



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - IPH



ANÁLISE DA SUBIRRIGAÇÃO EM VÁRZEAS TROPICAIS

JOÃO CARLOS FARENCENA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Interinstitucional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, sob orientação do Prof. Dr. José Antônio Louzada.

Porto Alegre, dezembro/2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - IPH



ANÁLISE DA SUBIRRIGAÇÃO EM VÁRZEAS TROPICAIS

João Carlos Farencena

Orientador: Dr. José Antônio Louzada

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Interinstitucional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, sob orientação do Prof. Dr. José Antônio Louzada.

Porto Alegre, dezembro de 2011.

Banca Examinadora

Prof.^a Dra. Nilza Maria dos Reis Castro
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^o Dr. Pedro Antônio Roehe Reginato
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.^o Dr. Élvio Giasson
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico aos meus pais (in memórian) e minha família.

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental Interinstitucional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisas Hidráulicas, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental sob orientação do Prof. Dr. José Antônio Louzada, resultado da parceria realizada entre o IPH/UFRGS, a UFT e o governo do estado do Tocantins.

O trabalho intitulado “Análise da Subirrigação em Várzeas Tropicais” buscou analisar tecnicamente as atividades que utilizam este método de irrigação a mais de trinta anos na região, visando obter subsídios que possam melhorar o entendimento desta prática.

Existem critérios de projeto ainda não suficientemente conhecidos até o momento, como distância ideal entre os canais terciários de irrigação e drenagem (KK's), o nível de operação da água nestes canais terciários e a profundidade da água do lençol freático no interior das parcelas de cultivo.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido na Parcela F 5/3 na 2ª Etapa Projeto Rio Formoso em Formoso do Araguaia – TO, na área da COPERJAVA - Cooperativa Mista Rural Vale do Javaés Ltda durante a entressafra 2009.

Foram monitorados os níveis da água nos dois canais terciários de irrigação e drenagem que margeiam a parcela, através de leituras nas régua graduadas instaladas com referência de nível em seus leitos. Paralelamente foi medido a profundidade do nível do lençol freático nos trinta poços de observação instalados no interior da parcela, através da inserção de régua graduadas portáteis nos poços durante o período efetivo de irrigação, sendo que a referida parcela foi cultivada com soja destinada a produção de sementes e irrigada pelo método da subirrigação.

A cultura instalada recebeu durante todo o ciclo os mesmos tratamentos culturais e regime de irrigação que o restante das áreas adjacentes receberam, conforme o manejo adotado pelos produtores locais recomendado pela assistência técnica responsável pela área do projeto.

Após a maturação da cultura foram colhidas áreas padrão de 11,25 m² junto a cada um dos 30 poços de observação e definida a produtividade.

A partir dos resultados foram feitas as correlações entre a variação do nível do lençol freático com a produtividade, distância dos KK's e evapotranspiração máxima (ET_m). Também foram feitas as correlações da produtividade com a distância dos KK's e a granulometria do solo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter proporcionado esta oportunidade e dado a perseverança e determinação necessárias para superar mais este desafio acadêmico.

Agradeço a minha família pelo apoio, principalmente a minha filha Julliana pela compreensão nos tantos momentos ausentes ao longo do curso.

Agradeço ao Professor orientador Dr José Antônio Louzada pelo apoio e acompanhamento na orientação técnica do trabalho.

Agradeço ao Professor Dr Fernando Setembrino Cruz Meirelles pelo apoio, dedicação e complementação na orientação técnica do trabalho.

Também agradeço aos demais Professores do IPH em nome dos Coordenadores do PPGRHS Prof^o André Luis Lopes da Silveira e Prof^o Carlos André Bulhões Mendes.

Agradeço em especial ao Professor do IPH Lawson Beltrame pela contribuição dispensada, mesmo sem ter sido docente do MINTER.

Agradeço ao estado do Tocantins em nome do Secretário de Recursos Hídricos e Meio Ambiente Mestre Anízio Costa Pedreira, por tudo o que foi feito em prol da viabilização e realização do MINTER, tanto em termos pessoais como coletivamente ao grupo.

Agradeço ao Produtor Clóves Oliveira Valadão irrigante pioneiro do Projeto Rio Formoso em Formoso do Araguaia – TO e proprietário da área onde foi instalado o experimento, pelo apoio incondicional dispensado durante toda a condução do trabalho de pesquisa.

Agradeço aos Técnicos Agrícolas Antônio Pedro Neto (Pimenta), Gaspar Francisco Caetano e Darci Milhomem, por toda dedicação e empenho dispensados na condução dos trabalhos de campo.

Agradeço à Universidade Federal do Tocantins – UFT em nome da Prof^a Keile Beraldo e Prof^a Liliana Pena Naval pela parceria com o IPH/UFRGS, ao Prof^o Luciano Saboya do Campus de Gurupi – TO pelo interesse no trabalho e ao Édson Oliveira.

Agradeço o Alan, o Talvani, o Túlio, enfim a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado até o seu final.

Agradeço aos colegas de MINTER pela perseverança, companheirismo, solidariedade e respeito demonstrados, mesmo nas horas difíceis que enfrentamos unidos. Registra-se a importância da oportunidade dos profissionais liberais levarem ao conhecimento da comunidade científica, assuntos de suas rotinas relevantes para o Brasil, que na maioria das vezes não recebem a devida atenção por falta desta interação com os membros da pesquisa.

RESUMO

As Várzeas Tropicais no estado do Tocantins são exploradas intensivamente com duas safras anuais irrigadas: arroz irrigado pelo método de inundação na safra do período chuvoso e diversas culturas de maior valor agregado pelo método da subirrigação na entressafra durante o período de estiagem.

Existe uma carência de informações técnicas sobre este bioma e sobre a prática da subirrigação. O trabalho Análise da Subirrigação em Várzeas Tropicais foi realizado com o objetivo de analisar o comportamento deste método de irrigação, através do monitoramento dos níveis de água nos canais e no lençol freático, da produtividade e outros parâmetros complementares.

A pesquisa foi realizada na área do Projeto Rio Formoso em Formoso do Araguaia – TO durante a entressafra 2009, explorada com a cultura da soja destinada à produção de sementes, local onde esta prática é utilizada constantemente desde o ano de 1981.

O acompanhamento da cultura e os resultados obtidos demonstraram que este método de irrigação atendeu parcialmente a demanda hídrica básica da cultura instalada. Nos trinta pontos monitorados, tanto a produtividade como o nível médio do lençol freático apresentaram individualmente grandes variações entre si.

Não houve correlação significativa entre a variação do nível do lençol freático com a produtividade, com a distância dos canais terciários de irrigação e drenagem e com a evapotranspiração máxima. Também não houve correlação da produtividade com a distância dos canais terciários de irrigação e drenagem e nem com a granulometria do solo.

Palavras-chaves: Várzeas Tropicais, subirrigação, lençol freático, Projeto Rio Formoso, Tocantins.

ABSTRACT

The Tropical Floodplains in the state of Tocantins are intensively farmed with two annual irrigated crops: flood irrigated rice in the rainy season and various higher added value crops using the subirrigation method between harvests during the dry period.

There is lack of technical information about this biome and about the practice of subirrigation. The study “Analysis of Subirrigation in Tropical Floodplains” was done to analyze the behavior of this irrigation method by monitoring the water levels in the canals and water table, yield and other complementary parameters.

The study was performed in the Rio Formoso Project area, in Formoso do Araguaia, state of Tocantins (TO), during the period between harvests in 2009, with a soybean crop for seeds. This has been a continuous local practice since 1981.

The follow up of the crop and the results obtained showed that this irrigation method partially covered the basic water demand of the installed crop. At the thirty points monitored, both yield and mean level of the water table individually presented great variations in relation to each other.

There was no significant correlation between the water table variation and yield, distance from the tertiary irrigation and drainage canals and maximum evapotranspiration. There was also no correlation between yield and distance from the tertiary irrigation and drainage canals or soil grain size.

Keywords: Tropical Floodplains, subirrigation, water table, Rio Formoso Project, Tocantins.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	IV
AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
SUMÁRIO	VIII
RELAÇÃO DE FIGURAS	X
RELAÇÃO DE TABELAS	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Várzeas tropicais	5
3.1.1 Solos de várzeas tropicais no Vale do Rio Araguaia	7
3.1.2 Clima da região	9
3.2 Irrigação – importância na agricultura	10
3.2.1 Balanço hídrico	13
3.2.2 Manejo do lençol freático.....	14
3.2.3 Principais métodos de irrigação	15
3.2.4 Subirrigação ou irrigação sub-superficial	17
3.3 Evapotranspiração	20
3.3.1 Evaporação	22
3.3.2 Transpiração	23
3.3.3 Evapotranspiração máxima (ET _m) e real (ET _r).....	24
3.3.4 Fator de resposta da cultura (ky)	24
3.3.5 Coeficiente da cultura (kc)	25
3.4 Condutividade hidráulica (K).....	26
3.5 Curva de retenção de água no solo (CRA)	27
4 METODOLOGIA	29
4.1 Descrição do local do experimento	29
4.2 Detalhamento do experimento.....	32

4.3	Cultura utilizada no experimento	42
4.4	Manejo da cultura e monitoramento do experimento.....	43
4.5	Necessidade de água da cultura.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5.1	Análise do comportamento da subirrigação	45
5.1.1	Lençol freático x produtividade	45
5.1.2	Lençol freático x distância dos KK's	48
5.1.3	Lençol freático x estimativa da ETm	49
5.1.4	Produtividade x distância dos KK's	50
5.1.5	Produtividade x granulometria	52
5.2	Análise do atendimento da necessidade hídrica da cultura	53
6	CONCLUSÕES.....	58
7	RECOMENDAÇÕES.....	59
	REFERÊNCIAS	60
	ANEXO 1: DADOS CLIMÁTICOS	66
	ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS DO SOLO.....	68
	ANEXO 3: NÍVEIS OBSERVADOS NOS POÇOS E KK'S.....	70

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 4.1: Macrolocalização da área do Projeto Rio Formoso	29
Figura 4.2: Visão geral do Projeto Rio Formoso.....	30
Figura 4.3: Arranjo geral do projeto e detalhe do Módulo F5.....	31
Figura 4.4. Coleta da amostra indeformada nº 05 em trincheira no horizonte A.	32
Figura 4.5. Coleta da amostra indeformada nº 04 em trincheira no horizonte B.	33
Figura 4.6. Poços de observação recém instalados na parcela.	34
Figura 4.7. Régua nº 4 recém instalada no KK a leste da parcela.	34
Figura 4.8. Vista geral da parcela e do poço de observação nº18 instalado.....	35
Figura 4.9. Monitoramento do lençol freático no poço nº 18.....	35
Figura 4.10. Leitura da régua nº 3 instalada no KK a oeste da parcela.	36
Figura 4.11: Croqui de instalação dos poços, réguas e de abastecimento do lençol freático	37
Figura 4.12. Estacas de uma das cinco linhas junto aos seis Poços de Observação.....	37
Figura 4.13: Arranjo geral da parcela e do experimento	38
Figura 4.15. Poço de Observação nº 25 em PVC 50 mm com travessa e tampão.....	39
Figura 4.16. Detalhe da régua graduada e calibrada com bóia na extremidade.	40
Figura 4.17. Detalhe da leitura do nível do lençol com a régua inserida no poço.....	40
Figura 4.18. Colheita manual junto a estaca nº 05 e desmobilização do poço de observação correspondente.....	41
Figura 4.19: Vista geral da parcela em fase reprodutiva na entressafra 2009.....	42
Figura 5.1. Nível do Lençol Freático X Produtividades Obtidas.	46
Figura 5.2. Nível normalizado nos poços com produtividade superior a 3.000kg/ha.	47
Figura 5.3. Lençol Freático X Distância KK.....	48
Figura 5.4. Variação do Nível Médio do Lençol Freático e variação da ETm.....	49
Figura 5.5. Produtividades Médias Obtidas x Distância dos KK's.	50
Figura 5.6. Distribuição Espacial das Produtividades e lay out da parcela.	51
Figura 5.7. Gráfico da Produtividade X Teor de Argila.....	52
Figura 5.8. Gráfico da Produtividade X Teor de Silte.....	52
Figura 5.9. Gráfico da Produtividade X Teor de Areia.	53
Figura 5.10: Histograma de Frequência da ETm.....	57
Figura A 3.1. Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009.	77
Figura A 3.2. Gráficos do Comportamento do Nível Médio do Lençol Freático X Nível Médio dos KK's.....	83

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 5.1. Resumo Nível Médio dos KK's X Nível Médio dos Poços X Produtividade.....	45
Tabela 5.2. Necessidade de água da cultura da soja.....	54
Tabela 5.3. Fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (Ky).....	56
Tabela A 1.1. Dados Climáticos Diários de 2009	66
Tabela A 2.1. Resultado de Análise da Curva Característica de Retenção de Água no Solo	68
Tabela A 2.2. Resultado de Análise da Condutividade Hidráulica do Solo.....	68
Tabela A 2.3. Resumo do Resultado da Análise de Textura do Solo.....	68
Tabela A 3.1. Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 - Dados de campo. 70	
Tabela A 3.2. Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 – Resumo	72

LISTA DE SÍMBOLOS

- $\Delta H/D$** - Gradiente hidráulico (m/m)
- ABID** – Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem
- CODEVASF** – Companhia de Desenvolvimento do Rio São Francisco
- COOPERFORMOSO** – Cooperativa Agroindustrial Rio Formoso Ltda
- COPERJAVA** – Cooperativa Mista Rural Vale do Javaés Ltda
- CNPAF** – Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
- CNP SOJA** - Centro Nacional de Pesquisa de Soja
- CRA** – Curva de retenção de água no solo
- DIRF** – Distrito de Irrigação Rio Formoso
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária
- ET_o** – Evapotranspiração de referência (mm/dia)
- ET_r** - Evapotranspiração Real (mm/dia)
- ET_m** - Evapotranspiração Máxima (mm/dia)
- FAO** – Food Agricultural Organization
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPH** – Instituto de Pesquisas Hidráulicas
- K** – Condutividade Hidráulica
- K_c** - Coeficiente da cultura
- KK** – Canal terciário de irrigação e drenagem
- K_y** - Fator de resposta da cultura
- MINTER** – Mestrado Interinstitucional
- PRODOESTE** – Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Tocantins
- TDP** – Tomada de Potência
- T** – Teste T de STUDENT
- TO** - Tocantins
- UFRGS** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UFT** - Universidade Federal do Tocantins
- Y_r** - Rendimento Real da cultura (kg/ha)
- Y_m** - Rendimento Máximo da cultura (kg/ha)

1 INTRODUÇÃO

Segundo a FAO, nas últimas duas décadas os estoques estratégicos de cereais destinados à alimentação humana no mundo foram diminuindo gradativamente, sendo que este problema agravou-se na última década principalmente na Ásia onde se concentram os países mais populosos do planeta, devido ao aumento da população, falta de novas áreas de cultivo para expansão, aumento do padrão de consumo do povo, e ocorrência de eventos climáticos extremos com certa frequência. Por outro lado, os Estados Unidos grandes produtores de grãos passaram a utilizar parte de sua produção como matéria prima para produzir combustíveis renováveis, concorrendo para agravar ainda mais o problema dos estoques.

O Brasil com sua grande aptidão e expertise na produção primária, poderá representar para o mundo a salvaguarda contra o desabastecimento global, já que a nossa área atual destinada à produção de matérias primas para produção de combustíveis alternativos, não é concorrente direta com a área tradicionalmente destinada para a produção de grãos, além do grande potencial de terras subutilizadas, água em quantidade e qualidade e clima favoráveis, disponíveis para alavancar um grande programa de irrigação a nível nacional, capaz de mudar radicalmente a oferta atual de alimentos.

O estado do Tocantins, além de ser detentor de 32,4 % da área territorial da bacia Tocantins-Araguaia, possui mais de 1,2 milhões de hectares de Várzeas Tropicais passíveis de exploração racional e intensiva, que através da irrigação permitem uma taxa de ocupação de até três safras/ano.

A área piloto de exploração destas Várzeas Tropicais foi no Projeto Rio Formoso, implantado pelo goveno de Goiás a partir de 1979 com área total de 27.787 ha, e sua infraestrutura produtiva foi concebida visando o cultivo de arroz irrigado pelo método de inundação, tanto na safra (período chuvoso de novembro a abril) como na entressafra (período seco de maio a outubro), sendo que sua malha interna de canais secundários e terciários de irrigação e drenagem foi projetada e construída visando atender este regime de exploração.

Com o advento e consolidação da subirrigação em escala comercial a partir de 1.982, sucumbiu-se totalmente o cultivo de arroz irrigado no período da entressafra a partir do ano de 1.983, inserindo-se a rotação cultural no período de estiagem e elegendo a subirrigação como método ideal, inicialmente com a cultura de soja visando a produção de sementes, e posteriormente com outras culturas como feijão, melancia, milho, sorgo, abóbora, tomate etc.

A insuficiência da investigação científica sobre o tema, a forma quase que empírica que este processo foi conduzido ao longo destes exatos trinta anos conforme descrito acima,

inspirou o presente trabalho de pesquisa visando gerar subsídios técnicos capazes de apontar algumas diretrizes para a melhoria da eficiência desta atividade, diante do grande potencial que as Várzeas Tropicais representam para a economia do estado.

Diante do acima exposto, reiteramos a grande importância que a subirrigação em várzeas representa para o futuro do estado do Tocantins, por se tratar do maior fator de desenvolvimento sustentável para a economia estadual, diante do imenso potencial de expansão, do grande número de culturas já testadas e aprovadas para a entressafra por este método de irrigação, bem como, por tantas outras culturas que a pesquisa certamente irá validar e recomendar futuramente, permitindo a diversificação na produção agrícola e garantindo a sustentabilidade nos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

2 OBJETIVOS

Para entender a subirrigação nas Várzeas Tropicais, este trabalho teve como propósito analisar o comportamento da subirrigação em várzeas no estado do Tocantins, a partir dos resultados obtidos no ano de 2009 em uma área de produção agrícola.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

Analisar a subirrigação através do comportamento do lençol freático e suas correlações com a produtividade, distância dos KK's e evapotranspiração máxima (ETm). Além disso, analisar as correlações entre a produtividade com a distância dos KK's e com a granulometria do solo.

Analisar o atendimento da necessidade hídrica da cultura da soja, com base na utilização do fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (Ky) e dos valores calculados da evapotranspiração máxima (ETm) da cultura para a área do estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão de bibliografia apresentada neste capítulo trata de diversos temas relacionados com as Várzeas Tropicais como solos, clima, manejo, tipos de irrigação com destaque para a subirrigação, movimento de água no solo, planta e atmosfera, bem como, todos os demais parâmetros utilizados para medir ou quantificar esta relações e interações.

