizado com a Política (ADAMI *et al*, 2008).

A agricultura irrigada, atividade capaz de levar o desenvolvimento à vasta área no extremo norte de Minas, faz do projeto Jaíba o maior projeto de irrigação no estado, fruto da parceria estabelecida entre o governo federal e estadual. O projeto foi idealizado em quatro etapas, sendo que etapa I (33.350 ha) e II(34.700 ha) estão em atividades e as etapas III(17.000 ha) e IV(15.850 ha) serão implementadas. Quando totalmente consolidado, o projeto proporcionará o incremento na geração de emprego e renda e desenvolvimento socioeconômico do norte de Minas (MINAS GERAIS, 2018)

Após os estudos de viabilidade, iniciou-se o projeto no ano de 1980, onde as primeiras famílias começaram a povoar a região. No final da década de 1980 e início de 1990 foi criado o Distrito de Irrigação Jaíba (DIJ), entidade privada sem fins lucrativos, gerida pelos irrigantes e que tem por finalidade administrar, operar e manter toda a infraestrutura de

irrigação de uso comum construída. No projeto atuam de maneira complementar e sincronizada os três poderes executivos, pois os municípios de Matias Cardoso e Jaíba atendem a parte social, além da iniciativa privada representada pelo DIJ (CODEVASF, 2018). Mais da metade da área cultivada no projeto é destinada à fruticultura, com destaque para a produção de banana, manga, limão responsáveis, respectivamente, por 28%, 23% e 21% do Valor Bruto de Produção (VBP). Em 2019 essas três culturas juntas ocuparam 55% da área cultivada e responderam por 62% da produção total (DIJ, 2020).

Em muitas áreas irrigadas do mundo, o suprimento de água de boa qualidade pode não ser suficiente para a manutenção da agricultura irrigada, buscando-se alternativas com o uso de água do lençol freático ou mesmo de drenagem. Todavia, geralmente, essas águas não são de boa qualidade e uma das alternativas para viabilizar seu uso é misturá-las com água de baixa concentração de sais (MENDES et al, 2008).

Nos estudos de solos e classificação de terras para irrigação, as características de drenabilidade juntamente com as características morfológicas da área, dão uma ideia das condições gerais de drenagem interna dos solos e superficial da área estudada (BATISTA et al, 2002).

Devido a estes aspectos, referidos solos(solos aluviais) são áreas de drenagem natural limitada, permanecendo em grande parte inundadas durante a estação das chuvas, constituindo as chamadas várzeas, que pelo menos no Estado do Ceará, são ocupadas pelos carnaubais. Incorporadas à prática da irrigação essas áreas tiveram reduzido o seu problema de drenagem superficial, pela sistematização dada aos terrenos, mas tiveram agravado o problema de drenagem subterrânea, em decorrência da magnitude e frequência das lâminas d'água aplicadas, para atendimento às demandas de irrigação (NONATO, 2008).

A drenagem em sua forma natural é como a água sai do solo e das zonas radiculares dos cultivos e segue o caminho desejável, já na engenharia a drenagem é o processo usado para remover e controlar o excesso da água no solo com o intuito de viabilizar uma boa areação e conseqüentemente um bom desenvolvimento radicular das culturas (MILLAR, 1978).

Segundo Goedert (1985), por possuir grande versatilidade de solo, as áreas de várzea se encontram bastante problemáticas na adaptação produtiva por ter excesso de umidade, variação do lençol freático dentre outros fatores.

Ao tentar controlar o nível freático a partir de manjô de irrigação ou por um projeto de drenagem bem empregado, é possível ter uma vasta vantagem contra as possíveis intemperes que esse solo possa sofrer como falta de aeração decorrente de possíveis alagamentos que entopem os macro e micro poros do solo e com isso acabar por sufocar o sistema radicular das plantas (MILLAR, 1978).

Com a concentração de sais no interior das células da raiz ou pelo seu transporte através do xilema, haverá um consumo de energia pela respiração aeróbica. Então o transporte e a absorção de nutrientes acabam sendo comprometidos quando o solo não possui uma aeração suficiente. Com isso vai haver uma menor permeabilidade dos tecidos da raiz decorrente de uma maior concentração de CO₂, assim diminuindo a absorção dos nutrientes (MELLO, 2004).

Segundo Van't Woudt e Hagan (1967), as vantagens fornecidas pelo controle de água no solo são:

- I. Uma melhor areação do solo;
- II. Melhora da capacidade de armazenamento de água no solo;
- III. Aumento efetiva do crescimento de raízes;

Para Grable (1966) com a falta de areação no solo ocorre que alguns nutrientes essenciais se tornam tóxicos para as plantas, com o excesso de água os elementos mineralizados em níveis tóxicos ficam mais disponíveis para elas. Os elementos que ocorrem mais facilmente na mineralização são Fe, Co, Mn, Cu, Zn, S, além disso um problema bem recorrente que é o aumento do pH causado pelos elétrons em excesso de respiração dos organismos que são reduzidos e que vão reagir com o H⁺ e assim diminui sua concentração.

Os imensos prejuízos causados pelo alagamento do solo são correlacionados diretamente com a produção das culturas e levando em consideração o tempo que elas ficam expostas a essa situação. É sabido que cada planta tem uma capacidade própria de sobreviver sem maiores efeitos sobre um período de alagamento, a partir do conhecimento dessa tolerância e da altura do lençol freático é possível escolher melhor as áreas para cada tipo de cultivo. Com isso cada planta terá sua produção afetada com a decorrência que esses eventos de alagamento ocorrem(MILLAR, 1978).

Quando o solo está saturado o seu aquecimento corre de maneira mais lenta devido algumas causas. A água possui um calor específico cinco vezes maior que o solo seco, com

isso o solo saturado pela água aquece em um tempo maior. O solo seco possui uma condutividade térmica menor que a água, isso faz que a parte superior do solo se aqueça rapidamente e depois vai se propagando para as camadas inferiores durante a noite assim diminuindo a temperatura geral do solo. Com o passar do tempo um solo alagado tem uma maior evaporação superficial e isso torna mais fácil a saída da água e conseqüentemente de uma menor temperatura para retirar essa água do solo (MELLO, 2004).

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 artésiana; 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).

Nas regiões de clima úmido e sub úmido a drenagem é importante para que não ocorra o encharcamento do solo, já nas regiões semiáridas e áridas a necessidade é tentar manter o solo com uma concentração de sais adequadas para as culturas (FERREIRA, 2003). A drenagem nas regiões semiáridas e áridas é uma forma de conter o alto nível de salinidade em um maior espaço de tempo. Ao ser identificado um alto nível de salinidade, o projeto terá que aumentar a lâmina requerida talvez deixando inviável a implementação de algumas culturas. Uma opção viável é uma cultura com maior tolerância a salinidade e que tenha um bom preço de mercado (AYRES & WESTECOT, 1991).

Quando um projeto de drenagem começa ser pensado alguns passos devem ser feitos como detectar o nível do lençol freático da região por meio de poços de fornecimento de água, poços de observação (metodologia própria para essa detecção), observação visual de cursos d'água e canais, instalação de piezômetros, dentre outros (CRUCIANI, 1987).