Grande parte das citações abaixo mencionadas, tratando principalmente de Várzeas Tropicais e subirrigação, citam a cultura do feijoeiro como referência nos trabalhos de pesquisa. Isto se deve ao fato da EMBRAPA – CNPAF (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão) localizada no entorno de Goiânia – GO, ter iniciado há muitos anos no Vale do Rio Araguaia e Javaés no estado do Tocantins, um trabalho de pesquisa científica com a cultura do arroz irrigado por inundação no período chuvoso (novembro a abril), e conseqüentemente, com a cultura do feijoeiro através da subirrigação no período seco (maio a outubro).

A EMBRAPA – CNP SOJA (Centro Nacional de Pesquisa de Soja) sempre foi sediada em Londrina – PR, e não houve um intercâmbio entre as duas instituições que permitisse a inserção desta cultura nos experimentos das Várzeas Tropicais até o momento, resultando na escassez de material específico publicado. Isto explica o motivo pelo qual o escasso acervo técnico já publicado a respeito de subirrigação em Várzeas Tropicais, referir-se constantemente em seus artigos à cultura do feijoeiro, em detrimento a outras como soja, melancia, milho etc., mesmo sendo estas exploradas comercialmente através da subirrigação na mesma época e em escala muito superior.

Para auxiliar o entendimento em relação a estrutura desta revisão bibliográfica, decidiu-se pela elaboração de itens sequenciais com suas variáveis e a sua importância no futuro da agricultura irrigada brasileira e, especialmente, para o estado do Tocantins diante do seu grande potencial hídrico.

Foi percorrido de forma ampla sobre as Várzeas Tropicais do vale do rio Araguaia, como também sobre as unidades de solos existentes e o clima que predomina nesta região, permitindo um maior detalhamento das características deste Bioma.

A importância da irrigação foi discutida de uma maneira conceitual, destacando seu diferencial na segurança da atividade agropecuária. Foi tratado sobre balanço hídrico, manejo do lençol freático e detalhada as características dos principais métodos de irrigação adotados pelos usuários. Sobre a subirrigação ou irrigação sub-superficial, foram buscadas as informações publicadas a respeito deste assunto, porém constatou-se que no Brasil este método

de irrigação é pouco utilizado, sendo que não foi computado individualmente no Censo Agropecuário do IBGE em 2006.

A evapotranspiração foi tratada de forma geral, bem como foi discutido sobre a evapotranspiração máxima e real, além de algumas variáveis intrínsecas como evaporação, transpiração, fator de resposta da cultura e coeficiente da cultura.

Foram apresentadas informações da literatura referentes a condutividade hidráulica, a porosidade do solo e sua granulometria.

Por fim, a respeito da curva de retenção de água do solo, foi abordado sobre as propriedades físicas e estruturais do solo, a sua capacidade de armazenamento dentre outros tópicos.

3.1 Várzeas tropicais

As várzeas são constituídas de solos originários da decomposição de materiais transportados por cursos da água ou mesmo trazidos das encostas pelo efeito erosivo das chuvas, possuem topografia plana, e, normalmente possuem um grau de deficiência de drenagem natural. A disponibilidade de água e a facilidade de irrigação das várzeas tropicais, com um período seco definido, permite sua exploração intensiva com dois e até três cultivos anuais, o que abre perspectivas de consideráveis aumentos de produção e produtividade, com baixo risco e em bases sustentáveis. Em decorrência da maior estabilidade do ecossistema várzea, é possível o uso de alta tecnologia sem maiores riscos para os produtores (PATERNIANI, 2006).

No Brasil Central, segundo Christofidis (2002) existem extensas e contínuas áreas de Várzeas Tropicais que, embora ainda pouco conhecidas, julga-se de grande importância estratégica para o País. Da mesma forma que a enorme ocorrência de jazidas de calcário e fosfatos no bioma Cerrados, foi determinante na correção dos seus solos ácidos e inférteis e na sua grande importância para o agronegócio brasileiro, tido como "o maior evento agrícola mundial deste século", considera-se o ecossistema Várzeas Tropicais extremamente importante para o aumento da competitividade dos Cerrados e da sua preservação ambiental.

No Brasil, existem aproximadamente 33 milhões de hectares de várzeas (Santos, 1999), dos quais apenas cerca de 3,7% estão sendo cultivados. Pelo que representam em extensão, fertilidade, topografia, disponibilidade de água e potencial produtivo, este ambiente oferece

perspectivas promissoras à produção agrícola durante o ano todo, com alto potencial para a produção de alimentos (AIDAR et al., 2002).

Mediante informação de Rava e Costa (2002), as Várzeas Tropicais da região central do Brasil possuem uma área de 12 milhões de hectares, estando parte sob Cerrado e parte sob pastagem natural. Trata-se de um ecossistema extremamente frágil, com poucas informações disponíveis sobre a comunidade microbiana que habita em seus solos ácidos, com alto teor de matéria orgânica.

Após o cultivo de arroz irrigado no verão, um período seco permite o cultivo durante o inverno de espécies, como feijoeiro, soja e milho por subirrigação. Estas condições têm permitido altas produtividades nas lavouras e a produção de sementes com excelente qualidade fitossanitária (RAVA e COSTA, 2002).

Levantamentos recentes indicam, somente no vale do Araguaia, mais especificamente à margem direita do Javaés, ou braço menor do rio Araguaia, a existência de 1,2 milhão de hectares de várzeas tropicais planas, com alto teor de matéria orgânica, em condições de serem utilizadas para a irrigação (TOCANTINS, 1998) e (AIDAR e BIAVA, 2004)

O ecossistema Várzeas Tropicais é considerado de grande importância estratégica para o aumento da competitividade dos Cerrados e de outros ecossistemas, da sua preservação ambiental, e pela possibilidade de produção de sementes de alta qualidade sanitária e fisiológica, da maioria das culturas graníferas, o que indica ser o ambiente altamente favorável para a produção de sementes sadias, podendo, a curto prazo, tornar-se no mais importante pólo de produção do país (AIDAR e BIAVA, 2004).

Entre as culturas tradicionais para os solos de várzeas tropicais está o arroz irrigado, cultivado durante o período chuvoso do ano (novembro a abril), sendo a cultura de referência após sua sistematização e início da exploração das áreas de cultivo (SANTOS, 1998) e (SANTOS et al., 2002).

Nas Várzeas Tropicais a condição de anaerobiose no solo pelo cultivo de arroz irrigado no período chuvoso, elimina qualquer fonte de doenças de solo para cultivos no período seco do ano (THUNG et al. 2005).

No Vale do Javaés, durante o período de estiagem a temperatura do ar está acima da considerada ideal para os patógenos, a umidade no solo está sempre presente, diminuindo sua temperatura, a umidade relativa do ar é baixa, e não existe qualquer possibilidade de respingos de partículas do solo para as folhas, devido à ausência de chuvas, evitando a proliferação das doenças (AIDAR e BIAVA, 2004).

Conforme Parteniani (2006), uma vez sistematizadas as áreas das várzeas, em razão do inverno seco e baixa umidade relativa do ar, podem ser intensivamente cultivadas durante os doze meses do ano, com a utilização de distintos métodos de irrigação.

No período chuvoso de novembro a abril, apenas o arroz no sistema de inundação tem sido cultivado em virtude do excesso e dificuldade de controle de umidade. Na entressafra no entanto, são hoje produzidas comercialmente e, com qualidade diferenciada, culturas graníferas principalmente para sementes, tais como: soja, feijão, sorgo, milho, amendoim, girassol e gergelim; hortifrutigrangeiros como: melancia, melão, tomate, pepino, abóbora, entre outros; não tendo sido observado, até então, nenhuma doença foliar, transmitida pela semente, nessas culturas (PARTENIANI, 2006).

3.1.1 Solos de várzeas tropicais no Vale do Rio Araguaia

Conforme mencionado no VOLUME 1 – Relatório Técnico do Projeto Rio Formoso, (sem data) elaborado pela ONA S. A. Engenharia, Comércio e Indústria, as unidades de solo localizadas na região do Projeto Rio Formoso foram as seguintes:

LA1 – Latossolo Amarelo distrófico plântico, A proeminente, fase parque de cerrado, relevo plano, atualmente denominados Plintossolos.

LA2 - Latossolo Amarelo distrófico plântico, A moderado, textura argilosa, fase parque de cerrado, relevo plano, atualmente denominados Plintossolos.

PV – Podzólico Vermelho Amarelo plântico, argila de atividade baixa proeminente, textura média, fase parque de cerrado, relevo plano, atualmente denominados Plintossolos.

HL – Laterita Hidromórfica distrófica, A proeminente, textura média/argilosa, fase de parque de cerrado, relevo plano, atualmente denominados Gleissolos.

HC – Hidromórfico Cinzento distrófico vértico, carbonático, A proeminente, textura argilosa, fase mata subcaducifólia, relevo plano, atualmente denominados Neossolos.

O referido estudo não quantificou a representatividade das unidades de solo mencionadas, para definir a área de abrangência de cada uma dentro das 27.787 hectares de área de cultivo do Projeto.

Nos estudos do Aproveitamento Hidroagrícola das Bacias dos Rios Pium e Riozinho, (2009) referentes ao PRODOESTE – Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Estado do Tocantins, foram estudados 69.078 hectares na região das Várzeas Tropicais com os seguintes resultados:- no levantamento semidetalhado de solos realizado (escala 1:40.000), os

solos ocorrentes na área foram agrupados em seis unidades de mapeamento, cada uma representando uma classe taxonômica de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, SiBCS (Brasil, 2006).

Foram classificados como Plintossolo Háptico distrófico típico 5.754 ha (8,3%), Plintossolo Argilúvico alumínico típico 10.496 ha (15,2%), Plintossolo Argilúvico distrófico típico 43.605 ha (63,1%), Plintossolo Pétrico concrecionário argissólico 4.931 ha (7,1%), Neossolo Quatzarênico órtico gleissólico 60 ha (0,1%) e Gleissolo Melânico Tb distrófico 4.232 ha (6,1%).

Os solos da área estudada demonstraram aptidão agrícola para irrigação acima de 85%, com ligeiras limitações de uso quanto a drenagem, fertilidade, e riscos de inundação, aspectos estes facilmente contornados diante da sistematização que as áreas exploradas são submetidas previamente.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), de acordo com as características morfológicas e analíticas dos solos, as Várzeas Tropicais do estado possuem as seguintes classes: Plintossolos que cobrem a maior parte da área; Neossolos cobrindo uma área bem menor; Gleissolos que ocorrem nas áreas das Ipucas, que são protegidas por lei.

Os plintossolos são solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização.

A plintita é uma formação constituída da mistura de material de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro, ou ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais. A plintita se forma pela segregação de ferro, importando em mobilização, transporte e concentração final dos compostos de ferro. A textura é variável, sendo que no horizonte plíntico é franco-arenosa ou mais fina. Alguns solos apresentam mudança textural abrupta. Predominantemente são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa, todavia, verifica-se a existência de solos com saturação por bases média a alta.

Parte dos solos desta classe tem ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e menos freqüentemente ondulado, em zonas geomorfológicas de baixada. Ocorrem também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água. Estão incluídos nesta classe solos que eram reconhecidos anteriormente como Lateritas Hidromórficas.

3.1.2 Clima da região

A região norte do Brasil localizada na faixa equatorial, apresenta altos valores de temperaturas do ar e elevados índices de precipitações pluviais. Uma das razões que explicam o regime de chuvas dessa região é a combinação da zona de convergência intertropical, das brisas marítimas e da penetração de sistemas frontais oriundos do sul do continente, e da fonte de vapor representada pela Floresta Amazônica e pela atuação da Cordilheira dos Andes. Já a ocorrência de altas temperaturas do ar está associada à intensa radiação solar incidente na região.

Especificamente com relação ao estado do Tocantins, o clima é tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa de outubro a abril, e outra seca de maio a setembro, o que concorre para uma grande variação dos elementos climáticos (PATERNIANI, 2006).

A temperatura do ar pode ser considerada como o elemento climático que exerce maior influência sobre as culturas exploradas na entressafra, especialmente se não dispõem do suprimento hídrico adequado. No município de Formoso do Araguaia - TO, considerando-se a temperatura do ar, as máximas térmicas ocorrem no mês de setembro, apresentando valores médios em torno de 35°C, e as mínimas em julho, com temperaturas do ar ao redor de 18°C (PATERNIANI, 2006).

Em condições de Várzeas Tropicais, em que o requerimento de água pela planta é suprido adequadamente pela irrigação por subirrigação, os efeitos negativos decorrentes de altas temperaturas podem ser minimizados (THUNG et al., 2005). Esse fato é justificado pela umidade estar sempre presente no solo, fazendo com que sua temperatura seja baixa, devido ao intenso processo de evapotranspiração resultando em metabolismo normal das plantas.

Segundo Paterniani (2006) durante a entressafra (maio a outubro), as temperaturas médias nas várzeas do vale do Araguaia em Formoso do Araguaia - TO, são maiores que as de Santo Antônio de Goiás, GO, sede da Embrapa Arroz e Feijão, sendo superiores cerca de 4°C na média de máxima e 3°C na média de mínima, ao se observar os desvios em relação às médias de 20 anos.

Nas duas localidades, as temperaturas médias máximas do ano ocorrem em agosto e setembro, em torno de 36°C e 31°C, para Formoso do Araguaia - TO e Santo Antônio de Goiás - GO, respectivamente.

Na irrigação por subirrigação em Várzeas Tropicais do vale do Araguaia a temperatura do ar está acima da considerada ideal para os patógenos, a umidade no solo está sempre presente

diminuindo sua temperatura, a umidade relativa do ar é baixa, e não existe qualquer possibilidade de respingos de partículas do solo para as folhas, devido a ausência de chuvas, evitando a proliferação das doenças. Também a anaerobiose no solo em decorrência do cultivo de arroz irrigado, no verão, elimina qualquer fonte de doenças do solo em razão da sua inundação. Há também ocorrência de orvalho nas plantas pela manhã, mas, ao que tudo indica, sua duração é muito curta para iniciação do processo de infecção por patógenos (PATERNIANI, 2006).

Para Aidar (2004) a temperatura noturna baixa é determinante para a obtenção de altas produtividades do feijoeiro. Essa é uma amostra do que poderá ocorrer com o aquecimento global: alta atividade biológica, crescimento exuberante, alongamento dos entrenós, mudança da arquitetura do feijoeiro, concentração do vagemamento no terço superior da planta, diminuição do ciclo, etc.

Em áreas não irrigadas, nas regiões tropicais, a temperatura do solo pode atingir até 45°C, na camada de 2,5 a 5 cm de profundidade, e durar até 6 horas por dia. Nas várzeas do estado do Tocantins, a temperatura do solo oscila entre 24°C e 30°C, na profundidade de 5 cm durante as 24 horas do dia, e fica em torno de 28°C na profundidade de 10 cm, e é mais estável, cerca de 26°C na profundidade de 20 cm. Também as correlações entre as temperaturas do ar e do solo são baixas, indicando sua pequena dependência em solo com umidade constante (THUNG et al., 2005).

A precipitação pluvial no estado do Tocantins é caracterizada por ser crescente do sul para o norte e do leste para o oeste. O índice pluviométrico médio anual está em torno de 1.700 mm, com extremos de 1.000 mm a 1.800 mm (SILVA e AIDAR, 2002).

3.2 Irrigação – importância na agricultura

O uso de água na agricultura é responsável por grande parcela da produção mundial de alimentos, aponta-se que a agricultura irrigada utiliza em torno de 18% (275 milhões de hectares) da área total cultivada no planeta (1,5 bilhão de hectares), consumindo cerca de 70% do total de água de qualidade, valor superior à quantidade consumida pelo setor industrial (21%) e pelo consumo doméstico (9%) (SANTOS, 1998).

Quanto aos aumentos de produtividade advindos da irrigação cita-se que nos Estados Unidos, a produção de um hectare de terra irrigada equivale aproximadamente à produção de

três e meio hectares de culturas de sequeiro, o que vem a subsidiar a questão de aumentos de produção, sem aumentos de área de cultivo sequeiro (LEO e HERNANDEZ, 2001).

De acordo com Christofidis (2002), a importância da agricultura irrigada pode ser contemplada através dos dados da superfície agrícola mundial colhida no ano de 2000, que correspondeu a uma área da ordem de 1,5 bilhões de hectares, sendo que desta área, cerca de 275 milhões estavam sob irrigação.

A superfície produtiva agrícola sob sequeiro, em torno de 1.225 bilhões de hectares, foi responsável por 58% do total colhido, enquanto a superfície agrícola irrigada, correspondente a 18% da área total sob produção agrícola, foi responsável por cerca de 42% do total colhido.

Segundo Couto (2003), a produtividade da agricultura irrigada apresenta-se 2,4 vezes superior a da agricultura de sequeiro, sendo que no Brasil a agricultura irrigada utiliza-se de em torno de três milhões de hectares, distribuídos em Norte 3%, Nordeste 19%, Sudeste 30%, Sul 41% e Centro-Oeste 7%.

Quanto à geração de empregos, estima-se que no Brasil o setor da agricultura irrigada seja responsável por pelo menos 1,6 milhões de empregos diretos e 3,2 milhões de empregos indiretos, números que apresentam grande potencial de crescimento pela tendência de ampliação das áreas cultivadas com culturas irrigadas (ANA, 2004).

Pires et al. (2001) citam que a irrigação é uma prática agrícola cujo propósito é manter adequado o estado hídrico das plantas para assegurar desenvolvimento, produtividade e rentabilidade econômica.

Sempre houve grande dependência dos recursos hídricos para o desenvolvimento econômico. A água funciona como fator de desenvolvimento, pois ela é utilizada para inúmeros usos diretamente relacionados com a economia.

Os usos mais comuns e frequentes dos recursos hídricos são: abastecimento público, irrigação, dessedentação animal, uso industrial, hidroeletricidade e diluição de esgotos domésticos. É importante considerar que no Brasil mais da metade da água consumida ocorre na agricultura irrigada, o que torna a questão da economia desse recurso algo de fundamental importância para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes do planeta (CARDOSO et al., 1998).

A irrigação é uma técnica que favorece a redução do ciclo vegetativo, ou seja, plantar e colher em menos tempo (Silva et al., 2002). O conhecimento da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo (K_c) são de grande importância para seu dimensionamento e manejo, aumentando a produtividade e otimizando a utilização dos recursos hídricos e de energia elétrica.

Winter (1988), afirma que não existe uma quantidade de água fixa para o cultivo de determinada cultura. Cada região apresenta características particulares que influem na necessidade hídrica do sistema solo-planta, bem como cada espécie, segundo suas características, apresenta um sistema de obtenção de água diferente devido ao seu sistema radicular e às suas necessidades orgânicas específicas.

Apesar de a planta consumir um enorme volume de água e grande parte desse volume apenas passar pela planta e posteriormente perder-se na atmosfera, esse volume é necessário para o desenvolvimento vegetal. Essa água deve ser reservada e disponibilizada pelo solo, que a fornece à planta conforme suas necessidades (VIEIRA, 1989).

O limite superior de produção de uma cultura é determinado pelas condições climáticas e por seu potencial genético.

Assim, a utilização eficiente da água na produção das culturas só será alcançada quando o planejamento, o projeto e a operação de suprimento de água e do sistema de distribuição, estiverem orientados com o propósito de atender, em quantidade e tempo requeridos, incluindo os períodos de escassez de água, às necessidades hídricas da cultura, para ótimo crescimento e altos rendimentos (DOORENBOS e KASSAM, 1979).

Para uma produtividade considerável a necessidade hídrica para o desenvolvimento da cultura da soja situa-se entre 450 a 850 mm por ciclo, esta larga faixa deve-se as em especial as variações do clima e da duração do período de crescimento da cultura (DOORENBOS e KASSAN, 1979).

Vários irrigantes, por não adotarem um método de controle de irrigação, ou por não disporem de dados específicos da necessidade de água de uma determinada cultura, usualmente irrigam em excesso, temendo que a cultura sofra estresse hídrico, que poderia comprometer a produção. Este excesso tem como consequência o desperdício de energia com bombeamento desnecessário de água.

Para exemplificar: um milímetro de lâmina excedente em uma área irrigada por um pivô central de 100 ha representa a condução desnecessária de um milhão de litros de água, que consome, em média, 400 kWh de energia elétrica. (FARIA et al., 2002).

Conforme Klar (1991), a obtenção de boas produções com a menor quantidade possível de água aplicada torna a irrigação mais efetiva.

A eficiência de irrigação vêm a ser a porcentagem de água aplicada ao solo na zona de profundidade efetiva das raízes, sob a forma disponível, em relação à água derivada do reservatório ou rio.

Segundo o mesmo autor, a irrigação por sulcos ou por inundação apresenta uma eficiência de 25 a 60% e por aspersão entre 65 e 85%, enquanto que a localizada por microaspersão ou gotejamento pode atingir mais de 90%.

3.2.1 Balanço hídrico

O balanço hídrico de uma cultura, de acordo com Libardi (2005), é a contabilização das entradas e saídas de água num dado volume de solo, durante certo período de tempo considerado, o armazenamento de água pelo solo e sua disponibilidade às plantas dependem de processos dinâmicos, tais como: infiltração, redistribuição interna, drenagem e absorção pelas raízes das plantas.

Várias metodologias têm sido desenvolvidas para quantificar o balanço hídrico, visando o planejamento e o gerenciamento das culturas na agricultura irrigada. Estas metodologias podem ser classificadas, conforme Souza (2001), em modelos pedológicos, baseados na determinação dos teores de água no solo; modelos físicos, que analisam a relação do teor de umidade com a tensão da água no solo; modelos fisiológicos, que relacionam a deficiência hídrica do solo com as reações das plantas; modelos irrigacionistas, que utilizam valores de evapotranspiração determinados por algum método de estimativa, como Penman-Monteith, Thornthwaite, tanque “Classe A” ou outros, e modelos climatológicos, baseados no balanço entre a precipitação e a evapotranspiração da cultura.

O conhecimento do conteúdo de água requerida pela cultura constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação de manejo de irrigação. Segundo Hernandez (1994), existem várias metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação, que vão desde simples turnos de rega a completos esquemas de integração do sistema solo-água- planta-atmosfera.

O método do balanço de água num volume de controle de solo apresentado por Cintra et al., (2000), sendo seus componentes (precipitação, irrigação, evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem, ascensão capilar e variação da armazenagem de água no solo) apresentados numa forma integrada ou diferenciada numa equação geral de balanço de massa.

Atualmente, a ênfase destes balanços tem sido dada à disponibilidade de água no solo relacionada com elementos climáticos e desenvolvimento vegetal. De acordo com Marouelli (1993) os modelos de balanço de água no solo podem ser estruturados através de programas

computacionais e trazer informações de ganhos, perdas e armazenamento de água no solo, sendo de grande utilidade manejos de sistemas de irrigação.

Segundo Louzada (2004), considerando-se os custos e o tempo necessários em procedimentos experimentais, predições de balanço hídrico vêm sendo satisfatoriamente realizadas através de modelos de simulação.

O desenvolvimento e a utilização de modelos voltados às atividades agrícolas tem se intensificado nos últimos anos. A literatura tem mostrado que o desenvolvimento e aprimoramento de modelos de simulação de balanço hídrico têm resultado em interessantes ferramentas para estimar alternativas de planejamento, dimensionamento e manejo da irrigação (SOUZA e GOMES, 2008).

Segundo os estudos Aproveitamento Hidroagrícola das Bacias dos Rios Pium e Riozinho, (2009) referentes ao PRODOESTE – Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Estado do Tocantins, a água consumida na lavoura de arroz irrigado por inundação pode ser estimada por um balanço hídrico, que consiste em estabelecer os volumes de entrada e saída em um determinado intervalo de tempo.

Desconsiderando as perdas ocorridas nos canais, entre o ponto de captação e a lavoura, e adotando-se a forma de irrigação denominada “contínua estática”, em que não há saída contínua de água para o dreno, a representação matemática deste balanço é realizada através da seguinte equação:

$$P + I - E_{tr} - S - L - P_p - F_l = 0 \quad \text{ou} \quad P + I = E_{tr} + S + L + P_p + F_l$$

onde:

P: Precipitação Pluviométrica;

I: Irrigação; volume d'água aplicado à lavoura pelo sistema de irrigação;

E_{tr}: Evapotranspiração Real ou Uso Consuntivo;

S: Lâmina de água necessária para a saturação do perfil do solo;

L: Lâmina de água formada sobre a superfície do solo;

P_p: Percolação profunda; e

F_l: Fluxo de água através dos limites da lavoura.

3.2.2 Manejo do lençol freático

A subirrigação e a drenagem são baseadas na mesma lógica, sendo que primeira é de uso menos amplo pelas condições especiais que exige, e baseia-se na elevação do lençol

freático para permitir que a umidade atinja a zona não saturada onde encontram-se as raízes através do fluxo capilar ascendente, enquanto que a segunda é de uso universal e provoca o rebaixamento do lençol frático para reduzir a umidade na zona não saturada do solo, portanto, funcionam alternadamente e modificam o nível do lençol freático conforme as necessidades do momento.

A condição de lençol freático elevado pode ser utilizada em alguns casos para o abastecimento único de água às culturas, criando ou mantendo um lençol numa determinada profundidade abaixo da superfície do solo, sendo esta a base da irrigação sub-superficial ou subirrigação.

Segundo Millar (1978), o lençol abastece as necessidades de água da cultura através do movimento capilar contínuo e permanente, e esta condição de fluxo permanente visa manter a taxa de ascensão capilar igual a evapotranspiração da cultura.

O controle do lençol freático pode ser usado de forma eficiente em solos com baixa capacidade de retenção e uma alta velocidade de infiltração ou movimento interno de água.

Os solos que tem estas características requerem uma irrigação freqüente e com isto a quantidade de água usada e o trabalho realizado nesta operação são altos (MILLAR, 1978).

No presente experimento o lençol freático da parcela foi abastecido por dois canais terciários de irrigação e drenagem (KK's), alimentados por um canal secundário de irrigação.

3.2.3 Principais métodos de irrigação

Segundo Bernardo (1987), através do Manual de Irrigação e Telles et al. (sem data), através da apostila intitulada Curso Básico de Irrigação da ABID/CODEVASF, as características dos principais métodos de irrigação são assim sintetizadas:

Na irrigação por superfície a água distribui-se através da superfície do solo, utilizando a energia gravitacional, razão pela qual é também denominada de sistema por gravidade. A área de infiltração aumenta na medida em que a lâmina líquida avança, sendo a quantidade de água infiltrada é função da taxa de infiltração, área de infiltração e tempo de permanência da água na superfície do solo.

De acordo com o grau de inundação da superfície do solo, os sistemas por superfície podem ser classificados em: - inundação total, como em tabuleiros (inundação contínua) utilizado para o cultivo do arroz irrigado nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins, no período de outubro a abril; - inundação em faixas (inundação temporária)

necessita de sistematização e depende das condições topográficas e edáficas, podendo ser retas ou em contorno. Adapta-se ao cultivo de cereais de pequeno porte e culturas forrageiras; - inundação parcial como em sulcos, a água é conduzida em pequenos canais paralelos e a infiltração ocorre em toda a área de contato com o solo. O grau de inundação da superfície depende da vazão fornecida, da forma, dimensões, espaçamento e declividade dos sulcos, e, da rugosidade superficial.

Na irrigação por aspersão a água é aplicada ao solo na forma de chuva artificial, através do fracionamento do jato em inúmeras gotas que se espalham pelo ar, caindo sobre o terreno. Este fracionamento do jato é obtido pelo fluxo de água sob pressão por pequenos orifícios ou bocais localizados nos aspersores.

A irrigação por aspersão é um método que permite um perfeito controle da lâmina de água aplicada, um ajuste relativamente rígido às condições solo-clima-planta envolvidos no processo, possibilitando uma adaptação à maioria das situações encontradas na agricultura irrigada.

Os sistemas de aspersão são classificados em: portátil ou semiportátil, permanente e mecanizado. No sistema portátil, a tubulação principal, as linhas laterais e os aspersores são mudados de local após a aplicação da lâmina de irrigação necessária à cultura. No sistema semiportátil, a linha principal é fixa, enterrada ou não, e as linhas laterais, onde situam-se os aspersores, são mudadas de posição. O sistema permanente de aspersão consiste em instalação de equipamento suficiente para cobrir toda a área a um só tempo, não havendo mudanças de posição nas laterais. Já no sistema mecanizado, para a mudança de posição de operação são utilizados mecanismos de acionamento elétrico ou mesmo convencional, como o trator agrícola.

Um tipo específico de irrigação por aspersão mecanizada é o pivô central, constituído por uma linha lateral montada sobre armações metálicas com rodas, que realiza um movimento circular contínuo ao redor de um ponto central denominado pivô, onde está a ligação com a linha de abastecimento de água.

Na irrigação localizada apenas parte do volume do solo recebe a água, que é conduzida por extensa rede de tubulações em baixa pressão e fornecida através de emissores, de forma que a umidade do solo seja mantida próxima à capacidade de campo. Neste método o solo funciona como um pequeno reservatório em torno da zona útil do sistema radicular da planta, mas sem reduzir a oferta de água devido à alta frequência de irrigação.

Os principais tipos de irrigação localizada em utilização comercial são gotejamento e microaspersão, embora existam inúmeras outras formas, tais como tubos perfurados ou porosos, jato pulsante, xique-xique e cápsulas porosas.

No gotejamento a liberação da água é realizada em pontos determinados ao longo da tubulação flexível, onde estão localizados os gotejadores, em vazões reduzidas, de 1 a 10 litros por hora por gotejador.

A microaspersão é um estágio intermediário entre a irrigação por aspersão e o gotejamento, no qual a água é aspergida pelos microaspersores em pequenos círculos ou setores próximos às plantas. Embora a operação seja realizada com baixa pressão, esta é superior a que é requerida pelo gotejamento, assim como também são maiores as vazões e a área molhada por cada microrasporador em relação aos gotejadores.

Segundo o Censo Agropecuário (2006) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/IBGE, realizado pelo Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão, o Brasil possui 4,45 milhões de hectares irrigados assim distribuídos: - 2,45 milhões de hectares irrigados por aspersão (portátil/semi-portátil, permanente e mecanizada); - 1,33 milhões de hectares com irrigação de superfície por inundação (tabuleiros, faixas e sulcos); - 0,31 milhões de hectares de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão); e, 0,36 milhões de hectares irrigados por outros métodos ou molhação.

3.2.4 Subirrigação ou irrigação sub-superficial

Nas várzeas do rio Araguaia a subirrigação surgiu em 1981 diante de uma tentativa de inserção da rotação de culturas de sequeiro com o cultivo do arroz irrigado tradicional, proposta pela Gerência Agrônômica da COOPERFORMOSO, cooperativa pioneira e responsável pela exploração da 1ª Etapa do Projeto Rio Formoso. A monocultura utilizada não permitia avanços nos índices técnicos do projeto como produtividade, manejo fitossanitário, teor de matéria orgânica, redução do consumo de água, etc.

O trabalho consistiu no plantio de 175 hectares de soja, feijão e milho realizado em junho de 1981, sendo que foram adquiridos quatro aspersores de 200 milímetros de diâmetro (denominados canhões de irrigação), com sucção flexível de 250 milímetros de diâmetro, para serem acoplados ao sistema de levante hidráulico traseiro dos tratores agrícolas e acionados pela Tomada de Potência (TDP) dos mesmos, para operacionalizar a irrigação por aspersão na área experimental.

Os canais terciários de drenagem, pois no início sua finalidade foi apenas a drenagem das parcelas, já eram chamados na época de KK's, em função da convenção utilizada na planta baixa de engenharia do projeto para os canais terciários (corte KK'), sendo que os operadores

das escavadeiras hidráulicas, responsáveis pela execução das obras no dia a dia, retiraram a linha (') da expressão e a partir daí todos passaram a chamar de KK, transformando-se em um termo regional adotado pela maioria até hoje.

Nas datas definidas pelo turno de rega colocava-se água nos KK's correspondentes para alimentar os canhões de irrigação durante a operação, e depois fechava-se as comportas de alimentação junto aos canais secundários de irrigação até o retorno da operação.

Devido a inúmeros problemas surgidos na fase operacional do processo de irrigação com os canhões, o turno de rega definido começou a não ser cumprido fielmente, resultando em atrasos que começaram a provocar sinais de estresse hídrico nas culturas, pois já se encontravam no estágio reprodutivo exigindo maior lâmina d'água. Isto provocou a decisão técnica de abandonar uma parte da lavoura em favor do atendimento pleno da irrigação da área restante ajustada, visando obter um resultado confiável do experimento em pauta.

Na vistoria de definição das áreas a serem abandonadas ou mantidas, observou-se um detalhe que havia passado despercebido até então, pois como foi realizada em horário da temperatura mais elevada do dia para evidenciar a deficiência hídrica das culturas, vislumbrou-se que nas duas laterais dos KK's em toda sua extensão, havia uma faixa considerável de lavoura sem apresentar o problema, e ao investigar com mais detalhes através de pequenas trincheiras, verificou-se a umidade diferenciada dentro da referida faixa na zona explorada pelo sistema radicular das culturas.

Imediatamente suspendeu-se a operação com os canhões em toda área, e todos os KK's envolvidos com o experimento passaram a ser alimentados constantemente, respeitando uma cota máxima abaixo do nível do terreno natural, que não gerasse capacidade de campo na área das raízes das culturas. Em torno de uma semana após esta nova realidade na irrigação, sumiram todos os sintomas de estresse hídrico mesmo no centro de cada parcela, portanto os canhões não foram mais utilizados e a irrigação da área experimental foi concluída somente pelos KK's, sendo que o resultado mais promissor foi atingido com a cultura da soja.

Na entressafra de 1982 a Gerência Agrônômica recomendou que a área da 1ª Etapa do projeto fosse plantada com 50 % de arroz irrigado por inundação e 50 % com soja por subirrigação, sendo que o resultado foi superior ao experimental feito no ano anterior. A partir daí instalou-se a subirrigação como modelo ideal e oficial para a entressafra, e a partir de 1983 em diante foi abolido o cultivo do arroz irrigado na entressafra, alternando-se portanto semestralmente o método de irrigação e conseqüentemente as culturas, porém mantida toda infraestrutura original de canais (principais, secundários e terciários), sendo que a grande maioria das parcelas de cultivo do projeto são retângulos medindo 1000m comprimento X 250m largura.

Até os KK's a partir desta nova realidade passaram a ser definidos como canais secundários de irrigação e drenagem, devido da nova função que passaram a exercer de alimentadores do fluxo lateral de infiltração, abastecendo o lençol freático ao longo de sua extensão. Posteriormente, por ascensão capilar forma-se um fluxo vertical que permite a umidade atingir o nível do sistema radicular, e este processo foi denominado de subirrigação.

A operacionalização deste processo consiste em colocar em cota de operação os canais principais e secundários de irrigação e por último, abrir as comportas dos canais terciários de irrigação e drenagem (KK's), e mantê-los em cota abaixo do nível do terreno natural. A cota de operação dos KK's varia a cada ano em função da disponibilidade hídrica. Em situação de escassez na oferta hídrica durante a entressafra, o nível de água mantida nos KK's é reduzido.

No Censo Agropecuário (2006) não consta o detalhamento da área irrigada por subirrigação, impossibilitando desta forma quantificar a sua representatividade dentro do cenário da irrigação nacional.

Subirrigação é um método de controle da profundidade do lençol freático de forma que a água seja fornecida à cultura por capilaridade. Para que funcione a contento, a subirrigação requer condições de topografia, solo e clima especiais. Está, geralmente, associada a um sistema de drenagem subterrânea, necessário para remover o excesso de umidade do solo na zona das raízes, em regiões úmidas. Havendo condições satisfatórias, pode representar um método relativamente baixo de custo de implantação e operação. No Brasil esse método tem sido empregado com sucesso no projeto Rio Formoso, no estado do Tocantins (ALBUQUERQUE e DURÃES, 2008).

Stone e Moreira (2002), comentam que as várzeas do vale do Araguaia pelas características peculiares dos seus solos, que possuem alta condutividade hidráulica, a irrigação por subirrigação tem sido a mais adotada para o cultivo de culturas anuais, incluindo o feijoeiro, na entressafra da cultura do arroz.

O uso da irrigação pelo manejo do lençol freático ou subirrigação é uma alternativa importante no cultivo das Várzeas Tropicais no período de estiagem, uma vez que é de custo relativamente baixo e exige pouca mão-de-obra. Além disso, Rava e Costa (2002) citam que é possível o aproveitamento da umidade residual das chuvas nos estádios iniciais das culturas.

No vale do Araguaia a partir do bombeamento da água até a superfície do barranco, por diferença de cota, a água se movimenta por gravidade por muitos quilômetros, alimentando os canais de irrigação e drenagem. Nesse método de subirrigação, a umidade atinge as raízes das plantas por ascensão capilar. Assim por não molhar as folhas, não favorece a dispersão dos patógenos da parte aérea, sendo o seu emprego altamente recomendável na produção de sementes sadias (RAVA e COSTA, 2002).