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).

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.

Segundo Gillichand et al. (1991), é importante salientar a determinação da condutividade hídrica no campo, para que seja possível um melhor dimensionamento de drenos laterais em um projeto de drenos subterrâneos. Amorim (1995) concluiu que no perímetro irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE, a determinação da condutividade hidráulica pela metodologia do poço perfurado pelo trado em presença de lençol foi bastante precisa ao ser comprada com a realizada a partir das cargas hidráulicas e taxas de descargas em campo.

Segundo Guerra (2000), a condutividade hidráulica refere-se a um coeficiente de proporcionalidade da equação de Darcy que determina o movimento de fluidos num meio poroso. No solo, expressa a facilidade com a qual a água se movimenta no perfil.

Um método muito utilizado para a condutividade hidráulica e gradiente de potencial de água é o poço direto que utiliza os dados da variação do fluxo do lençol freático. Com esse método é usado os valores das medidas que a água se encontra em relação ao solo e de acordo com seu decaimento e profundidade em um período determinado de tempo é possível por meio de equações encontrar a condutividade hidráulica (BIASSUSI, 2001).

O movimento da água freática no solo se desenvolve na zona situada acima dos drenos e também abaixo deles. As linhas de fluxo seguem uma trajetória descendente, penetrando até certa profundidade, para depois, se dirigir aos drenos. Isto explica o fato conhecido de que a água de drenagem extrai sais de estratos situados abaixo do nível dos drenos (PIMENTA, 2008)

Para dimensionar um sistema de drenagem, é preciso levantar as cotas do terreno em muitos pontos, preferencialmente numa malha regular. Nesses pontos é preciso furar um buraco com trado e esperar por 24 horas para identificar o nível da água. O nível da água em cada furo deverá ser descontada da cota do terreno para descobrir a cota do lençol freático naquela data. As cotas do lençol freático serão usadas para desenhar um mapa com curvas de nível que passam por pontos onde o lençol freático tem a mesma cota. Essas curvas são designadas como isoípsas. Uma vez desenhadas as isoípsas, linhas que cortam perpendicularmente as isoípsas deverão ser desenhadas para identificar o caminho

naturalmente percorrido pelo movimento subterrâneo da água. Essas linhas são conhecidas como linhas de fluxo (LIMA, 2016).

Segundo Nonato (2008) os critérios de drenagem são distintos para o período de chuvas e período seco (irrigação). O critério de drenagem para o período de irrigação, estabelece que "N dias após a irrigação, o lençol freático deve atingir uma profundidade p", a qual depende da sensibilidade da cultura ao excesso de água.

Já o critério de drenagem para o período chuvoso, estabelece que em consequência das precipitações, o lençol freático se eleva até atingir uma profundidade p em relação à superfície do solo, com uma frequência de N vezes por ano. O sistema será dimensionado para uma chuva, provável de ser igualada ou superada cinco vezes ao ano, e não baseado na maior ocorrência de precipitações, que o tornaria antieconômico (NONATO, 2008).

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo Principal

Investigar as variações do nível freático e a condutividade hidráulica do solo da Fazenda Redenção, visando orientar o manejo da drenagem para fins de cultivo de cultura.

3.2 Objetivos específicos

1. Confeccionar e instalar 26 poços de observação do nível freático na Fazenda Redenção e proximidades;
2. Acompanhar o nível do lençol freático nos poços de observação e suas variações em função da recarga devida às precipitações e às irrigações;
3. Determinar a condutividade hidráulica a campo através do método do poço e analisar o valor obtido;
4. Disponibilizar informações que auxiliarão a interpretação da atual situação de drenagem da área.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

Os estudos foram realizados na fazenda Redenção situado no projeto Jaíba com as coordenadas $15^{\circ}10'42.97''\text{S}$ e $43^{\circ}47'22.51''\text{W}$.

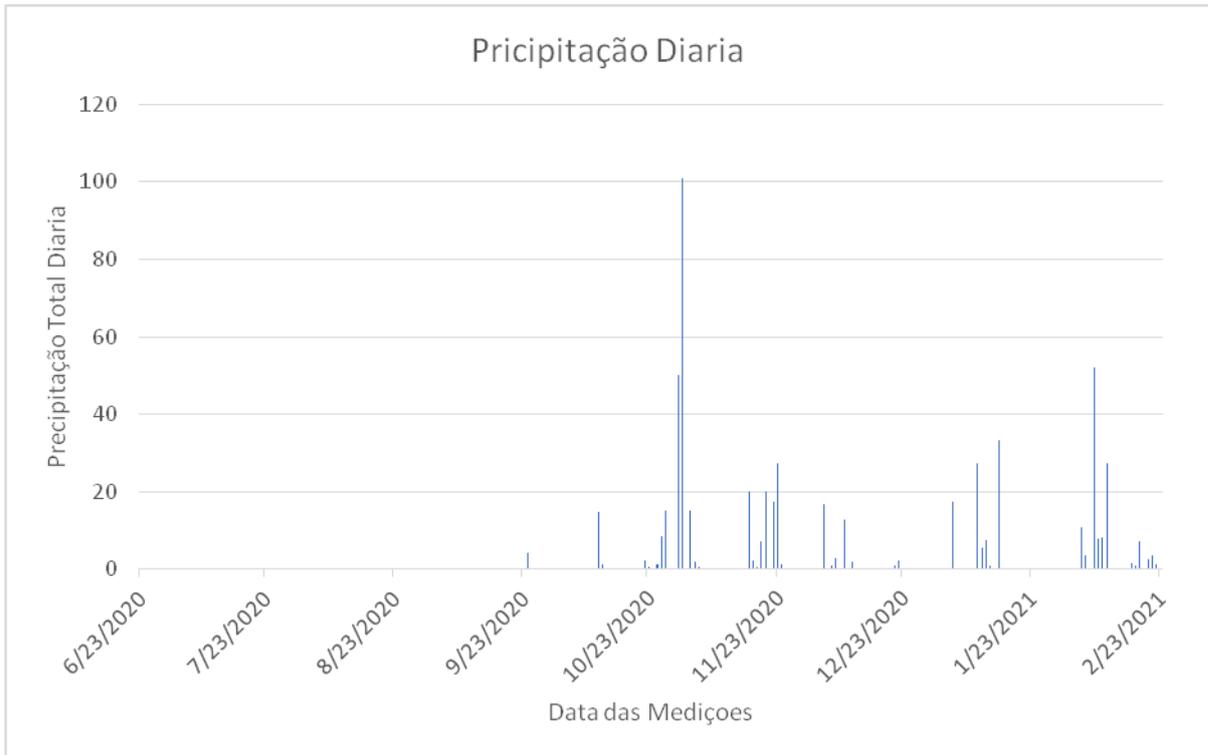
Figura 1 – Localização da Fazenda Redenção.



Fonte: Do Autor, 2020.

Para fundamentar a variação e análise dos poços foram utilizados todos os dados pluviométricos da região no período do projeto.

Gráfico 1 – Precipitações diárias da estação meteorológica INMET – Mocambinho.