Na subirrigação, Silveira e Stone (2006) preconizam que a umidade atinge as raízes das plantas por meio da ascensão capilar. Em várzeas o lençol freático deve ser mantido a uma profundidade tal que permite obter a melhor combinação entre água e ar na zona radicular.

Segundo os autores existem vantagens e desvantagens decorrentes da adoção da subirrigação. Como vantagens citam a capacidade de irrigar solos apresentando elevada taxa de infiltração, reduzida capacidade de retenção de água, inexpressiva exigência de mão de obra, não interferência com práticas culturais e fitossanitárias e redução da quantidade de água e energia requeridas.

Porém como desvantagens mencionam a exigência de condições naturais, nem sempre disponíveis, principalmente a presença de lençol freático a uma pequena profundidade do solo, topografia favorável, inadequação para algumas culturas e ocorrência de solos e água sem riscos de salinização.

Conforme Paterniani (2006), esse método requer uma camada de solo muito permeável sobrepondo-se a uma camada impermeável ou lençol freático a cerca de 1,5 m de profundidade, topografia uniforme, pouca declividade e água abundante de boa qualidade, principalmente no que diz respeito à concentração de sais.

Seu uso exige o reconhecimento da profundidade do lençol freático que, sob o aspecto técnico, proporciona melhores condições de umidade e arejamento à camada do solo onde se desenvolve o sistema radicular das plantas.

Essa profundidade depende de fatores relativos ao solo e à cultura: - Em solos mais arenosos, a profundidade adequada é menor que em solos mais argilosos. Além disso, em anos de baixos índices pluviométricos a profundidade do lençol freático pode ser menor que em anos de precipitações acentuadas. Dessa maneira, é praticamente impossível generalizar um valor de profundidade do lençol freático adequado para as culturas exploradas (PATERNIANI, 2006).

3.3 Evapotranspiração

A definição de evapotranspiração de referência (ET_o) feita por Doorembos e Kassam (1979), considera como a taxa de evapotranspiração para uma extensa superfície, com cobertura gramada de altura uniforme, entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, com o solo completamente sombreado e sem déficit de água. Como cada cultura tem suas características

orgânicas diferentes da grama, surge a necessidade de relativizarmos um parâmetro para que fique adequado à cultura em estudo, sendo chamado de coeficiente da cultura.

Allen (1986) apud Fernandes e Turco (2003) relatou que a equação de Penman-Monteith forneceu razoável estimativa diária de evapotranspiração para todos os locais estudados, embora as estimativas fossem um pouco altas em alguns locais em comparação aos valores obtidos com lisímetros.

A disponibilidade de água no solo, segundo Andreatta (1990) não se baseia apenas em dados de precipitação pluvial, também é necessário levar em conta as perdas de água no solo para a atmosfera, que se verificam normalmente pela perda de água por evaporação mais transpiração vegetal.

Avaliando as variáveis evapotranspiração real (E_{Tr}) e evapotranspiração máxima (E_{Tm}) Matzenauer *et al.* (1995) concluíram que o consumo relativo de água (índice E_{Tr}/E_{Tm}) é o principal parâmetro para indicar a variação do rendimento de grãos de uma cultura.

Segundo Bergamaschi *et al.* (2006), as reduções mais severas na produção ocorrem em decorrência de déficit hídrico nas fases de florescimento e enchimento de grãos. Nesse período a razão E_{Tr}/E_{Tm} explica quase 80% das variações na produção de grãos, que se estabiliza acima de uma razão de 0,7.

Sediyama (1996) refere-se à evapotranspiração de referência (E_{To}) de uma área com vegetação rasteira, na qual são feitas as medições meteorológicas para obtenção de um conjunto consistente de dados de coeficientes de cultura, para serem utilizados na determinação da evapotranspiração de outras culturas agrícolas.

Técnicas utilizando dados meteorológicos fornecem um meio de comparar valores de evapotranspiração entre diferentes sistemas de cultivo e podem ser facilmente colocadas em múltiplas culturas, para estimar a evaporação de diferentes sistemas de cultivo (PRUEGER *et al.*, 1997) apud (FERNANDES e TURCO, 2003).

Allen *et al.* (1998) apud Fernandes e Turco (2003) comenta que consultores da FAO revisando os métodos de estimativa da E_{To} , deliberaram que a fórmula de Penman-Monteith deve ser utilizada como método padrão para estimativa da E_{To} , porque é baseado em processos físicos e incorpora parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos.

Para a utilização da equação de Penman-Monteith há necessidade de se obter algumas variáveis meteorológicas que podem não estar disponíveis no local de sua aplicação. Uma alternativa é estimar a E_{To} pelo método do tanque Classe A (Allen *et al.*, 1998) apud (Fernandes e Turco, 2003) , o qual, se bem manejado pode fornecer bons resultados.

A evapotranspiração envolve um conjunto complexo de processos que são influenciados por muitos fatores locais tais como: umidade do solo, tipos das plantas, tipo de solo, declividade, clima, etc.

As condições climáticas podem atenuar ou acentuar a evapotranspiração. Na ausência de valores de evapotranspiração, uma alternativa seria usar modelos matemáticos para estimá-la a partir de dados meteorológicos (ALLEN et al., 1998) apud (FERNANDES e TURCO, 2003).

O Boletim nº 56 da *Food and Agricultural Organization (FAO)* define a evapotranspiração de referência (ET_o) como sendo a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12m, albedo igual a 0,23 e resistência da cultura ao transporte de vapor d'água igual a 70 s m⁻¹. A cultura hipotética está relacionada a uma superfície gramada, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrição hídrica (ALLEN et al., 1998)) apud (FERNANDES e TURCO, 2003).

O retorno da água precipitada para a atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorre através do processo da evapotranspiração. A importância do processo de evapotranspiração permaneceu mal compreendido até o início do século 18, quando Edmond Halley provou que a água que evaporava da terra era suficiente para abastecer os rios, posteriormente, como precipitação (COLLISCHONN, 2011).

Em solos com cobertura vegetal é praticamente impossível separar o vapor d'água proveniente da evaporação do solo daquele originado da transpiração. Neste caso, a análise do aumento da umidade atmosférica é feita de forma conjunta, interligando os dois processos num processo único, denominado de evapotranspiração.

3.3.1 Evaporação

Evaporação é o processo de transferência de água líquida para vapor do ar diretamente de superfícies líquidas, como lagos, rios, reservatórios, poças, e gotas de orvalho.

A água que umedece o solo, que está em estado líquido, também pode ser transferida para a atmosfera diretamente por evaporação (COLLISCHONN, 2011).

Os principais fatores atmosféricos que afetam a evaporação, segundo Collischonn (2011) são a temperatura, a umidade do ar, a velocidade do vento e a radiação solar. As formas mais comuns de medir a evaporação são o Tanque Classe A e o Evaporímetro de Pichê.

As moléculas de água no estado líquido estão relativamente unidas por forças de atração intermolecular. No vapor as moléculas estão muito mais afastadas do que na água líquida, e a força intermolecular é muito inferior.

Durante o processo de evaporação a separação média entre as moléculas aumenta muito, o que significa que é realizado trabalho em sentido contrário ao da força intermolecular, exigindo grande quantidade de energia. A quantidade de energia que uma molécula de água líquida precisa para romper a superfície e evaporar é chamada calor latente de evaporação (COLLISCHONN, 2011).

Em um solo sem cobertura vegetal mas com umidade elevada, a evaporação é inicialmente condicionada pelas condições atmosféricas (radiação, velocidade do vento, etc).

3.3.2 Transpiração

A transpiração é a retirada da água do solo pelas raízes das plantas, o transporte da água através das plantas até as folhas e a passagem da água para a atmosfera através dos estômatos da folha. É influenciada também pela radiação solar, pela temperatura, pela umidade relativa do ar e pela velocidade do vento. Além disso intervêm outras variáveis, como o tipo de vegetação e o tipo de solo (COLLISCHONN, 2011).

Como o processo de transpiração é a transferência da água do solo, uma das variáveis mais importantes é a umidade do solo, Collischonn (2011). Quando o solo está úmido as plantas transpiram livremente, e a taxa de transpiração é controlada pelas variáveis atmosféricas. Porém, quando o solo começa a secar o fluxo de transpiração começa a diminuir.

As próprias plantas tem um certo controle ativo sobre a transpiração ao fechar ou abrir os estômatos, que são as aberturas na superfície das folhas por onde ocorre a passagem do vapor para a atmosfera.

Para um determinado tipo de cobertura vegetal, a taxa de evapotranspiração que ocorre em condições ideais de umidade do solo é chamada a evapotranspiração máxima (ET_m), enquanto a taxa que ocorre para condições reais de umidade do solo é a evapotranspiração real (ET_r). A evapotranspiração real é sempre igual ou inferior a evapotranspiração máxima (COLLISCHONN, 2011).

3.3.3 Evapotranspiração máxima (ET_m) e real (ET_r)

A evapotranspiração máxima (ET_m) refere-se às condições em que a água é suficiente para o crescimento e desenvolvimento de uma cultura sadia, sem restrição, cultivada em grandes áreas sob condições ótimas de manejo agrônomo e de irrigação (Doorenbos e Kassam, 1994).

Reichardt (1990) define a evapotranspiração máxima (ET_m) como a máxima perda de água que certa cultura sofre em dado estágio de desenvolvimento, quando não existe restrição de água no solo. Ele afirma também que a evapotranspiração real (ET_r) é a que de fato ocorre.

Se houver água disponível no solo e o fluxo de água na planta atender à demanda atmosférica, a ET_r será igual a ET_m; se houver restrição de água no solo e a demanda atmosférica não for atendida, a ET_r será menor que a ET_m. De acordo com o autor, a disponibilidade de água afeta a produtividade e a situação ideal para a cultura seria a ET_r igual a ET_m. Toda vez que a ET_r < ET_m, existe restrição de água e a produtividade pode ser afetada, razão pela qual a ET_m é utilizada para se calcular a demanda climática máxima de uma cultura, em projetos de irrigação.

3.3.4 Fator de resposta da cultura (k_y)

O fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (K_y) é uma forma de quantificar a resposta do suprimento de água sobre o rendimento de colheita, relacionando a queda de rendimento relativo com o déficit de evapotranspiração relativa. Pode ocorrer em qualquer fase da cultura, um déficit na relação entre a evapotranspiração real (ET_r) e a evapotranspiração máxima (ET_m), provocando queda de produtividade em função da restrição hídrica.

Para a determinação do fator de resposta da cultura (K_y) utiliza-se a expressão empírica descrita por Doorenbos e Kassam (1979), que quantifica a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração.

$$K_y = [1 - (y_r/y_m)] / [1 - (ET_r/ET_m)]$$

sendo:

y_r - rendimento real da cultura

y_m - rendimento máximo da cultura

ET_r - evapotranspiração real da cultura

ET_m - evapotranspiração máxima da cultura

k_y - fator de resposta da cultura.

Segundo os autores a resposta da cultura em rendimento produtivo ao suprimento de água, é quantificada através do fator de resposta da cultura (k_y) que relaciona a queda de rendimento relativo ($1 - y_r / y_m$) com o déficit de evapotranspiração relativa ($1 - E_{Tr} / ET_m$). Os autores concluíram que a relação entre o rendimento relativo (y_r / y_m) e a evapotranspiração relativa (E_{Tr} / ET_m) é linear e válida para déficits hídricos até cerca de 50%, ou seja, $(1 - E_{Tr} / ET_m) = 0,5$.

Afirmam, ainda, que em condições de suprimento de água limitado a cultura sofrerá maior perda de rendimento quanto maior for o valor de k_y . Este fator apresenta-se, portanto, como base para o manejo racional de água em relação à produção irrigada.

Quando o suprimento de água não atende às necessidades hídricas da cultura, a evapotranspiração real é inferior a evapotranspiração máxima, ou seja, $E_{Tr} < ET_m$. Nessa condição desenvolve-se um estresse hídrico na planta, o qual afetará adversamente o crescimento da cultura e, finalmente, seu rendimento.

As culturas variam quanto ao efeito do déficit hídrico sobre seu crescimento e rendimento. Quando as necessidades hídricas da cultura são atendidas plenamente mediante o suprimento de água disponível ($E_{Tr} = ET_m$), a quantidade de matéria seca total e o rendimento produzido por unidade de água (kg/m^3) variam com a cultura.

Segundo Doorembos e Kassam (1979) o fator de resposta a produtividade (K_y) para a cultura da soja, é definido por números absolutos e estabelecido por quinzenas a partir do plantio sendo: 1ª, 2ª e 3ª quinzenas igual a 0,2, 4ª e 5ª quinzenas igual a 0,8, 6ª e 7ª quinzenas igual a 1,0 e, 8ª e 9ª quinzenas igual a 0,2.

3.3.5 Coeficiente da cultura (k_c)

O conceito do coeficiente K_c surgiu da necessidade de se converter a evapotranspiração de referência (ET_o) em evapotranspiração máxima (ET_m). As estimativas da ET_o , normalmente, são desenvolvidas tomando-se como padrão uma superfície vegetada por uma planta de pequeno porte, geralmente grama, que cobre completamente a superfície do solo. Logo, tais métodos representam apenas as condições atmosféricas.

Essas condições raramente representam as condições da cultura, onde o plantio é feito em linhas ou em covas, quando o terreno fica parcialmente coberto na maior parte do tempo de cultivo (Oliveira, 2006). O coeficiente de cultivo, além de ser individual para cada cultura, tem seu valor alterado nos diferentes estádios de desenvolvimento.

Segundo Doorembos e Kassam (1979), o coeficiente da cultura (K_c) para a cultura da soja, é definido por números absolutos e estabelecido por quinzenas a partir do plantio sendo: 1^a e 2^a quinzenas igual a 0,4, 3^a quinzena igual a 0,8, 4^a, 5^a e 6^a quinzenas igual a 1,2, 7^a e 8^a quinzenas igual a 0,8 e, 9^a quinzena igual a 0,5.

3.4 Condutividade hidráulica (K)

A condutividade hidráulica (K) pode ser definida como sendo o coeficiente de proporcionalidade da equação de Darcy, o qual expressa a "facilidade" com que determinado fluido se desloca em um meio, mostrando-se dependente das características deste meio (porosidade, forma e arranjo das partículas) e do fluido (viscosidade e massa específica).

Além dos fatores químicos, Reichardt (1996) atribui os altos coeficientes de variações de K a alterações estruturais, compactação, teor de água no solo, expansão e contração do solo, concentração eletrolítica de sais solúveis entre outras características do meio.

Prevedello (1996) afirma que aumentos no volume de macroporos combinados com diminuição do volume de microporos determinam aumentos na K.

Perturbações na superfície do solo, podem afetar os valores de K e proporcionar resultados que não condizem com o solo estudado. Desta forma, é claramente desejável que os métodos e as técnicas utilizadas para quantificar essas propriedades, não provoquem perturbações adicionais no próprio solo e que forneçam valores representativos de precisão e exatidão adequados (TALSMAN, 1969) apud (SILVA e LIBARDI, 2000).

Silva e Libardi (2000) ressaltam que há carência de estudos da dinâmica da água em condições não-saturadas. Para avaliação de tais fluxos, as propriedades hidráulicas da zona não-saturada precisam ser estimadas.

As propriedades hidráulicas da zona não saturada controlam os fluxos de água no solo e influenciam fortemente a redistribuição da precipitação pluviométrica e muitos processos geomorfológicos, geoquímicos ou ecológicos. As propriedades hidráulicas do solo são parâmetros fundamentais para se compreender e modelar os processos de infiltração, evapotranspiração e transporte de solutos (ANTONINO, et al.,2001).

3.5 Curva de retenção de água no solo (CRA)

A curva de retenção da água (CRA) no solo é definida como a relação entre o potencial matricial e o conteúdo de água no solo, sendo que o potencial matricial da água no solo resulta da interação de fenômenos de adsorção e de capilaridade. Saunders et al. (1981) observaram uma relação entre o diâmetro de poros inferiores ou iguais a 30 micrômetros, e o conteúdo de água no solo retido por capilaridade em solos Aluviais eutróficos de textura franco-arenosa.

Como a quantidade de água retida ou armazenada na matriz do solo é função do tamanho e do volume dos poros que a contêm, conseqüentemente, o teor de umidade está intimamente relacionado com a pressão matricial. A esta função que relaciona a pressão matricial com a umidade do solo dá-se o nome de curva característica de umidade do solo (TUCCI, 2000).

Conforme Arruda et al. (1987), a classe textural e a natureza das argilas também influem na retenção de água de modo que solos com grandes teores de argila do tipo 2:1, como montmorilonita, retêm mais água que solos arenosos.

Lima et al. (1990) apud Silva et al. (2005) também atribuíram os aumentos nos teores de água em solos franco-argilosos, às concentrações crescentes de sódio que dispersam os agregados, elevando o volume de microporos, e com isso incrementam a capacidade de retenção de água destes solos.

Lima et al. (1990) apud Silva et al. (2005) observaram alterações no volume de microporos, afetando a quantidade de água retida por capilaridade, à medida que os sais de sódio promoviam a dispersão dos colóides do solo.

A disponibilidade de água no solo constitui um dos fatores mais importantes para o crescimento e produtividade das plantas, nativas ou cultivadas. Sendo este o principal reservatório de água para as plantas, é evidente que a determinação das suas propriedades hidráulicas que condicionam a dinâmica da própria água, é essencial para descrever e compreender os processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera, tornando-se possível identificar as relações entre as práticas de manejo da água e a produtividade das culturas (SILVA e LIBARDI, 2000).

Em se tratando da relação solo-água, Buckman e Brady (1989) ressaltam duas justificativas que evidenciam sua importância. Primeiro há necessidade de grande quantidade de água para atender à evapotranspiração do sistema solo-planta. Depois, a água por ser solvente universal, junto com os nutrientes dissolvidos compõe a solução do solo, fundamental para o desenvolvimento de qualquer planta.