Fonte: INMET – Adaptado Estação Mocambinho/Minas Gerais

4.2 Cálculo para a precipitação pluviométrica de retorno

O cálculo para a precipitação pluviométrica de retorno é realizado como parâmetro para calcular as precipitações que irão ocorrer 5 vezes ou mais no ano, e não a maior precipitação que ocorrera durando o ano, pois isso deixa um projeto de drenagem inviável pelo fator econômico.

Para realização do cálculo primeiramente foi necessário baixar de uma estação meteorológica uma série histórica de 40 anos com dados de precipitação “diário” da região. Para tal foi utilizado dados da estação de Mocambinho. A partir destes dados e das equações (1), (2), (3) e (4) foram equacionadas em uma planilha Excel e encontrada a precipitação pluviométrica de retorno.

equação (1)

$$F_i = N_i / (\sum N_i + 1)$$

$$F_j = M_j / (\sum N_i + 1)$$

equação (2)

$$T = 1/F_j$$

equação (3)

$$N = 365/T$$

equação (4)

Sendo:

N_i : Número de observações;

F_i : Frequência das observações;

F_j : Frequência com a qual a precipitação é igualada ou superada;

T : Período de retorno em dias;

N : Número de vezes por ano que a chuva é igualada ou superada;

M_j : Soma do número de observações das precipitações de ordem igual e superiores a i .

4.3 Acompanhamento do Lençol Freático

Para determinar a variação do lençol freático foi decidido utilizar a metodologia dos poços de observação, que consistiu em selecionar a área de análise e subdividir.

4.3.1 Instalação

A propriedade foi dividida de acordo com os seus setores, que possui 3 lotes e em cada lote 6 setores, totalizando 18 setores. Para ter uma melhor ideia sobre o nível freático foi possível estender os poços para duas propriedades ao redor da fazenda e com isso estudar se há alguma influência entre eles, chegando ao total de 26 poços de observação (Figura 5).

Figura 2 – Distribuição dos poços nas áreas

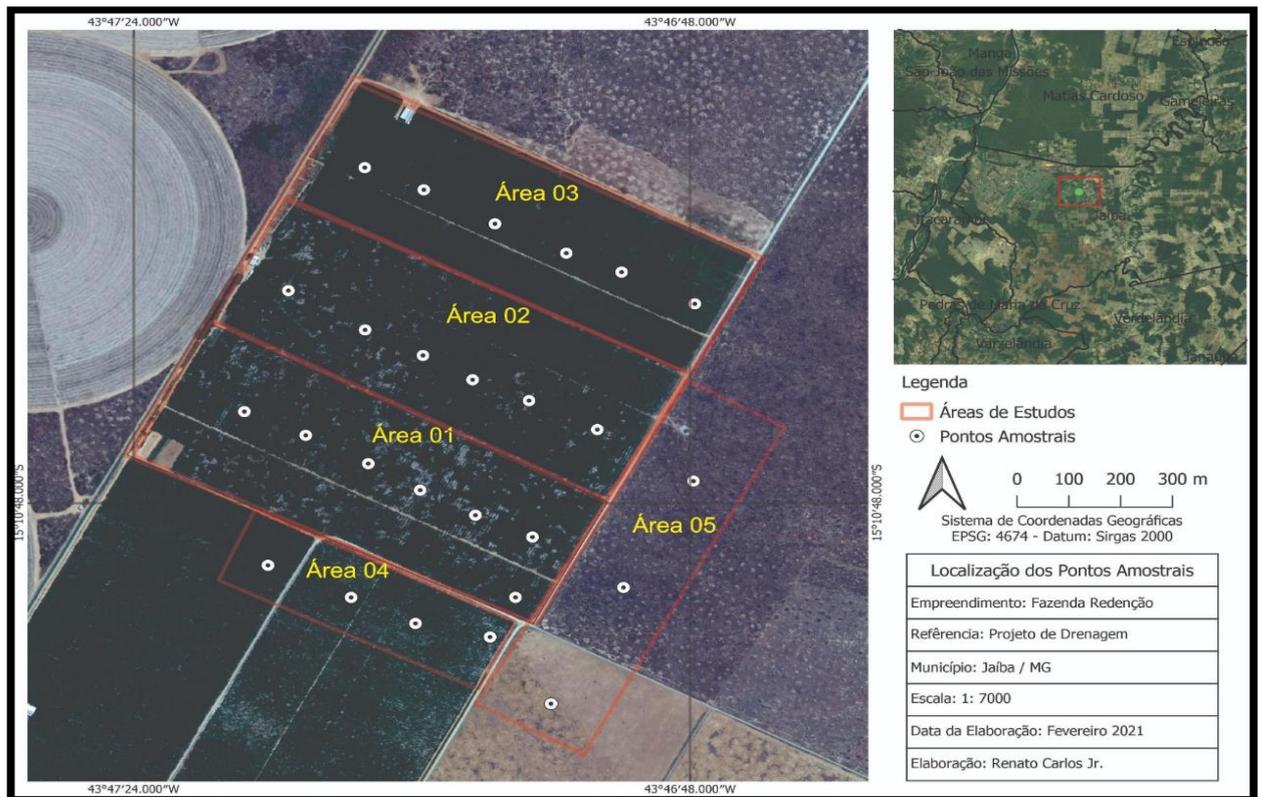


Foto: Do autor,2020

4.3.2 Montagem

Após a definição dos poços começou-se a abertura dos poços utilizando-se um trado de 2" com 2 metros de profundidade, onde foi definido que os pontos 1, 7, 13 teriam uma profundidade maior que os outros por se tratar de um local com cota inferior.

Os poços de observação foram perfurados com uma profundidade média de 1,60 metros através de trados manuais com diâmetro de 2" e comprimento de 2 metros. Estas cavas foram revestidas por um tubo de PVC com diâmetro de 2", com comprimento médio de 2,5 metros perfurados, e protegidas por sombrites 90%. Esses tubos tem como finalidade impedir o desmoronamento dos poços.

Figura 3 - Tubulação de PVC Perfurado



Foto: Do autor,2020

Figura 4 - Tubulação de PVC revestido com sombrite



Foto: Do autor,2020

4.3.3 Leituras dos poços

Com os poços já instalados, as leituras para determinar a altura do lençol foram feitas utilizando uma barra de metal envolta em giz e em seguida colocada dentro da tubulação, depois de 5 segundos era retirada e com o auxílio de uma fita métrica eram realizadas as medidas onde o giz estivesse molhado e depois anotadas em uma planilha. No início as medições eram feitas 3 vezes por semana para que essa variação fosse mais detalhada e com isso pudesse identificar o comportamento do lençol freático, mas com o passar do tempo foi observado pouca variação, com isso e pela falta de pessoal para fazer esse tipo de serviço foi decidido que as leituras fossem feitas pelo menos uma vez por semana com o acompanhamento por tempo indeterminado até que o problema fosse solucionado.

Figura 5 - Mensuração dos poços de observação



Foto: Do autor, 2020

4.4 Condutividade Hidráulica

Com a malha de poços de observação já instalada o próximo passo foi definir a condutividade hidráulica.

Para definir a condutividade hidráulica foi escolhido o poço de observação de número 5 pois se tratava de um ponto da fazenda onde se tinha um dos maiores problemas de encharcamento do solo e com isso foi possível ter um dado mais preciso de como essa condutividade estava. Como o poço 5 já tinha sido instalado há algum tempo a estabilidade desse poço já estava ideal para se fazer as medições. É fundamental esperar aproximadamente 24 horas após a abertura do poço para reestabelecimento do nível do lençol freático em seu interior.

A profundidade da água no interior do poço, ou seja, do espelho d'água até o fundo, foi medida. Em seguida foi feita a extração da água no poço, até as proximidades do fundo, para a determinação da velocidade de ascensão do nível dinâmico da água. A retirada da água no poço foi realizada com auxílio de uma mangueira para fazer uma pressão negativa e com isso fazer a sucção da mesma. Após esta operação, foram feitas as leituras em intervalos de tempo constantes (a cada 60 segundos) até o reestabelecimento do nível do lençol freático, ou seja, até o momento em que seja possível determinar a sua velocidade de ascensão da água. Para determinar essa ascensão, foi descido um cilindro de isopor preso em uma fita milimetrada até o fundo, foi estabelecido um ponto zero na haste de sustentação, e conforme a lâmina de água subia a fita se movimentava a partir deste ponto, e com isso foi possível medir a variação do nível freático no tempo.

Figura 6 - Determinação da condutividade Hidráulica



Foto: Do autor,2020

Para a determinação da condutividade hidráulica, foram propostas várias equações empíricas, com destaque a de ERNST (1950), pois é o modelo que mais se aproxima da situação do solo estudado. O modelo proposto é apresentado pela Equação 5:

$$K0 = \frac{4000 * r^2}{\left(\frac{H}{r} + 20\right) * \left(2 - \frac{h}{H}\right)} \frac{r}{h} \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad \text{equação (5)}$$

Sendo:

$K0$ = condutividade hidráulica do solo [m d-1];

H = distância entre o nível do lençol freático e o fundo do poço [cm];

r = raio do poço [cm];

h = distância do nível de água no poço ao nível do lençol freático, relativa a cada intervalo de medição [cm];

Δh = variação do nível da água no poço nos intervalos de tempo [cm];

Δt = intervalo de tempo relativo a cada medição de altura [s].

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Precipitação pluviométrica de retorno

Os critérios de drenagem para o regime variável se fundamentam no fato de que o lençol freático se eleva em consequência de uma chuva ou irrigação e, em seguida, estabelecem a velocidade de queda do lençol, isto é, o número de dias para que ele atinja uma determinada profundidade.

Com os dados obtidos na estação de meteorológica de Mocaminho foi possível a confecção da Tabela 1, na qual a chuva crítica (de projeto) calculada para a região é de 45mm.

Tabela 1- Série histórica de dados precipitação diário da região

40 anos					
Intervalo de Classe (mm)	Ni	$F_i = N_i / \sum N_{i+1}$	$F_j = M_j / \sum N_{i+1}$	$T = 1 / F_j$	$365 / T$
0	12140	80%	80%	1	365
0_5	1503	10%	10%	5,097199	71,60796
5_10	419	3%	3%	10,34452	35,28438
10_15	286	2%	2%	14,50817	25,15825
15_20	184	1%	1%	20,00397	18,24637
20_25	137	1%	1%	26,45009	13,79958
25_30	108	1%	1%	34,79954	10,48864
30_35	85	1%	1%	46,32822	7,878567
35_40	53	0%	0%	62,66805	5,82434
40_45	49	0%	0%	80,33511	4,543468
45_50	30	0%	0%	108,6547	3,359266
50_55	22	0%	0%	138,5596	2,634245
55_60	28	0%	0%	173,5977	2,102562
60_65	19	0%	0%	255,9831	1,425876
65_70	6	0%	0%	377,575	0,966695
70_75	8	0%	0%	444,2059	0,821691
75_80	8	0%	0%	580,8846	0,628352
80_85	6	0%	0%	839,0556	0,435013
85_90	3	0%	0%	1258,583	0,290009
90_95	1	0%	0%	1678,111	0,217506
95_100	2	0%	0%	1887,875	0,193339
100_105	4	0%	0%	2517,167	0,145004
105_110	1	0%	0%	7551,5	0,048335
110_115	0	0%	0%	15103	0,024167

115_120	0	0%	0%	15103	0,024167
120_125	0	0%	0%	15103	0,024167
125_130	0	0%	0%	15103	0,024167
130_135	1	0%	0%	15103	0,024167
Soma	15103	100,00%	100,00%	100,00%	365

5.2 Leitura e análise dos poços

Após o período de coleta, os dados foram transportados para Tabela 2, onde foram adicionadas as coordenadas, cota do ponto, profundidade do poço e altura da medição, para serem analisadas e retirada as medias desses valores para serem analisados em grupos.

Tabela 2 – Informações referente aos poços de observação

Poços de Observação (1,5 a 2 metros de profundidade) (Coordenadas em UTM Fuso 23L)				
Pontos	Cota do Ponto (m)	Profundidade do Poço (m)	Coordenada x	Coordenada y
P1	462,88	1,96	630145,2808	8321651,509
P2	463,18	1,58	630269,9986	8321591,617
P3	463,4	1,61	630392,3993	8321530,577
P4	462,98	1,61	630520,217	8321450,417
P5	463,14	1,57	630640,4455	8321396,498
P6	462,94	1,57	630777,4467	8321322,962
P7	461,91	2	630310,8484	8321917,698
P8	462,92	1,63	630425,981	8321861,84
P9	463,04	1,62	630546,0329	8321800,917
P10	462,26	1,63	630681,6186	8321731,04
P11	462,27	1,6	630789,8696	8321653,132
P12	463,11	1,55	630913,5603	8321593,081
P13	461,79	2	630427,4797	8322186,813
P14	462,38	1,58	630556,9296	8322124,966
P15	462,56	1,52	630688,4543	8322050,508
P16	462,32	1,53	630801,817	8321996,363
P17	462,57	1,56	630937,9451	8321932,113
P18	463,28	1,58	631049,1771	8321863,609
P19	463,96	1,6	630664,6108	8321110,339
P20	463,56	1,57	630524,4875	8321155,913
P21	463,34	1,62	630441,7179	8321190,127
P22	463,61	1,568	630264,4923	8321286,907
P23	463,21	1,614	630783,8808	8321057,818
P24	463,37	1,565	630861,1885	8321290,807
P25	463,12	1,58	631004,6989	8321560,344
P26	462,2	1,595	630731,3068	8321172,409

A tabela foi dividida em grupos, onde cada grupo foi relacionado a uma área estudada. Sendo assim a primeira área representa os pontos de 1 a 6 e 26 que corresponde ao primeiro lote da Fazenda Redenção, a segunda área abrange os setores de 7 a 12 que corresponde ao segundo lote da fazenda redenção, de 13 a 18 é a terceira área que corresponde ao terceiro lote da fazenda redenção, já a quarta área é situado dentro da fazenda FRUTSI que tem os pontos 19 a 22 e a quinta e última área, já é uma mata fechada que tem apenas 3 pontos que são os restantes, 23, 24 e 25.