Segundo LIBARDI (2005), a retenção de água no solo ocorre de duas formas:

- a) Nos microporos através da capilaridade, envolvendo a curva água-ar e ocupando os espaços vazios formados entre as estruturas das partículas de sólidos, sendo solo saturado preenchido com água e solo seco por ar.
- b) Na superfície das partículas através da adsorção, caracterizado pela formação de uma espécie de filme envolvendo sua superfície, podendo ser explicado por três fenômenos principais:
 - A superfície dos minerais de argila é coberta com átomos de oxigênio e grupos oxidrilas negativamente carregados devido à substituição isomorfa de cátions. Desse modo, cria-se ao redor das partículas desses minerais um campo elétrico cuja intensidade decresce com a distância da superfície da partícula. Devido à natureza dipolar das moléculas de água, elas se orientam neste campo elétrico e experimentam uma força na direção da partícula, a qual decresce gradualmente com a distância desta superfície, até se tornar nula num ponto em que não há mais influência do campo.
 - Os pares de elétrons não compartilhados do átomo de oxigênio das moléculas de água podem ser eletricamente atraídos a cátions trocáveis que podem estar adsorvidos sobre a superfície da argila, ou seja, os cátions que são retidos à superfície negativamente carregada de argila (a concentração iônica é crescente na direção da superfície sólida) ocasionam também a adsorção das moléculas de água.
 - Ainda as moléculas de água podem ser atraídas às superfícies sólidas pelas forças de London-van der Waals que são forças de curto alcance e decrescem rapidamente com a distância da superfície.
 - Avaliando curvas características de umidade do solo, Buckman e Brady (1989) verificaram que elas variam especificamente com a granulometria. As maiores retenções de água ao longo de toda a faixa de energia estão associadas aos solos com frações granulométricas mais finas, os quais apresentam maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície específica para adsorção bem maior, quando comparados aos solos de granulometria mais grosseira.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição do local do experimento

O Projeto Rio Formoso localizado em Formoso do Araguaia na região Sudoeste do Estado do Tocantins, está localizado entre os paralelos de $11^{\circ}30' S$ e $12^{\circ}15' S$ e os meridianos $49^{\circ}30' W$ e $49^{\circ}50' W$. O acesso ao Projeto se dá pela rodovia federal BR-242, a partir do entroncamento com a rodovia BR-153 (Belém-Brasília) e dista 310 km de Palmas – TO, a altitude média da área do Projeto é de 200 m o relevo é plano e declividades baixas, descendentes de sul para norte (principal) e oeste para leste (secundária) (Figura 4.1 e Figura 4.2).



Figura 4.1: Macrolocalização da área do Projeto Rio Formoso



Figura 4.2: Visão geral do Projeto Rio Formoso

A área específica onde foi implantado o experimento é denominada de Parcela F 5/3, que significa estar no Módulo F 5, Parcela 3, Fase A, na segunda Etapa do Projeto Rio Formoso denominada COPERJAVA - Cooperativa Mista Rural Vale do Javaés Ltda.

A referida parcela possui as dimensões de 290 m de largura X 800 m de comprimento, e está inserida entre o canal secundário de irrigação C-8 (Sul) e o canal secundário de drenagem D-10 (Norte), e delimitada no sentido longitudinal por 02 (dois) canais terciários de irrigação e drenagem (KK's) um pelo leste e outro pelo oeste (Figura 4.3 Figura 4.13).

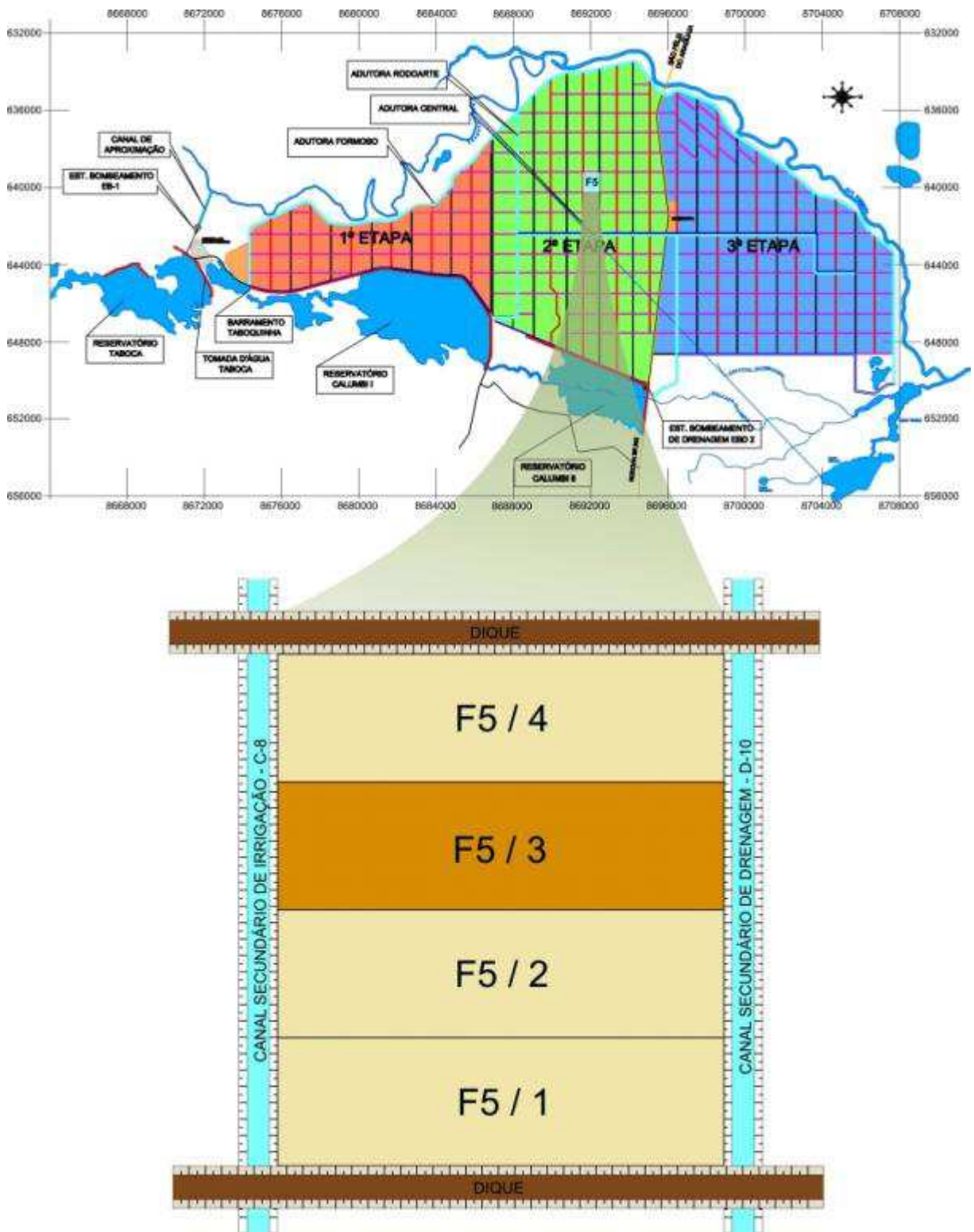


Figura 4.3: Arranjo geral do projeto e detalhe do Módulo F5.

4.2 Detalhamento do experimento

Inicialmente, antes de iniciar a instalação do experimento propriamente dito, foram cavadas trincheiras de 1,00 m X 1,00 m X 1,00 m e coletado amostras de solo deformadas e indeformadas nos horizontes A e B, em frente as cinco linhas de poços de observação bem próximo aos KK's, e enviadas ao Laboratório de Água e Solo da Universidade Federal de Viçosa – MG. .

As amostras deformadas foram coletadas em toda altura do perfil do horizonte A, e a partir da linha divisória, até atingir 1,00 m de profundidade no horizonte B, e enviadas ao laboratório para determinar a Curva Característica de Retenção de Água no Solo, conforme Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA 1997.

As amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de amostrador específico cedido pelo Curso de Agronomia da UFT de Gurupi – TO, através de anéis de metal de 50 mm de diâmetro X 40 mm de altura, no ponto médio da altura do perfil do horizonte A, e a partir da linha divisória, no ponto médio do horizonte B até atingir 1,00 m de profundidade em relação à superfície, e enviadas ao laboratório para determinar a Condutividade Hidráulica do Solo (Figura 4.4 e Figura 4.5).



Figura 4.4. Coleta da amostra indeformada nº 05 em trincheira no horizonte A.



Figura 4.5. Coleta da amostra indeformada nº 04 em trincheira no horizonte B.

Tanto na Curva de Retenção de água no solo como na Condutividade Hidráulica, as amostras ímpares (01 a 09) foram retiradas no Horizonte A, e as pares (02 a 10) no Horizonte B, conforme Tabela A 2.1 e Tabela A 2.2 do Anexo 2.

As amostras de solo que foram coletadas nas trincheiras e enviadas ao laboratório em Viçosa – MG não foram submetidas a análise de textura. Portanto, novas amostras de solo foram coletadas bem próximas às trincheiras através do uso de trado, na mesma profundidade que foram coletadas as amostras indeformadas nas trincheiras, e enviadas ao laboratório em Palmas – TO para determinar a granulometria, mas não houve repetição das mesmas, conforme Tabela A 2.3.do Anexo 2.

Algumas Classes Texturais apresentadas neste tabela foram definidas através do Triângulo Textural, em função do laboratório ter entregue os resultados com esta indefinição parcial.

A parcela foi plantada com soja para semente no dia 10 de junho de 2009, e o trabalho de pesquisa foi implantado na área do experimento após ter ocorrido o plantio de toda a parcela, ou seja, a partir de 11 de junho de 2009.

O monitoramento dos níveis do lençol freático e dos KK's, passou a ser executado efetivamente após o início da operação de irrigação da parcela, que ocorreu apenas em 18 de julho, pois antes disto não ocorria presença de lençol freático até a profundidade de 1,0 metros dos poços.

A instalação dos 30 poços de observação distribuídos na parcela (Figura 4.6) permitiu o monitoramento do lençol freático durante todo ciclo de irrigação.



Figura 4.6. Poços de observação recém instalados na parcela.

Foram instalados na parcela cinco linhas de seis poços de observação (1 a 30), distribuídos de forma representativa na parcela. Na mesma data foram instaladas cinco réguas dentro dos dois KK's (nº 1 a nº 5), sendo uma em frente a cada linha de seis poços de observação (Figura 4.7).



Figura 4.7. Règua nº 4 recém instalada no KK a leste da parcela.



Figura 4.8. Vista geral da parcela e do poço de observação nº18 instalado.



Figura 4.9. Monitoramento do lençol freático no poço nº 18.

A partir de 18 de julho o Módulo F5 e, conseqüentemente, a parcela do experimento passaram a receber a irrigação convencional adotada no projeto, e a partir de 19 de julho foi procedido o início efetivo do monitoramento do nível do lençol freático nos 30 poços de observação, bem como a leitura da altura da água nos KK's através das réguas graduadas instaladas, até o encerramento da irrigação.

Portanto, o monitoramento através das leituras dos trinta poços de observação e das cinco réguas implantadas nos KK's, foi realizado a partir do início da irrigação da cultura da soja em 19 de julho até 11 de setembro, sendo que, da 1ª leitura (19/07/09) até a 9ª leitura (21/08/09) foi utilizada uma freqüência de leituras com intervalos de quatro dias. A partir da 10ª leitura (24/08/09) até a 16ª leitura (11/09/09) os intervalos foram de três dias entre elas.

Em frente cada uma das cinco linhas de poços de observação, foi instalada uma régua metálica graduada de 1,00 metro de altura, fixada a uma ripa de madeira enterrada dentro dos canais terciários de irrigação e drenagem (KK's), sendo que o zero da régua ficou no fundo do canal e a graduação de 1,00 m, foi locada através do transporte do nível médio do terreno junto aos seis poços correspondentes de cada linha por aparelho topográfico, permitindo o monitoramento do nível da água nos KK's através de leitura direta nas réguas graduadas instaladas em seus leitos nas datas determinadas (Figura 4.10).



Figura 4.10. Leitura da régua nº 3 instalada no KK a oeste da parcela.

Em cada linha foram instalados seis poços, distanciados 25, 50, 75, 100, 125 e 150 metros a partir da margem do KK, com tubos de PVC de 50 mm de diâmetro e 1,25 m de comprimento, sendo que foram fixadas travessas de madeira (ripas) a 1,00 m da extremidade inferior para delimitar a parte a ser enterrada, e 0,25 m acima no nível do terreno para facilitar as leituras do nível do lençol freático. (Figura 4.11).

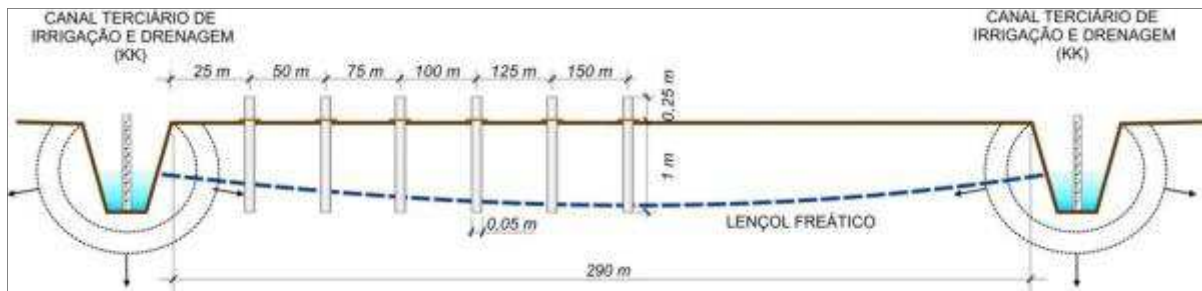


Figura 4.11: Croqui de instalação dos poços, rguas e de abastecimento do lençol freático



Figura 4.12. Estacas de uma das cinco linhas junto aos seis Poços de Observação.

Na parcela monitorada pelo trabalho (Figura 4.13) a distribuição espacial das cinco linhas com seis poços de observação cada, foi locada a cada 175 m de distância entre si, transversalmente aos canais terciários de irrigação e drenagem (KK's), ultrapassando a metade da parcela (150m) e de forma alternada, sendo que a 1ª e a 5ª linha ficaram afastadas 50m do início e final da parcela, respectivamente.

Na parte enterrada do tubo (1,00 m) sua parede foi perfurada quatro vezes a cada 10 cm com bróca de meia polegada de diâmetro e colocado um tampão na extremidade inferior. Para evitar entupimento dos orifícios, foi revestido com tecido de algodão permeável, pela falta de geomanta disponível na ocasião.

A perfuração do solo para instalação dos poços de observação foi feita utilizando-se trado de 75 mm de diâmetro X 1,20 m de comprimento, e armazenando gradualmente o solo retirado para depois reutilizá-lo de maneira correta no preenchimento do espaço deixado pela diferença de diâmetro entre ambos.

Após a instalação foi colocado um tampão na extremidade superior de cada um dos 30 poços de observação (5 linhas X 6 poços), para evitar possíveis obstruções dos mesmos durante a safra (Figura 4.14).



Figura 4.14. Poço de Observação nº 25 em PVC 50 mm com travessa e tampão.

As raízes pivotantes da cultura da soja penetram em torno de dez a doze centímetros apenas, fazem uma curva de 90 graus e atrofiam-se, ficando para as raízes secundárias a responsabilidade pela busca de água e nutrientes, exigindo que a umidade esteja próxima à superfície devido não aprofundarem-se naturalmente. A pesquisa ainda não concluiu o motivo desta mudança de hábito nas raízes das leguminosas nas várzeas com subirrigação, pois ocorre também com os diversos grupos de feijoeiros (carioca, preto e jalo) e caupi.

O monitoramento do nível do lençol freático nos 30 poços de observação instalados na parcela, foi feito através da inserção em cada poço de observação de uma régua com bóia na extremidade, graduada e calibrada/aferrida para descontar os 0,25 metros do tubo acima da travessa fixa, permitindo a leitura direta da profundidade do lençol freático em relação ao nível do terreno natural a cada procedimento (Figura 4.15 e Figura 4.16).



Figura 4.15. Detalhe da régua graduada e calibrada com bóia na extremidade.



Figura 4.16. Detalhe da leitura do nível do lençol com a régua inserida no poço.

Após a maturação da cultura, foi efetuada a colheita manual em áreas padrão definidas com 11,25 m² cada, demarcadas junto aos 30 poços de observação da parcela, para medir os índices de produtividade e permitir a determinação das correlações com os demais parâmetros como lençol freático, distância dos KK's, ETm e granulometria.

As trinta amostras foram colhidas individualmente, ensacadas e trilhadas, em equipamento específico para experimento cedido pela EMPRAPA – CNPAF, e posteriormente pesadas para calcular da produtividade (Figura 4.17).

Os dados completos do monitoramento da entressafra 2009 desde 19/07/2009 até 11/09/2009 estão apresentados na Tabela A 3.1. do Anexo 3.



Figura 4.17. Colheita manual junto a estaca nº 05 e desmobilização do poço de observação correspondente.

4.3 Cultura utilizada no experimento

Família: *Fabaceae* (Leguminosa);

Nome científico: *Glycine max*;

Nome Popular: soja;

Variedade: COODETEC – CD 237 – RR;

Ciclo Previsto: 110 dias;

Ciclo Efetivo: 101 dias.



Figura 4.18: Vista geral da parcela em fase reprodutiva na entressafra 2009.

No acompanhamento da cultura durante todo o seu ciclo, nunca foi observado visualmente nenhum sintoma de estresse hídrico das plantas na parcela estudada, mesmo nos horários de temperaturas mais elevadas do dia durante a entressafra 2009 (Figura 4.18).

4.4 Manejo da cultura e monitoramento do experimento

Após a colheita da safra de arroz irrigado 2008/2009, foi necessário aguardar a paralisação das chuvas, que ocorreu no final do mês de abril, para dar início às operações de preparo do solo e plantio da entressafra.

A operação de preparo do solo foi necessária, em razão da colheita do arroz ocorrer em condições de drenagem deficitária provocada pelo período chuvoso, e deixar a superfície do solo bastante irregular provocada pelo material rodante (esteiras) das colheitadeiras, necessitando de gradagens para nivelar o solo, favorecendo o plantio e a colheita.

Após o preparo do solo e antes do plantio, foram utilizados rolos compactadores para diminuir a macroporosidade na camada gradeada, com o objetivo de facilitar a ascensão capilar para melhorar a germinação e emergência das plântulas.

O plantio e adubação de base foram realizados em 10/06/2009, com plantadeiras específicas, imediatamente após as gradagens e a rolagem da parcela. Todas as aplicações de defensivos agrícolas, como herbicidas, inseticidas, fungicidas e dessecantes, foram executadas uniformemente em toda a parcela, conforme recomendação técnica baseada no manejo integrado de pragas e doenças adotado pela cooperativa.

O início da irrigação da parcela em 2009 foi no dia 18 de julho, ou seja, 38 (trinta e oito) dias após o plantio. Este atraso deveu-se a menor disponibilidade hídrica no ano de 2009, sendo que as barragens estavam abaixo do nível normal. Segundo as atas de reunião do Distrito de Irrigação do Projeto Rio Formoso – DIRF, onde decidiram a área a ser plantada na entressafra 2009, os volumes de água para irrigação armazenados nas barragens que atendem o projeto somaram 41,5 milhões m³, sendo que o valor médio é de aproximadamente 100 milhões de m³. Assim, a operação dos KK's neste ano manteve um nível médio inferior ao normal utilizado regularmente, justamente pela menor oferta hídrica.