5.3 Análise dos poços de observação

5.3.1 Análise da área 1

Na área um foi formada uma lagoa no setor 6, onde foi parcialmente interrompida a produção. Ao analisar foi constatado que nos poços 1, 2, e 3 não foram encontrados lençol até 1,5 metros de profundidade, a partir dali os outros poços foram encontrados lençol freático em profundidades diferentes, tendo o maior registro no poço 26 que fica bem próximo da lagoa. Foi possível observar que ao passar do tempo os poços 4, 5, 6, e 26 foram abaixando seu nível freático ao longo do tempo, após o período de chuvoso. Outro motivo que foi fundamental para o rebaixamento do lençol é que o DIJ2 começou a construção dos drenos margeadores ligados a rede de macro drenagem do projeto Jaíba com isso a lagoa formada no setor 6 foi completamente drenada isso foi refletido no poço 26.

Na figura 7 podemos observar a lagoa formada no Lote 1 setor 6 que causou grande impacto na produção da fazenda.

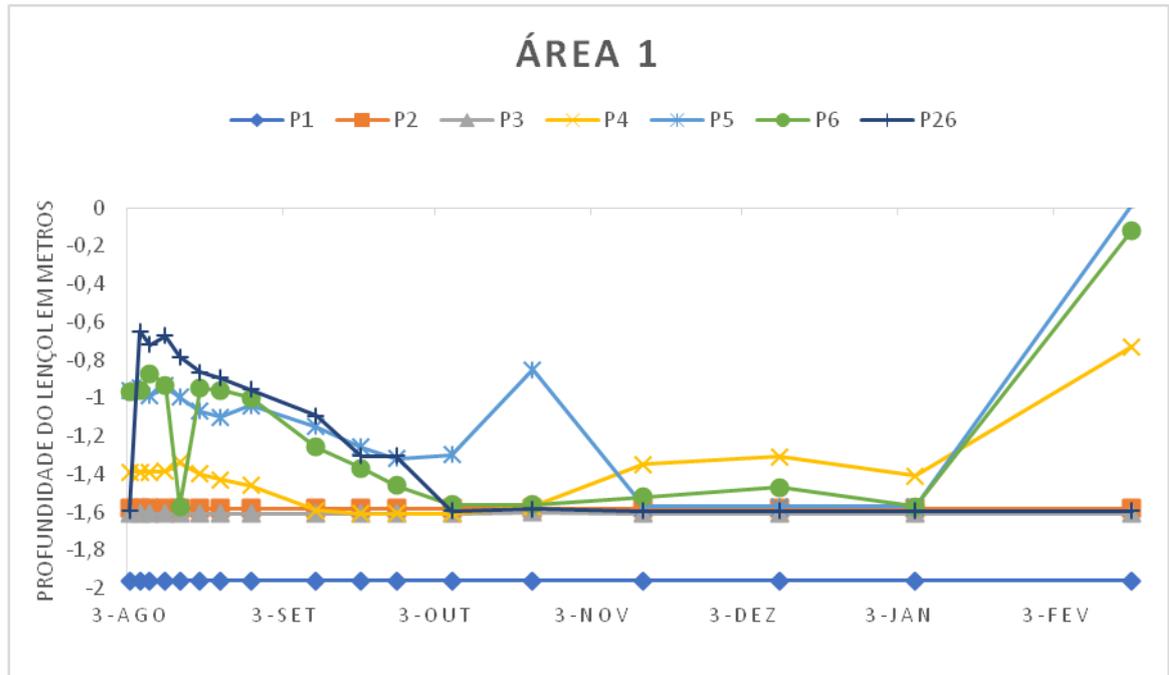
Figura 7 – Lagoa Formada no Lote 1 setor 6



Foto: Do autor,2020

No mês de novembro começou a construção da rede de drenagem interna que foi planejada a partir dos dados do projeto. Nessa mesma época iniciou-se o período chuvoso com uma chuva de 100 mm no dia 30 de outubro de 2020, que foi refletida no poço 5 com elevação do lençol freático que logo depois já decaiu rapidamente, no poço 26 onde estava situado a lagoa não houve alteração se mantendo estável e em zona segura. A chuva teve o período mais intenso no mês de fevereiro onde nos poços 4, 5, 6 foram detectados a elevação do lençol porém com o relato do gerente da fazenda que informou que não houve prejuízos a cultura e que o lençol estava sendo rebaixado rapidamente.

Gráfico 2- Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 26, área 1.

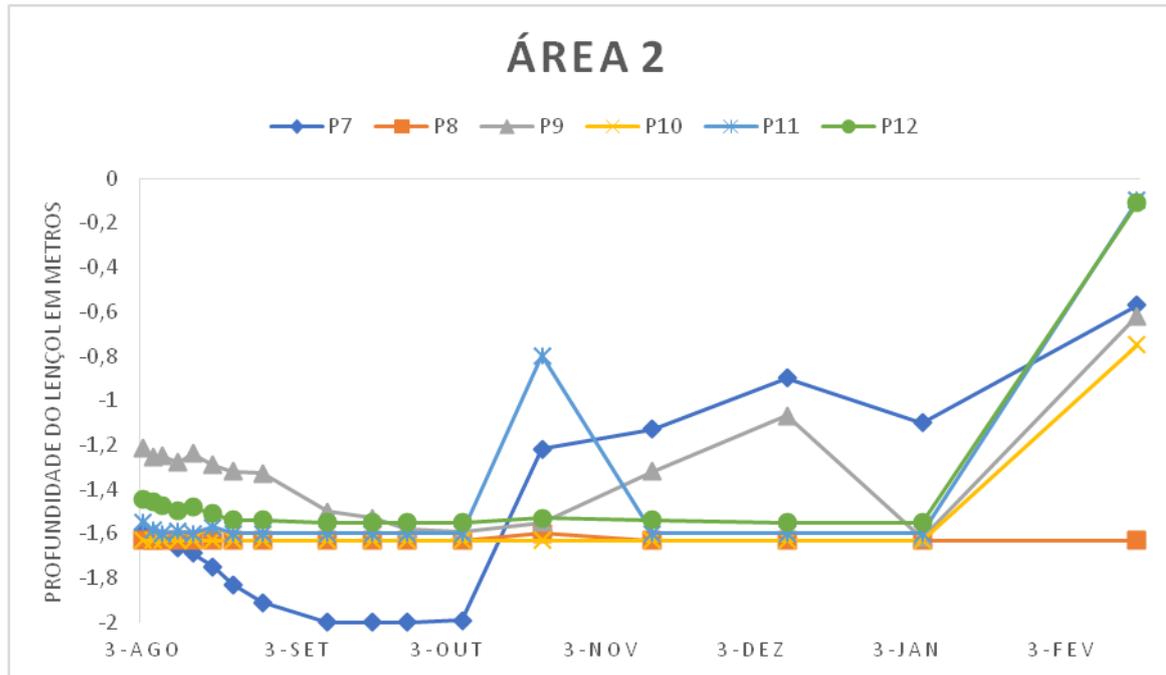


5.3.2 Análise da área 2

Na área 2 existe uma cacimba no primeiro setor que influenciou no aumento do lençol freático. No início os poços 7, 8 e 12 foram encontrados faixas de água que desapareceram ao passar das leituras, porém com o início do período chuvoso a cacimba voltou a encher subindo o nível do lençol onde os poços constataram essa elevação e que mostrou como ocorre a variação do lençol freático.

Estão sendo construídos drenos que vão levar a água até a cacimba e outro dreno que vai escovar e levar até a rede de macro drenagem que vai fazer como que o nível do lençol rebaixe e não afete a produção.

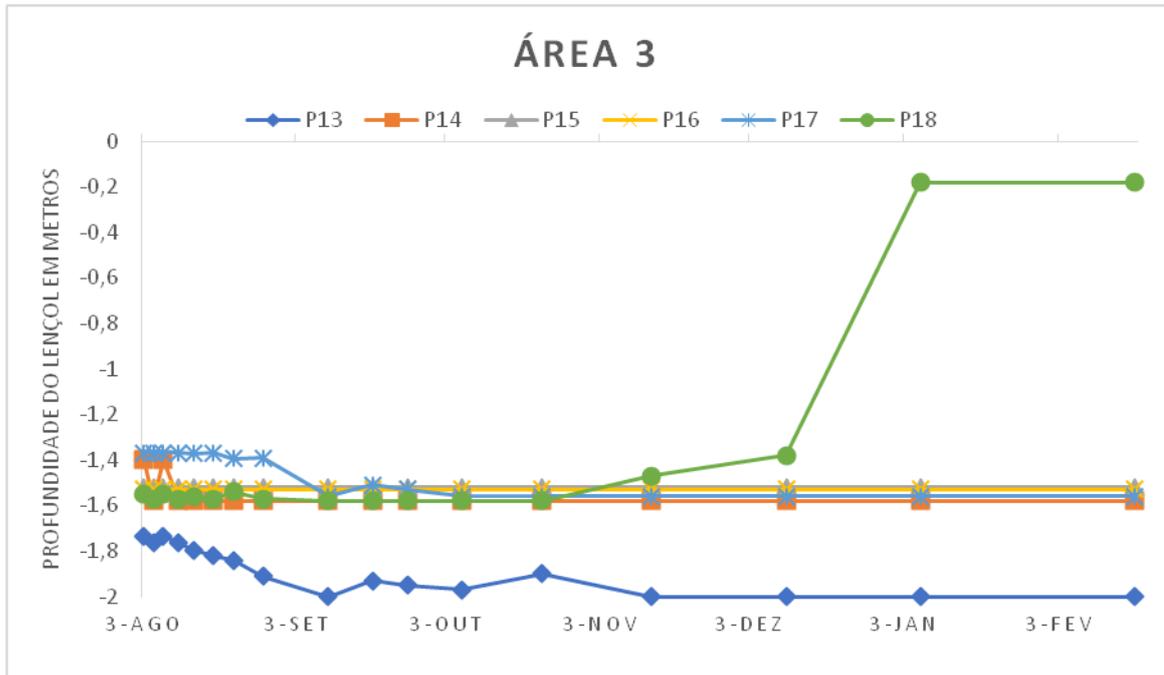
Gráfico 3- Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 7, 8, 9, 10, 11, 12, área 2.



5.3.3 Análise da área 3

A área 3 corresponde ao terceiro lote da fazenda Redenção, o ponto que no início do ano ficou mais prejudicado, tendo que ser parcialmente abandonada devido à dificuldade do manejo dentro dos setores. O poço 13 foi perfurado com 2 metros de profundidade onde começou ser encontrado o lençol e depois disso foi possível observar o rebaixamento do lençol com o passar das medições. Com a volta do período chuvoso o ponto 18 foi o que teve o maior aumento do lençol, isso aconteceu pois foi a única área que ainda não tinha começado a construção dos drenos interno, sendo possível confirmar que as linhas de fluxo seguem uma tendência a se dirigir para aquele local.

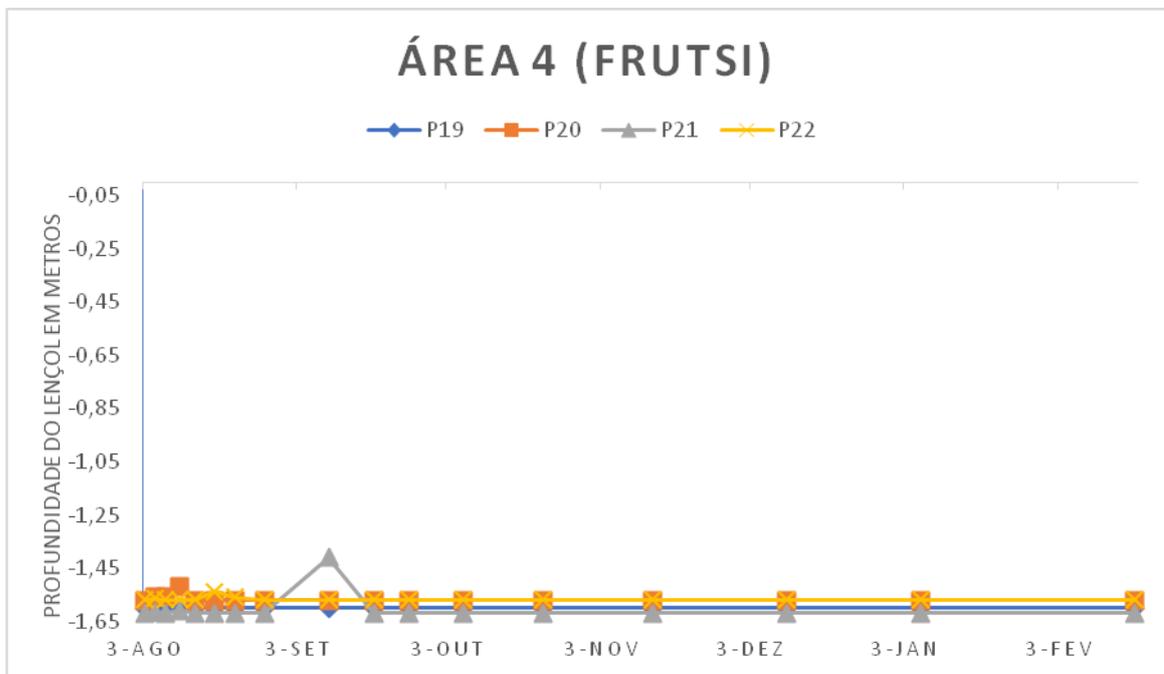
Gráfico 4- Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 13, 14, 15, 16, 17, 18, área 3.



5.3.4 Análise da área 4

Não foi observada a presença do lençol freático até 1,5 metros, na fazenda FRUTSI.