As leituras para o monitoramento do lençol freático e o nível da água nos KK's foram iniciadas em 19 de julho (1^a), sendo que a última foi realizada em 11 de setembro (16^a), porém a partir de 05 de setembro (14^a) encerrou-se o fornecimento de água para os dois KK's.

Do início da irrigação até o Estádio R4 da cultura, ou seja, da 1^a até a 9^a leitura, foi utilizada uma frequência de leituras a cada quatro dias, por estar na fase vegetativa e início da reprodutiva. Depois os intervalos foram de três dias até o final do monitoramento, por tratar-se da fase de enchimento de grãos com maior consumo hídrico (Tabela A 3.1. do Anexo 3).

Após a cultura ter atingido a maturação fisiológica, foi aplicado herbicida dessecante para uniformizar a umidade e permitir colher sementes com alto índice de vigor e germinação

em toda parcela. Foi efetuada a colheita manual das trinta amostras em áreas padrão definidas com 11,25 m² cada, demarcadas junto aos 30 poços de observação da parcela, para medir os índices de produtividade e permitir a determinação das correlações com os demais parâmetros. Todas as trinta amostras foram colhidas individualmente, ensacadas e trilhadas, em equipamento específico para experimento, e posteriormente pesadas para calcular da produtividade. Todos os dados e os resultados do monitoramento das réguas, poços e produtividade estão lançados na (Tabela A 3.2. do Anexo 3).

4.5 Necessidade de água da cultura

A demanda de água pela cultura foi calculada pelo método de Penman-Monteith proposto pela FAO, Allen et al. (1998)) apud Fernandes e Turco (2003), através do software CROPWAT versão 8.0, utilizando os dados diários das temperaturas máximas e mínimas, umidade do ar e velocidade do vento da estação de Formoso do Araguaia - TO e horas diárias de brilho do sol da estação de Porto Nacional – TO, ambos do ano de 2009 (Tabela A 1.1. do Anexo 1).

A quantidade de água necessária para atender a demanda hídrica da cultura da soja foi determinada a partir evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando o coeficiente de cultivo (K_c) da cultura da soja para cada um de seus estádios de desenvolvimento, recomendado por Dorembos e Kassam (1979), calculada a evapotranspiração máxima (ET_m) e definida a necessidade hídrica diária da cultura da soja em mm/dia e m³/ha (Tabela 5.2 do item 5.2).

A precipitação efetiva foi nula durante o ciclo da cultura, por não ter ocorrido nenhuma chuva durante este período do ano, o que é o padrão desta região.

A análise do fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (ky) foi feita a partir da ET_m e ET_r calculadas e das produtividades obtidas. Para cada conjunto de seis amostras correspondentes às réguas dois, três e quatro, a produtividade máxima obtida foi considerada como o referencial de (Y_m) para as outras cinco amostras do mesmo conjunto. Para as réguas um e cinco foi considerada como produtividade máxima 3.000 kg/ha, em função da empresa COODETEC, que detém a patente deste material genético, considerar este valor como rendimento máximo da cultura em áreas empresariais para a região do experimento, apesar de nenhuma das doze amostras ter alcançado este valor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise do comportamento da subirrigação

Retornando ao primeiro objetivo, que trata sobre a análise do comportamento da subirrigação com base na variação do lençol freático, são apresentadas a seguir as suas correlações com a produtividade, distância dos KK's e ETm, bem como, as correlações entre a produtividade com a distância dos KK's e com a granulometria.

5.1.1 Lençol freático x produtividade

Na Tabela 5.1 a seguir, observa-se o comportamento médio do nível da água nos KK's por régua, média do nível da água nos poços de observação e a produtividade na entressafra 2009, nos trinta pontos monitorados da parcela em estudo.

Tabela 5.1. Resumo Nível Médio dos KK's X Nível Médio dos Poços X Produtividade

Régua	Estaca	Média do Nível da Água no kk (m)	Média do Nível da Água no Poço (m)	Produtividade (kg/ha)
R1	1	0,33	0,19	2.434
R1	2		0,03	2.556
R1	3		0,02	2.451
R1	4		0,02	2.662
R1	5		0,02	2.460
R1	6		0,02	2.763
R2	7	0,34	0,15	3.273
R2	8		0,16	2.804
R2	9		0,08	3.188
R2	10		0,11	1.820
R2	11		0,07	2.035
R2	12		0,04	3.007
R3	13	0,37	0,17	3.023
R3	14		0,14	3.535
R3	15		0,15	2.524
R3	16		0,14	2.679
R3	17		0,11	3.127
R3	18		0,11	2.759
R4	19	0,34	0,22	3.080
R4	20		0,15	3.188
R4	21		0,12	2.630
R4	22		0,15	2.573
R4	23		0,15	2.595
R4	24		0,13	2.655
R5	25	0,42	0,30	2.317
R5	26		0,26	2.287
R5	27		0,24	2.492
R5	28		0,25	2.432
R5	29		0,18	2.768
R5	30		0,19	2.669

O gráfico (Figura 5.1) demonstra a correlação entre o nível do lençol freático e as produtividades de colheita nos trinta pontos amostrados, considerando que outros fatores, como tipo de solo, sistematização do terreno, adubação, pragas e doenças, não foram limitantes durante o ciclo da cultura.

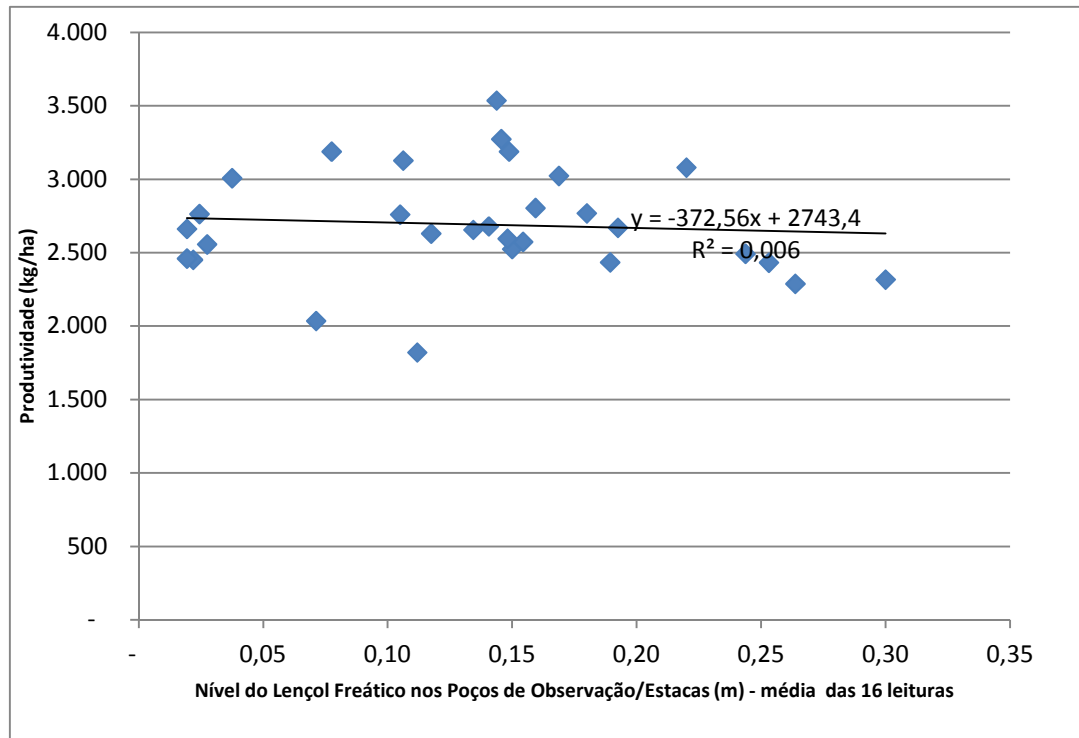


Figura 5.1. Nível do Lençol Freático X Produtividades Obtidas.

Na simulação entre o nível do lençol freático e as produtividades obtidas, não houve correlação entre os resultados dos trinta pontos monitorados, e segundo o teste de Tukey (5%), não houve diferença significativa entre cinco das seis médias de produtividade dos blocos.

A menor média (2.433 kg/ha) diferiu estatisticamente das três maiores médias, provavelmente devido a alguma outra variável que interferiu em uma das repetições do bloco de 100m de distância do KK (1.820 Kg/ha) junto à estaca nº 10. O coeficiente de variação entre as médias dos blocos também foi baixo (6,09%).

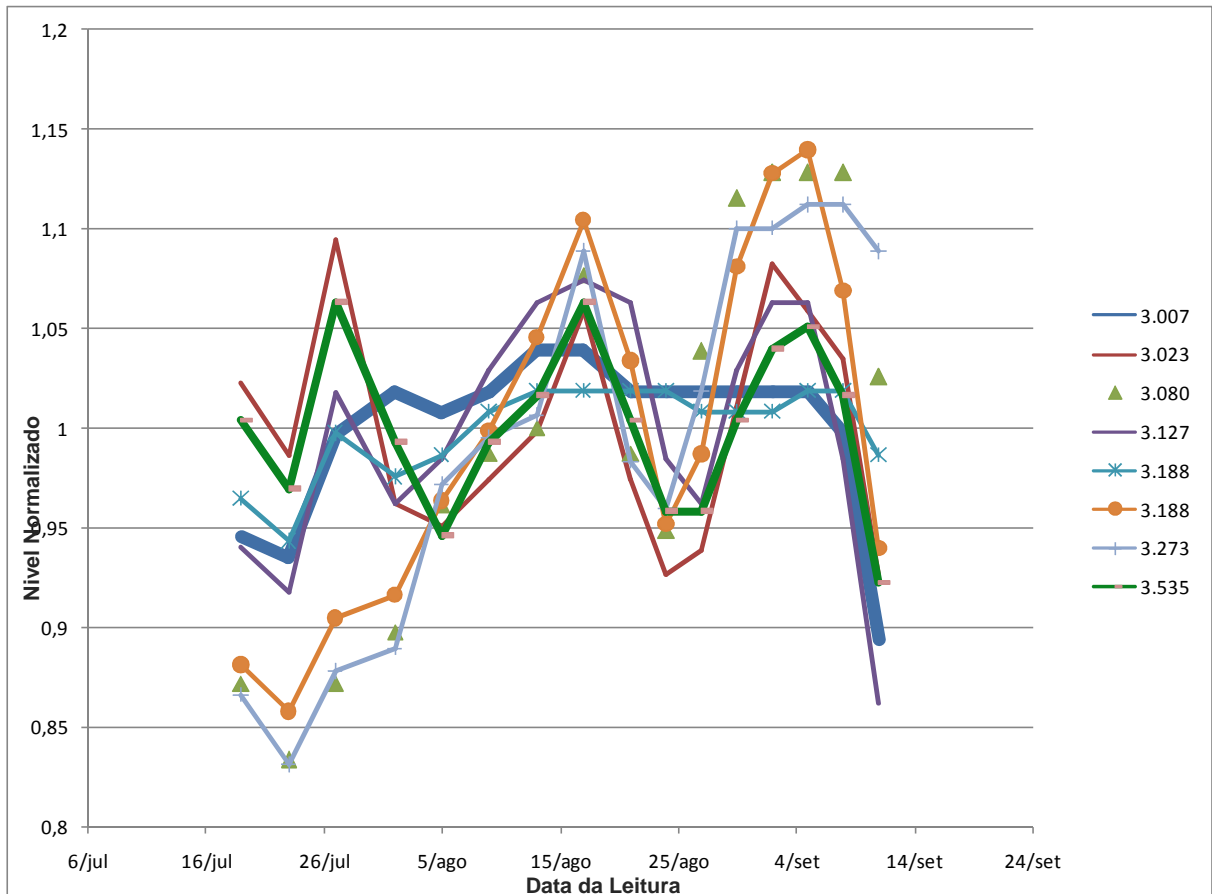


Figura 5.2. Nível normalizado nos poços com produtividade superior a 3.000kg/ha.

As curvas (Figura 5.2) demonstram que a variação do nível do lençol freático em relação a sua média não tem correlação com as produtividades obtidas, nas amostras que obtiveram média superior a 3.000 kg/ha.

Amostras que tiveram o nível do lençol abaixo da média no início da irrigação obtiveram altas produtivades de colheita, da mesma forma que amostras que no início da irrigação tiveram o nível do lençol próximo a média.

Provavelmente a sistematização do terreno da parcela pode ser a responsável por parte da diferença nas produtividades obtidas, em função da reduzida espessura na camada do horizonte A, constatada nas trincheiras abertas para coleta das amostras de solo (Figura 4.4.).

5.1.2 Lençol freático x distância dos KK's

O gráfico apresentado (Figura 5.3) demonstra o comportamento do nível médio do lençol freático em relação às distâncias do KK.

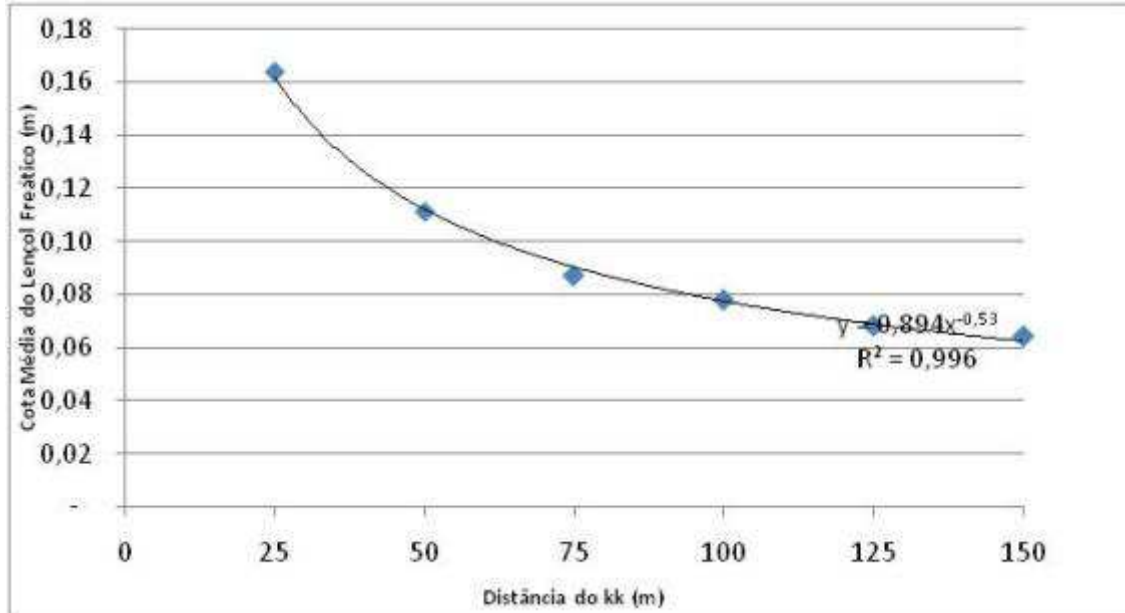


Figura 5.3. Lençol Freático X Distância KK.

A curva apresentada acima gerada pelos valores do nível médio do lençol freático em relação as seis distâncias dos KK's (25 a 150 m), apresentou uma correlação $R^2 = 0,9964$.

Isto indica que a distância entre a fonte de suplementação hídrica (KK's), e os pontos monitorados na parcela não interferiu na produtividade, ficando por conta de outros fatores não estudados no presente trabalho, a explicação pelas diferenças nas produtividades observadas.

Os 30 gráficos (Figura A 3.1. do Anexo 3) do comportamento do nível do lençol freático nos cinco conjuntos de seis poços de observação, em relação ao nível da água nos KK's nas cinco régua correspondentes demonstram: - que cinco dos seis poços do conjunto da régua nº 1 tiveram metade das leituras da altura do lençol próximas a zero; os demais conjuntos (régua nº 2 a 5) tiveram comportamento semelhante entre si, porém todos apresentaram elevação do nível do lençol nos poços durante o monitoramento da parcela.

Os cinco gráficos (Figura A 3.2. do Anexo 3) demonstram o comportamento do nível médio do lençol freático de cada conjunto de seis poços de observação, em relação ao nível médio da água nos KK's na sua régua correspondente.

Foi evidenciado com mais clareza o comportamento destoante entre o nível médio do lençol freático do conjunto da régua nº 1, em relação ao nível médio da água no KK. Os conjuntos das régua nº 2, 3 e 4 tiveram comportamento semelhante entre si, porém a régua nº 5 foi a que apresentou o resultado mais próximo entre as duas curvas do gráfico, representando o nível médio do lençol no poço e o nível médio da água no KK.

5.1.3 Lençol freático x estimativa da ETm

O gráfico apresentado (Figura 5.4) demonstra da variação do nível médio do lençol freático em relação a evapotranspiração máxima (ETm) estimada.

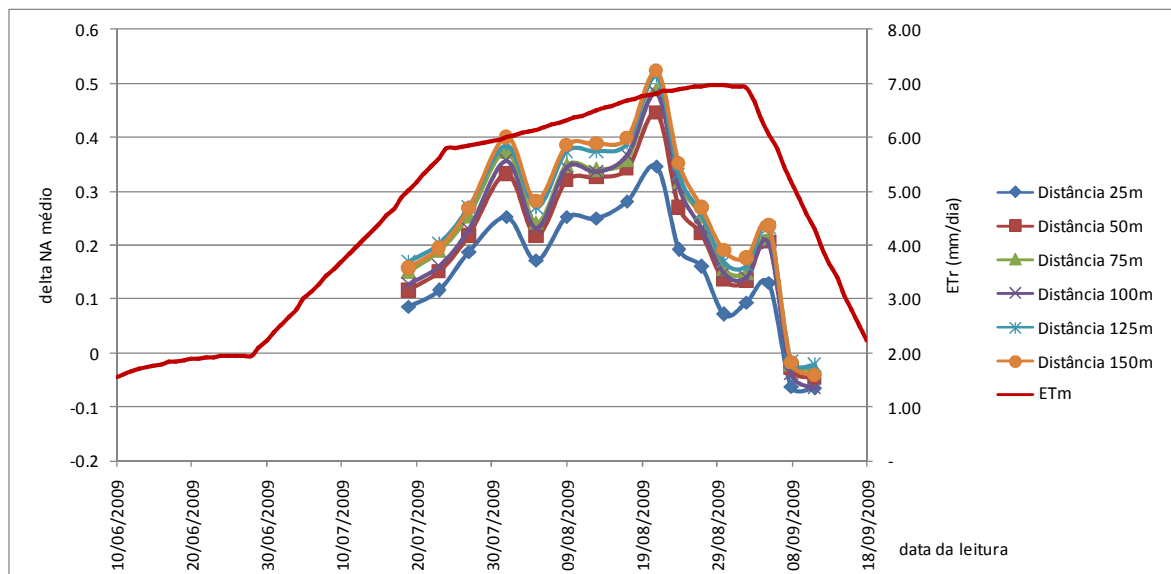


Figura 5.4. Variação do Nível Médio do Lençol Freático e variação da ETm.

O comportamento dos seis gráficos do nível médio do lençol freático (Figura 5.4), correspondentes às seis distâncias distintas dos KK's durante as 16 leituras realizadas no período monitorado, é representado juntamente com o gráfico da evapotranspiração máxima (ETm) durante todo o ciclo da cultura. Pode-se dizer que ocorreu uma ligeira similaridade entre o comportamento das duas variáveis, porém observa-se que as curvas de variação do nível médio do lençol freático, apresentaram reduções significativas em relação à curva da ETm, mesmo nos períodos onde os valores do Kc são os mais elevados.

Houve uma queda considerável no nível do lençol freático em todas as distâncias monitoradas durante o mês de agosto de 2009, que diferiu da tendência crescente do gráfico da ETm neste mesmo período.

No final do monitoramento as curvas dos seis níveis médios do lençol freático tiveram a mesma tendência decrescente demonstrada pela curva da ETm, o que significa que o encerramento da irrigação foi procedido no momento correto.

5.1.4 Produtividade x distância dos KK's

O gráfico (Figura 5.5) representa as produtividades médias obtidas nas cinco repetições de cada uma das seis distâncias da fonte hídrica (KK).

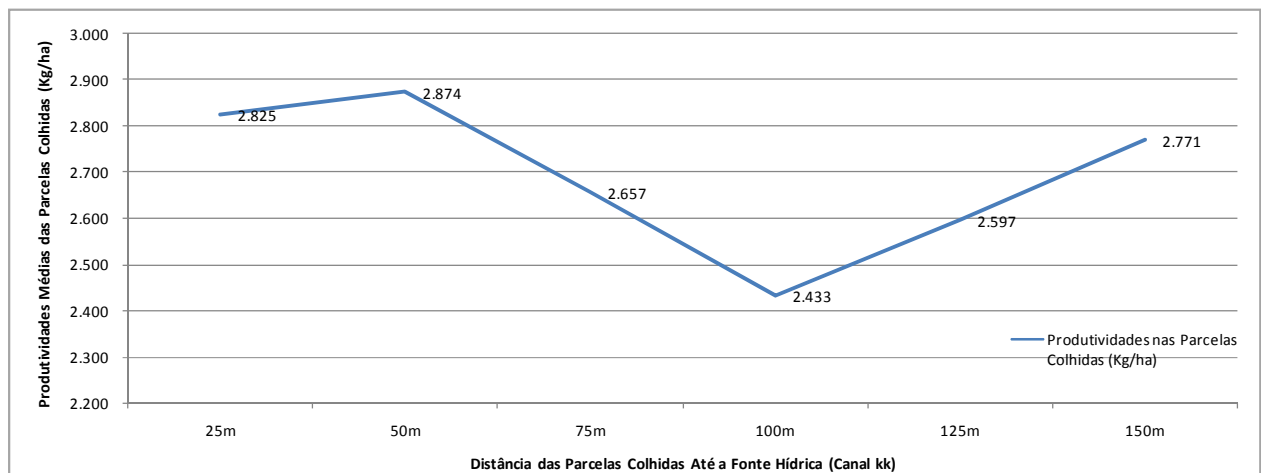


Figura 5.5. Produtividades Médias Obtidas x Distância dos KK's.

O gráfico (Figura 5.5) representa que a menor média obtida foi na distância de 100 metros do KK, elevando-se nas distâncias de 125 e 150 metros. Portanto analisando a tendência demonstrada observa-se que a distância da fonte hídrica não foi fator limitante na redução da produtividade na parcela.

A distribuição espacial das produtividades na parcela foi demonstrada (Figura 5.6) separando-as em três níveis distintos de produtividade, ou seja, maior que 3.000 kg/ha, maior que a média 2.693 kg/ha e menor que 3.000 kg/ha e, menor que a média 2.693 kg/ha. Junto a cada uma das cinco trincheiras definidas no lay out da parcela, observa-se a profundidade do horizonte A.

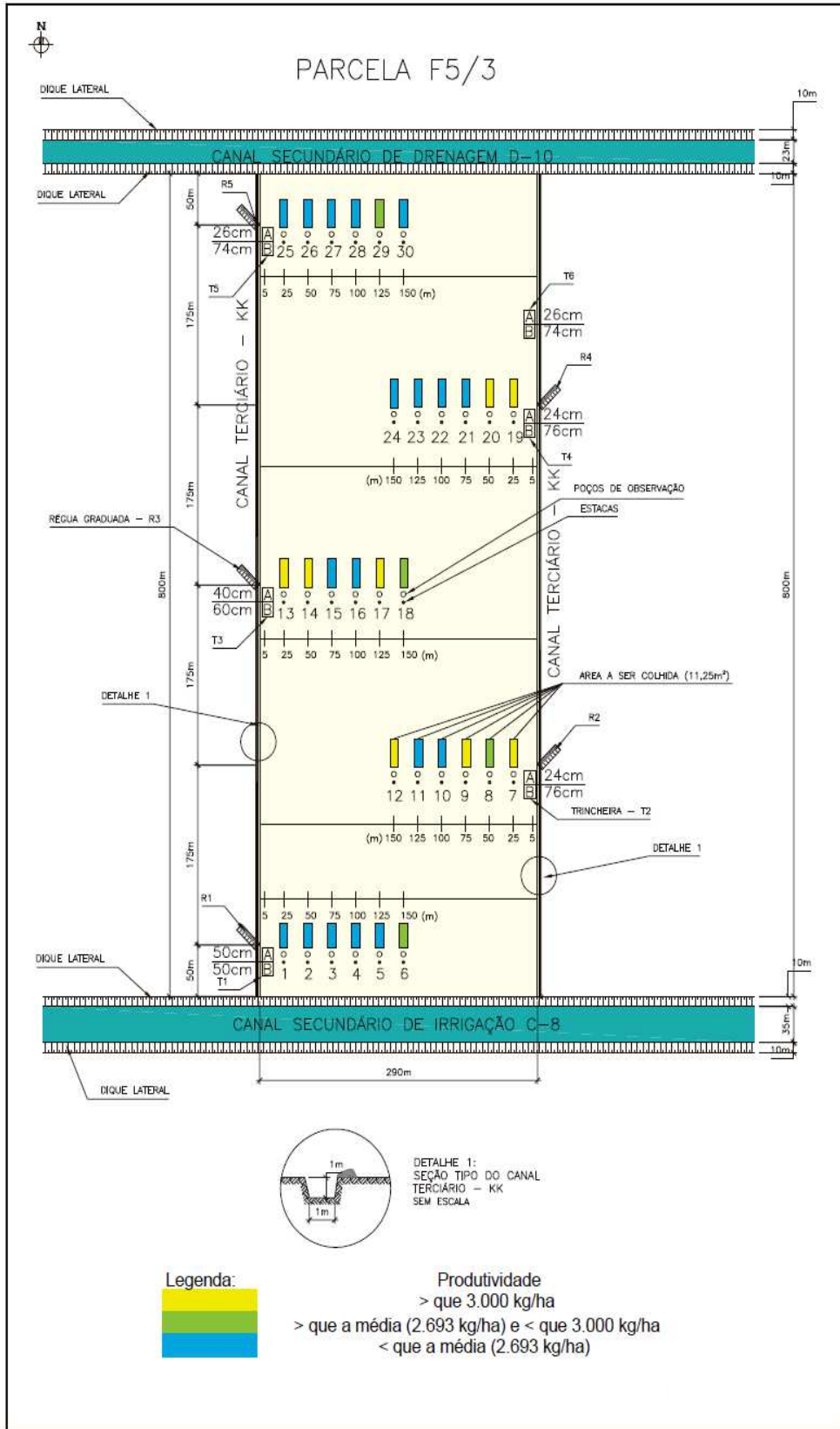


Figura 5.6. Distribuição Espacial das Produtividades e lay out da parcela.

5.1.5 Produtividade x granulometria

Foram feitas as correlações (Figura 5.7, Figura 5.8 e Figura 5.9) entre as produtividades obtidas nos cinco pontos monitorados distante 25 metros dos KK's e os teores de argila, silte e areia determinados em laboratório, nas amostras coletadas junto às trincheiras.

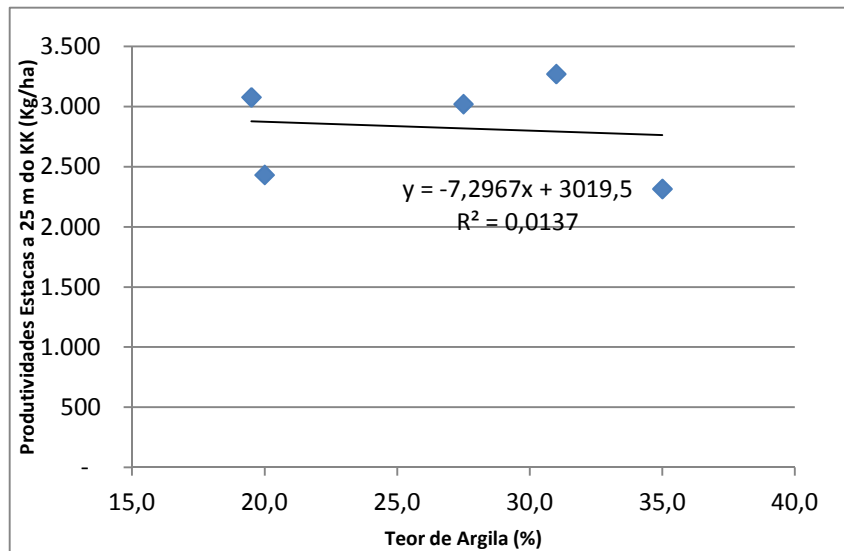


Figura 5.7. Gráfico da Produtividade X Teor de Argila.

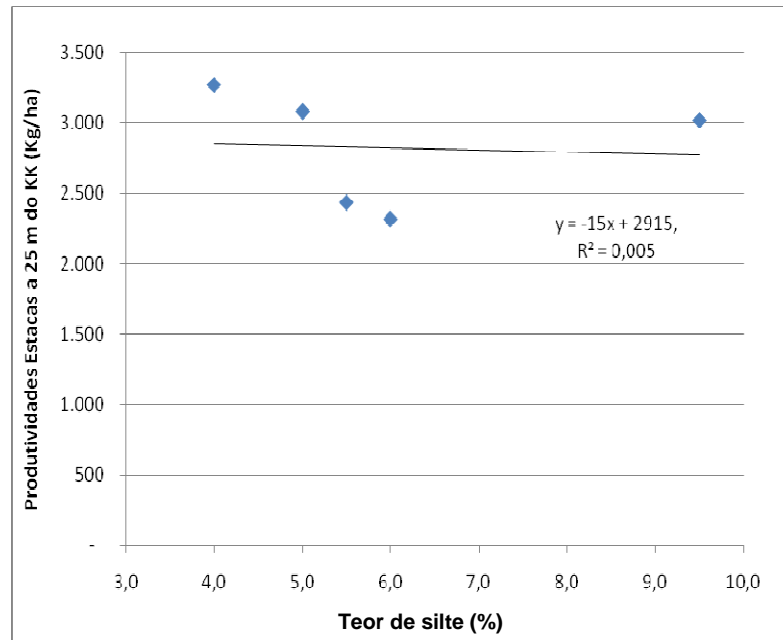


Figura 5.8. Gráfico da Produtividade X Teor de Silte.

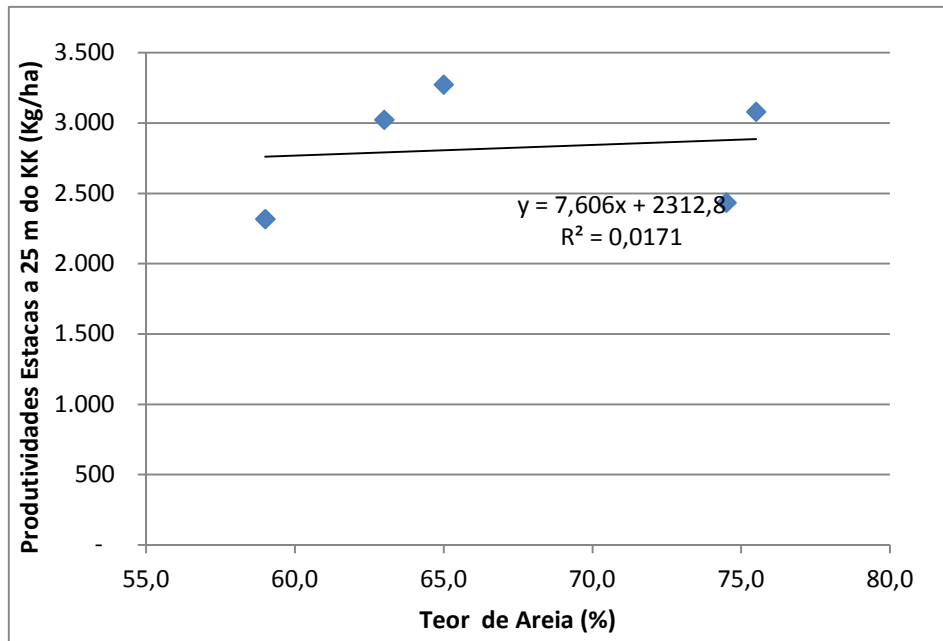


Figura 5.9. Gráfico da Produtividade X Teor de Areia.

Na análise entre a produtividade e os teores de argila, silte e areia apresentados, os resultados demonstraram que não houve nenhuma correlação entre estes fatores, nos cinco pontos colhidos situados a 25 metros dos KK's e os teores definidos nas análises físicas do laboratório, nas amostras de solo coletadas junto às cinco trincheiras escavadas próximas a estes KK's.

5.2 Análise do atendimento da necessidade hídrica da cultura

Reportando ao segundo objetivo que trata sobre a análise do atendimento da necessidade hídrica da cultura da soja, com base na utilização do fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (K_y) e dos valores calculados da ET_m e ET_r da cultura, apresenta-se os dados nas tabelas 5.2 e 5.3.

A partir evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando o coeficiente de cultivo (K_c) da cultura da soja para cada um de seus estádios de desenvolvimento, definido por Dorembos e Kassam (1979), foi definida a evapotranspiração máxima (ET_m), utilizando as seguintes informações:

Data de plantio: 10/06/2009;

Data de colheita: 18/09/2009;

Ciclo efetivo: 101 dias;

Estádios: I – 19 dias ($Kc=0,4$); II – 26 dias (Kc inicial= $0,4$ e Kc final= $1,20$); III – 40 dias ($Kc=1,20$); e IV – 16 dias (Kc inicial= $1,20$ e Kc final= $0,50$).

Fonte: Dorembos e Kassam, (1979).

Tabela 5.2. Necessidade de água da cultura da soja.

Dias	Data	ET _o mm	Kc	ET _m	
				mm	m ³ /ha
1	10/jun	3,78	0,40	1,51	15,12
2	11/jun	3,81	0,40	1,52	15,24
3	12/jun	3,76	0,40	1,50	15,04
4	13/jun	3,68	0,40	1,47	14,72
5	14/jun	3,78	0,40	1,51	15,12
6	15/jun	3,93	0,40	1,57	15,72
7	16/jun	3,92	0,40	1,57	15,68
8	17/jun	3,75	0,40	1,50	15,00
9	18/jun	3,69	0,40	1,48	14,76
10	19/jun	3,78	0,40	1,51	15,12
11	20/jun	3,87	0,40	1,55	15,48
12	21/jun	4,02	0,40	1,61	16,08
13	22/jun	4,06	0,40	1,62	16,24
14	23/jun	3,90	0,40	1,56	15,60
15	24/jun	3,80	0,40	1,52	15,20
16	25/jun	3,77	0,40	1,51	15,08
17	26/jun	3,93	0,40	1,57	15,72
18	27/jun	4,03	0,40	1,61	16,12
19	28/jun	3,98	0,40	1,59	15,92
20	29/jun	4,07	0,43	1,75	17,50
21	30/jun	4,12	0,46	1,90	18,95
22	1/jul	4,17	0,49	2,04	20,43
23	2/jul	4,07	0,52	2,12	21,16
24	3/jul	4,16	0,55	2,29	22,88
25	4/jul	4,08	0,58	2,37	23,66
26	5/jul	4,08	0,62	2,53	25,30
27	6/jul	4,15	0,65	2,70	26,98
28	7/jul	3,93	0,68	2,67	26,72
29	8/jul	3,92	0,71	2,78	27,83
30	9/jul	4,06	0,74	3,00	30,04
31	10/jul	3,95	0,77	3,04	30,42
32	11/jul	3,90	0,80	3,12	31,20
33	12/jul	3,95	0,83	3,28	32,79
34	13/jul	4,01	0,86	3,45	34,49
35	14/jul	4,28	0,89	3,81	38,09
36	15/jul	4,26	0,92	3,92	39,19
37	16/jul	4,24	0,95	4,03	40,28
38	17/jul	4,43	0,98	4,34	43,41
39	18/jul	4,31	1,02	4,40	43,96
40	19/jul	4,23	1,05	4,44	44,42
41	20/jul	4,05	1,08	4,37	43,74
42	21/jul	4,04	1,11	4,48	44,84
43	22/jul	4,13	1,14	4,71	47,08
44	23/jul	4,26	1,17	4,98	49,84
45	24/jul	4,16	1,20	4,99	49,92
46	25/jul	4,27	1,20	5,12	51,24
47	26/jul	4,22	1,20	5,06	50,64
48	27/jul	4,56	1,20	5,47	54,72
49	28/jul	4,45	1,20	5,34	53,40
50	29/jul	4,40	1,20	5,28	52,80
51	30/jul	4,39	1,20	5,27	52,68
52	31/jul	4,69	1,20	5,63	56,28
53	1/ago	4,56	1,20	5,47	54,72
54	2/ago	4,43	1,20	5,32	53,16
55	3/ago	4,57	1,20	5,48	54,84
56	4/ago	4,71	1,20	5,65	56,52

Dias	Data	ETo mm	Kc	ETm	
				mm	m ³ /ha
57	5/ago	4,59	1,20	5,51	55,08
58	6/ago	4,70	1,20	5,64	56,40
59	7/ago	4,77	1,20	5,72	57,24
60	8/ago	4,24	1,20	5,09	50,88
61	9/ago	4,99	1,20	5,99	59,88
62	10/ago	4,50	1,20	5,40	54,00
63	11/ago	4,50	1,20	5,40	54,00
64	12/ago	4,44	1,20	5,33	53,28
65	13/ago	5,18	1,20	6,22	62,16
66	14/ago	5,44	1,20	6,53	65,28
67	15/ago	5,03	1,20	6,04	60,36
68	16/ago	5,04	1,20	6,05	60,48
69	17/ago	4,91	1,20	5,89	58,92
70	18/ago	5,06	1,20	6,07	60,72
71	19/ago	4,47	1,20	5,36	53,64
72	20/ago	4,68	1,20	5,62	56,16
73	21/ago	4,55	1,20	5,46	54,60
74	22/ago	4,74	1,20	5,69	56,88
75	23/ago	4,88	1,20	5,86	58,56
76	24/ago	4,66	1,20	5,59	55,92
77	25/ago	4,65	1,20	5,58	55,80
78	26/ago	4,60	1,20	5,52	55,20
79	27/ago	4,85	1,20	5,82	58,20
80	28/ago	5,57	1,20	6,68	66,84
81	29/ago	4,77	1,20	5,72	57,24
82	30/ago	5,34	1,20	6,41	64,08
83	31/ago	4,83	1,20	5,80	57,96
84	1/set	5,04	1,20	6,05	60,48
85	2/set	4,83	1,20	5,80	57,96
86	3/set	4,85	1,16	5,63	56,26
87	4/set	4,90	1,11	5,44	54,39
88	5/set	4,81	1,07	5,15	51,47
89	6/set	4,72	1,03	4,86	48,62
90	7/set	4,71	0,98	4,62	46,16
91	8/set	4,47	0,94	4,20	42,02
92	9/set	4,26	0,89	3,79	37,91
93	10/set	4,52	0,85	3,84	38,42
94	11/set	5,20	0,81	4,21	42,12
95	12/set	5,26	0,76	4,00	39,98
96	13/set	4,99	0,72	3,59	35,93
97	14/set	5,16	0,68	3,51	35,09
98	15/set	4,86	0,63	3,06	30,62
99	16/set	4,88	0,59	2,88	28,79
100	17/set	4,76	0,54	2,57	25,70
101	18/set	4,64	0,50	2,32	23,20
	Total	446,34		407,40	4.073,96
		ETo		ETm	

- data de início e final da irrigação.