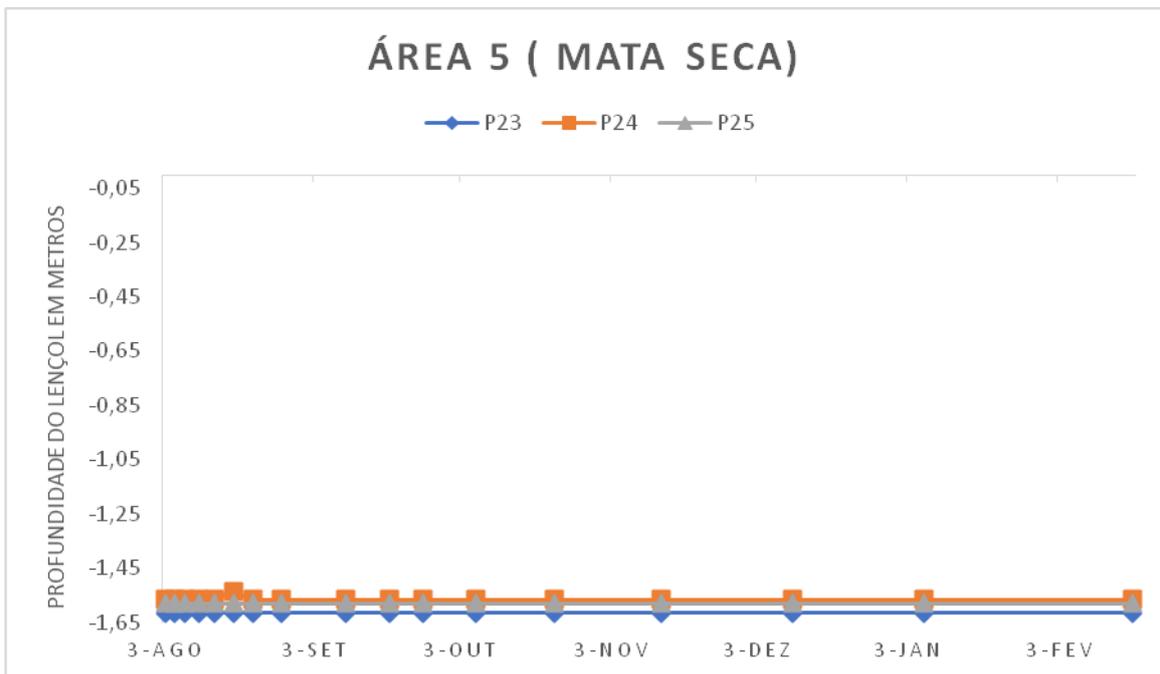
Gráfico 5 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 19, 20, 21, 22, área 4.



5.3.5 Análise da área 5

A área 5 foi aberta logo acima da fazenda Redenção para que fosse possível observar se estaria havendo alguma influência entre os lotes e verificar a possibilidade de encontrar lençol freático até 1,5 metro abaixo do nível do solo. Como observado no gráfico 6 mostra, não foi encontrado nem uma faixa de lençol freático até a profundidade de 1,65 metros, sendo possível confirmação que mesmo os dois lotes estando próximos eles não estão compartilhando de solo encharcado.

Gráfico 6 - Profundidade do Lençol Freático ao longo dos pontos 23, 24, 25, área 5.



Com os poços de observação foi possível explicar como o lençol freático se comporta, pois ficou claro ao observar nos gráficos as variações do lençol freático por toda a fazenda. Por volta do dia 25 de setembro de 2020 o dreno margeador teve o início da sua construção pelo DIJ2, logo após já surgiu uma mudança significativa nas leituras dos poços onde ainda se encontrava uma faixa de lençol elevada. É válido ressaltar que as leituras continuaram sendo feitas, e quando o período chuvoso retornou foi possível observar que o lençol freático deve a tendência de se elevar de acordo com os gráficos, porém dessa vez com os drenos já instalados na maioria da propriedade não ocorreu o mesmo problema de formação de lagoas, e como o técnico da propriedade ressaltou a cultura não foi afetada e a propriedade tende voltar à normalidade rapidamente após o período chuvoso cessar.

5.4 Determinação das Linhas de fluxo.

Para ser feito um bom projeto de drenagem é preciso ter as linhas de fluxo do lençol freático, pois é possível identificar como comporta o fluxo de água e assim cortar esse fluxo evitando enxarcar o solo. No entanto esse parâmetro é dificilmente adotado, o que geralmente acontece nos projetos de drenagem da região e apenas a análise topográfica do terreno e traça os drenos no sentido da maior cota para a menor, sem analisar outros parâmetros que depois vai ocasionar grande problemas como é explicado mais abaixo no problema da cacimba.

Com os dados já obtidos como levantamento topográfico e a altura do lençol, foi utilizado o programa AutoCad para obter as linhas de fluxo no qual foi gerado a imagem abaixo.

As curvas de isoipsas demonstradas na figura 8 vem confirmar o motivo da formação da lagoa no setor 6 do lote um pois se trata de uma cota mais baixa.

Figura 8 – Curvas de isoipsas do terreno.

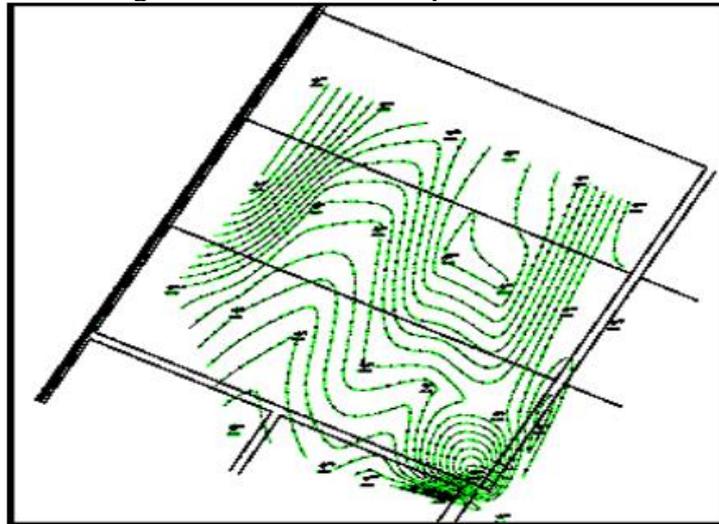


Imagem: Do autor, 2020.

Na figura 9 é possível observar o sentido que a água percorre no solo, sendo o local de maior pressão o segundo lote da fazenda e também é possível notar que no primeiro lote onde formou a lagoa a tendência das linhas já é expulsar essa água para os outros lotes.

Figura 9 – Curvas de isoipsas e linhas de fluxo

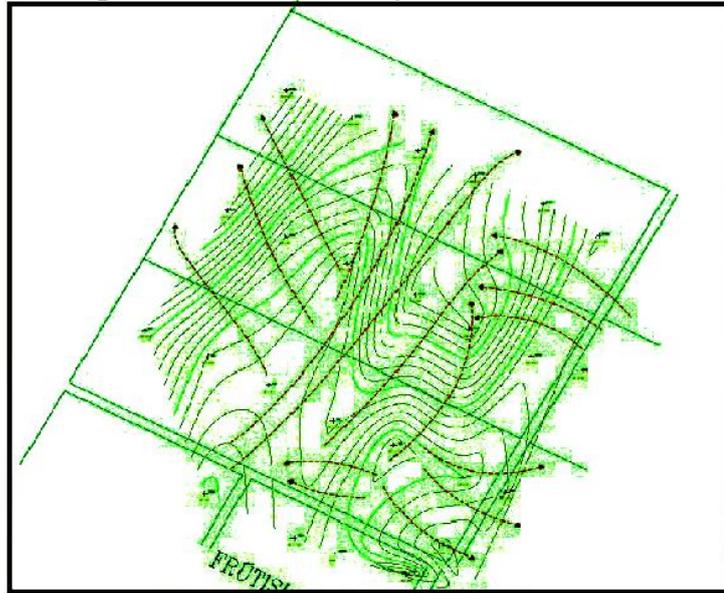


Imagem: Do autor, 2020.

No início do ano foi feita uma visita a propriedade, onde a encontramos parcialmente alagada, a solução encontrada pelos proprietários na época foi construir uma cacimba e alguns drenos interligando, para que os lotes alagados fossem drenados. No entanto após o levantamento topográfico foi diagnosticado que essa cacimba contribuiu para que o lençol freático fosse elevado, pois ela foi construída em uma cota muito baixa do terreno, com isso levando todo fluxo de água para aquele único ponto. Outro fator que contribuiu para isso é a construção dessa cacimba próxima ao canal de irrigação, que gera uma compactação do solo e impede a passagem de água para outros locais. Abaixo segue uma imagem que representa o fato ocorrido.

Figura 10 – Exemplo de elevação do

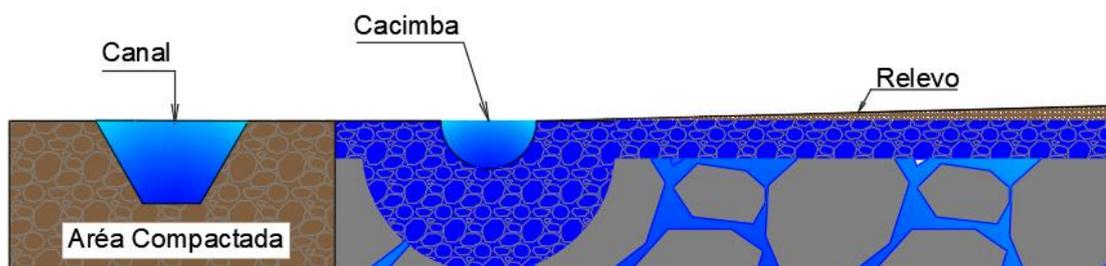


Imagem: Do autor, 2020.

5.5 Condutividade Hidráulica

O poço 5 estava com o espelho d'água a uma profundidade de 62 cm, após esvaziá-lo, as medições tiveram início, com o intuito de descobrir a condutividade hidráulica. A tabela 3 mostra as repetições e o tempo que foi utilizado para chegar nessa constante Ko.

A condutividade hidráulica do solo em estudo foi de 0,25 m/dia ou 1,05 cm/h. De acordo com Millar (1988), valores de condutividade hidráulica entre 0,1 a 0,5 cm/h é considerada lenta e valores entre 0,5-2,0 cm/h, moderada.

Tabela 3 apresenta as variações de tempo e altura da coluna de água.

Tempo (minutos)	Repetições		
	1°	2°	3°
t0	5,4	0	1
t1	10,7	5,2	6
t2	14,9	9,7	9,5
t3	18,8	13,8	14,2
t4	22,1	18,1	18,5
t5	25,3	21,8	21,6
t6	28	25,6	25,5
t7	30,4	29	28,9
t8	32,4	31,8	31,6
t9	33,9	34,3	33,8
t10	35,4	35,5	35,2
600 s	30	35,5	34,2
Média Δh		33,23	

6.CONCLUSÃO

O presente trabalho conclui que a precipitação pluviométrica foi de 45 mm, dado esse que poderá se usado por qualquer proprietário dentro do Projeto Jaíba para ajudar na confecção de um projeto de drenagem.

Os poços de observação mostraram como se comporta o lençol freático dentro da fazenda e sua variação do período seco ao período chuvoso levando em consideração que ao construir os drenos o lençol rebaixou de maneira mais rápida. O lençol tende a se elevar no período chuvoso e tendo seu rebaixamento de maneira gradativa e relenta até o período seco, no entanto com os drenos o lençol ainda sobe no período chuvoso porem volta ao estado normal mais rapidamente.

As linhas de fluxo concluíram que o fluxo da água tende a ir para o setor um do lote 2 e para o ultimo setor do lote 3, também ajudando a concluir que a cacimba foi um elemento que contribuiu para o encharcamento da propriedade nos lotes 2 e 3.

A condutividade hidráulica encontrada na fazenda foi de 0,25 m/dia ou de 1,05 cm/h valor esse considerado moderado por Millar (1988), essa condutividade mostra que ao se construir a rede de drenagem o excesso do fluxo de água do solo será rapidamente levada para os drenos impedindo que o solo volte a ficar encharcado por muito tempo.

Esse trabalho foi essencial para que tanto os proprietários da fazenda quanto os demais produtores do projeto Jaíba possam ter consciência de como esses alagamentos acontecem e quais devem ser as técnicas adotadas para fazer um projeto de drenagem eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, T.H.M *et al.* **O Processo de Implementação do Projeto Jaíba na Percepção de Atores Políticos e Burocratas.** 2008. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/38/APS-B2637.pdf> Acesso em Fevereiro de 2021.

BATISTA, Manuel de Jesus; NOVAES, Fabio de; SANTOS, Devanir Garcia dos *et al.* **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos. 2ª ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 2002** 216 p. il. (Série Informes Técnicos) 1. Drenagem 2. Dessalinização I. SUGUINO, Hermínio Hideo. II. Título III. Série. 626.862.423.5 B333d

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. 5ª Reimpressão. Viçosa: UFV, 2013. 625 p.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Jaíba – Etapa I.** 2018 Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/jaiba-etapa-i-mg>> Acessado em Março de 2021.

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

FARIAS, M S S. **Diagnóstico de necessidade de drenagem no perímetro irrigado de São Gonçalo.** 1999. 90f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II Campina Grande - Brasil, 1999.

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

GUERRA, H. O. C. **Física dos Solos.** Campina Grande: UFCG, 2000. 173p.

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

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design.** Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

LIMA, L. **Drenagem de terra agrícolas**. Lavras – MG : Universidade Federal De Lavras-UFLA. 2016 Disponível em: <
http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%2010/Apostila_Drenagem_UFLA_Luis%20Lima.pdf > Acessado em Março de 2021.

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

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

MINAS GERAIS – Secretaria de Agricultura de Minas Gerais - **Projeto Jaíba** – 2018. Disponível em: <
<http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/Projeto%20Jaiba.pdf> > Acessado em Março de 2021.

NIERO, R, Z. **Acompanhamento do nível freático e determinação da condutividade hídrica do solo na Fazenda Experimental da Ressacada CCA-UFSC**.2011.50 f. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, 2011.

NONATO, R. T. C. **Apostila de Drenagem**. 2008. 54f. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, 2008.

PIMENTA, J, L. **Drenagem agrícola**. Rio de Janeiro – RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia. 2008 Disponível em: <
http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/Drenagem_Versao%203.0.pdf >
 Acessado em Março de 2021.

SILVA, José L. de A. et al . **Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 18, supl. p. 66-72, 2014 . Available from <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001300066&lng=en&nrm=iso>. access on 07 Mar. 2021.

VANT'T WOUDET, 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