Tabela 5.3. Fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (Ky).

Régua	Estaca	Produtividade Real (kg/ha)	Produtividade Adotada (kg/ha)	ET _r /ET _m	ET _m m ³ /ha	ET _r m ³ /ha
R1	1	2.434	2.434	0,78	407,40	316,98
R1	2	2.556	2.556	0,83	407,40	336,51
R1	3	2.451	2.451	0,78	407,40	319,70
R1	4	2.662	2.662	0,87	407,40	353,32
R1	5	2.460	2.460	0,79	407,40	321,06
R1	6	2.763	2.763	0,91	407,40	369,52
R2	7	3.273	3.273	1,00	407,40	407,40
R2	8	2.804	2.804	0,83	407,40	338,67
R2	9	3.188	3.188	0,97	407,40	394,95
R2	10	1.820	1.820	0,48	407,40	194,60
R2	11	2.035	2.035	0,56	407,40	226,11
R2	12	3.007	3.007	0,90	407,40	368,44
R3	13	3.023	3.023	0,83	407,40	337,98
R3	14	3.535	3.535	1,00	407,40	407,40
R3	15	2.524	2.524	0,66	407,40	270,33
R3	16	2.679	2.679	0,71	407,40	291,28
R3	17	3.127	3.127	0,86	407,40	352,08
R3	18	2.759	2.759	0,74	407,40	302,20
R4	19	3.080	3.080	0,96	407,40	391,16
R4	20	3.188	3.188	1,00	407,40	407,40
R4	21	2.630	2.630	0,79	407,40	323,54
R4	22	2.573	2.573	0,77	407,40	314,99
R4	23	2.595	2.595	0,78	407,40	318,27
R4	24	2.655	2.655	0,80	407,40	327,25
R5	25	2.317	2.317	0,73	407,40	298,20
R5	26	2.287	2.287	0,72	407,40	293,50
R5	27	2.492	2.492	0,80	407,40	326,21
R5	28	2.432	2.432	0,78	407,40	316,67
R5	29	2.768	2.768	0,91	407,40	370,28
R5	30	2.669	2.669	0,87	407,40	354,53

Na análise do fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (Ky) foi utilizado na fórmula o valor de $K_y=0,85$ definido para a cultura da soja pela FAO (Doorebos e Kassan, 1979) para calcular a evapotranspiração real.

Os valores de y_m (rendimento máximo da cultura) usados na fórmula foram de 3.000 Kg/ha na R1 e R5, 3.273 Kg/ha na R2, 3.535 Kg/ha na R3 e 3.188 Kg/ha na R4.

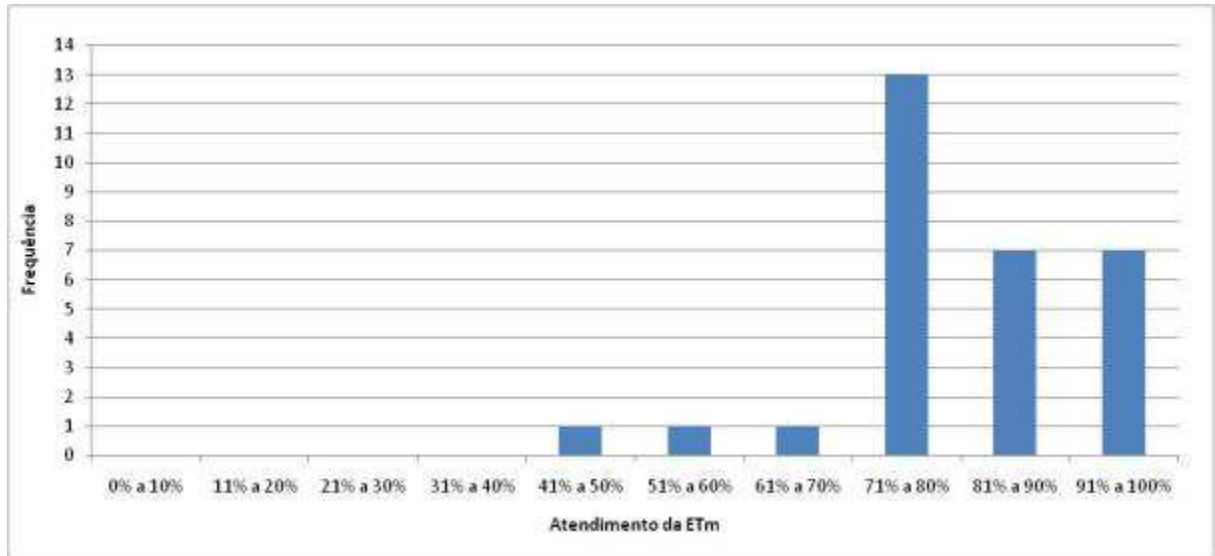


Figura 5.10: Histograma de Frequência da ETm

Na análise do fator de resposta da cultura ao estresse hídrico através dos histogramas de frequência, observou-se nas trinta amostras os seguintes resultados:

- 3,33% das amostras tiveram atendimento abaixo de 50% da ETm;
- 3,33% das amostras tiveram atendimento entre 51% e 60% da ETm;
- 3,33% das amostras tiveram atendimento entre 61% e 70% da ETm;
- 43,33% das amostras tiveram atendimento entre 71% e 80% da ETm;
- 23,33% das amostras tiveram atendimento entre 81% e 90% da ETm;
- 23,33% das amostras tiveram atendimento entre 91% e 100% da ETm;

6 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho de pesquisa relata-se as respostas encontradas, e ao contrário do que se esperava, não houve correlação entre o nível do lençol freático com as produtividades obtidas, com a distância dos KK's e com a evapotranspiração máxima, nos trinta pontos monitorados no ano de 2009.

Também não houve correlação entre as produtividades obtidas com a distância dos KK's e nem com a granulometria do solo determinada em laboratório.

O comportamento do nível do lençol freático na área do estudo, em relação à flutuação do nível da água nos KK's, não obedeceu uma relação clara e direta, mas existe uma alta correlação entre os níveis médios e a distância dos pontos aos KK's.

Houve uma maior sensibilidade na alteração do nível do lençol freático nos poços de observação localizados a 25 metros de distância em relação aos demais, devido sua proximidade com os KK's.

A distância de 290 metros entre os canais terciários de irrigação e drenagem (KK's) que alimentam o fluxo lateral da infiltração não reduziu estatisticamente a produtividade nos pontos centrais da parcela monitorados neste estudo.

Pela análise do atendimento da necessidade hídrica pela subirrigação utilizando o fator de resposta $k_y = 0,85$, observou-se que 23,33% das amostras (sete) tiveram produtividades compatíveis com a evapotranspiração máxima (acima de 90% da ETm).

Observou-se também que vinte e sete amostras (90%) tiveram produtividades acima de 70% da ETm, e oito amostras (26,66%) tiveram produtividades acima da média comercial esperada para a região (3.000 Kg/ha) para a variedade utilizada no trabalho.

7 RECOMENDAÇÕES

Destacamos a importância do pioneirismo que o presente trabalho de pesquisa representa para o desenvolvimento sustentável das Várzeas Tropicais do estado do Tocantins, e, principalmente, pela necessidade de respostas aos critérios técnicos de projeto pendentes mencionados na apresentação inicial. O presente trabalho não foi suficiente para respondê-los, mas conseguiu demonstrar a complexidade que envolve o tema e a necessidade de novas pesquisas científicas nesta área, dentre os quais recomenda-se:

Definir a eficiência da subirrigação, através da quantificação dos volumes aduzidos durante a irrigação na entressafra e da estimativa do consumo de água pelas culturas.

Definir estratégias de manejo para as principais culturas da entressafra, através da análise do desenvolvimento do sistema radicular e sua relação com o grau de umidade do solo e nível do lençol freático.

Estabelecer os níveis mínimos de operação da água nos KK's e profundidades mínimas de eficiência do lençol freático, para estimar a distância ideal entre os canais terciários de irrigação e drenagem.

Isolar outros fatores que podem afetar a produtividade de colheita como fertilidade natural, matéria orgânica, teor de alumínio, pH, micronutrientes, sistematização do solo, variação pedológica, entre outros.

Na instalação dos poços de observação substituir o material retirado por pré-filtro no preenchimento do espaço formado pela diferença entre o diâmetro dos furos e tubos.

Realizar as leituras nos poços de observação diariamente, e coletar amostras de solo em todos os pontos monitorados para realizar análises químicas e físicas completas.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305 p.
- AIDAR, H.; BIAVA, M. (Ed.). **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo da Irrigação**. Brasília: EMBRAPA, DF, 2008, 527 P.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Principais sistemas aquíferos do Brasil**. Brasília, 2004. 14 p.
- ANDREATTA, J. A. **Determinação da razão entre evapotranspiração máxima de dois cultivares de milho (*Zea mays* L.) e a evapotranspiração potencial**. 1990.94f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Departamento de Recursos Naturais. Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1990.
- ANTONINO, A.C.D; ÂNGULO-JARAMILLO, R.;SOUZA, E. S.; NETTO, A. M.; CARNEIRO. C. J. G.; MONTENEGRO, A. A. A. **Determinação da condutividade hidráulica e sorvidade de um solo com infiltrômetro a disco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.2, p.247-253, 2001,Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.
- ARRUDA, F.B.; ZULLO Jr., J. & OLIVEIRA, J.B. **Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo**. R. Bras. Ci. Solo, v.11, p.11-15, 1987.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. **Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERNARDO, SALASSIER. **Manual de irrigação**. 4. ed. UFV, Viçosa, MG, Impr. Univ., 1987. 488 p. ilustr.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Brasília, 2006.
- BUCKMAN, H.O. e BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Tradução de A. B. de Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 594p.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura.** Agroanalysis. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas, p-27-28, 1998.

CHRISTOFIDIS, D. **Irrigação, a fronteira hídrica e a produção de alimentos.** Irrigação e Tecnologia Moderna, n. 54, p. 46-55, 2002.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SAAD, A.M. **Balço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v. 4, p. 23- 28, 2000.

CLARKE, DEREK. **CropWat for Windows: User Guide.** Version 4.2. FAO. University of Southampton. 1998.

COLLISCHONN, Walter, Tassi, Rutinéia. **Capítulo 8: Evapotranspiração.** Rio grande do Sul: IPH UFRGS, 2011. (Apostila). Disponível em:
<http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/cap%208%20-%20Evapotranspira%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 13 maio 2011.

COUTO, L. **Como iniciar e conduzir um sistema produção agrícola sob irrigação.** Apostila de Minicurso, CONIRD, 2003, 23p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Roma, **Irrigation and Drainage Paper 33**, 1979. 306p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

FARIA, R. A. de; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A.S. **Economia de água e energia em projetos de irrigação suplementar no Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 189-194, 2002.

FERNANDES, Edemo João; TURCO, José Eduardo Pitelli. **Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja.** Irriga, Botucatu, v.8, n.2, p. 132-141, 2003, UNESP – Jaboticabal, SP.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1994, Viçosa - MG. **Anais...** Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13 p.

KLAR, Antônio Evaldo. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação.** São Paulo: Nobel, 1991.

LEO, L. F. R.; HERNANDEZ, F. B. T. **O futuro da irrigação nos países de terceiro mundo**. A Voz do Povo, Ilha Solteira, v.1, n. 35, p. 7, 2001.

LIBARDI, Paulo Leonel. **Retenção e cálculo da água no solo**. In: Dinâmica da água no solo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

LOUZADA, J. A. S. **Simulação da irrigação por inundação e da drenagem nos solos de várzea do Rio Grande do Sul**. 2004. 202p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Unidade - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2004.

MARQUELLI, W. A. **Análise de distribuição das probabilidades de chuva, visando ao manejo de irrigação suplementar**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1993. 123 p.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; RIBOLDI, J. **Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 3, p. 85-92, 1995.

MILLAR, A. **Drenagem de Terras Agrícolas: Bases Agronômicas**. São Paulo. 1978.

OLIVEIRA, N. T de. **Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros**. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2006.

ONA S.A. Engenharia, Comércio e Indústria - **Projeto Rio Formoso - Suplementação dos Recursos Hídricos - Volume 1: Relatório Técnico**- Secretaria da Agricultura do Estado do Tocantins – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, (Sem data).

PARTENIANI, E. **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

PIRES RCM, et al. **Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410p. (Série Engenharia Agrícola, 1)

PREVEDELLO, C.L. **Física dos solos com problemas resolvidos**. Curitiba, PR: SAEAFS, 1996. 446p.

RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. da. **Produção de semente sadia**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 243-248.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 178p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1996. 505p.

SANTOS, A. B. dos; SILVA, O. F. da; **Manejo do nitrogênio**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. P. 207-216.

SANTOS, J. R. M. **Irrigar é preciso**. Agroanalysis. Rio de Janeiro, v. 18, p. 34-36, 1998.

SAUNDERS, L.C.U.; BARBOSA, C.E.; PAIVA, F.L. & ROCHA, V.M.L. **Condutividade hidráulica de um Aluvião Fluvial sob condições de campo**. Ciên. Agron, v.11, p. 27-34, 1980.

SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T.; BARBOSA, C.E. & FRANCISCO, J.M. **Dinâmica da água no solo com a cultura do feijão-de-corda (*Vigna sinensis* (L) Savi)**, em Aluvião eutrófico. **Ci. Agron.**, v.12, p.141-148, 1981.

SEDIYAMA, G. C. **Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p.1-12, 1996.

SILVA, Edvane Borges da, LIBARDI, Paulo Leonel. **Propriedades hidráulicas de um solo não saturado utilizando-se o permeâmetro a disco**. Scientia Agricola, v.57, n.3, p.525-529, jul./set. 2000.

SILVA, E. F.; JÚNIOR, R. N. A.; SOUSA, J.I.G. **Efeito da qualidade da água de irrigação sobre atributos hídricos de um neossolo**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 29:389-396, 2005. Fortaleza, CE, UFC.

SILVA, J. G. da; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. **Mecanização da cultura**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. P. 73-85.

SILVA, S. C. da; AIDAR, H. **Condições climáticas**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. P. 43-50.

SILVEIRA, André L. da; LOUZADA, José A.; BELTRAME, Lawson F.. **Infiltração e armazenamento no solo**. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH, 1997. p. 335-372.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Irrigação**. 2. ed. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 171-211.

Biblioteca(s): CNPAF.

SOUZA, J. L. M. de. **Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. Piracicaba, 2001. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. **Limites na utilização de um modelo de balanço hídricodecendial em função da capacidade de água disponível no solo**. Acta Scientiarum Agronomy, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. **Irrigação por subirrigação**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305 p.

TELLES et all. **Curso básico de irrigação e drenagem. Capítulos I a VIII** - Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem – ABID, Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco – CODEVASF, (Sem data).

THUNG, M.; SOARES, D. M.; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, S. C. da; OLIVEIRA, F. R. de A.: **Quebrando paradigma: alta temperatura do ar não é fator limitante na produção de feijão com subirrigação em várzea tropical**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. Anais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005, v. 2, p. 1156-1160.

TOCANTINS. Governo do Estado. **Tocantins em dados**. Palmas, 1998.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUFRGS, 2000.

VIEIRA, Dirceu Brasil. **As técnicas de irrigação**. São Paulo: Globo 1989. (Coleção do Agricultor. Publicações Globo Rural).

WINTER, E. J.; **A Água, o Solo e a Planta**; Traduzido por Klaus Reichardt e Paulo L. Libardi. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 170 p. Il., 1988.

ANEXO 1: DADOS CLIMÁTICOS

ANEXO 1: DADOS CLIMÁTICOS

Tabela A 1.1. Dados Climáticos Diários de 2009

ESTAÇÃO PROJETO RIO FORMOSO CÓDIGO: 01249002																							
JUNHO/2009						JULHO/2009						AGOSTO/2009						SETEMBRO/2009					
Dia	Temperatura do Ar		U.R. %	Velocidade do Vento Km/dia	Brilho do Sol h	Dia	Temperatura do Ar		U.R. %	Velocidade do Vento Km/dia	Brilho do Sol h	Dia	Temperatura do Ar		U.R. %	Velocidade do Vento Km/dia	Brilho do Sol h	Dia	Temperatura do Ar		U.R. %	Velocidade do Vento Km/dia	Brilho do Sol h
	max. °C	min. °C					max. °C	min. °C					max. °C	min. °C					max. °C	min. °C			
1	26,0	22,4	98,4	40,6	9,4	1	34,2	20,4	68,8	4,3	103,4	1	35,2	20,6	76,5	5,0	120,0	1	36,2	22,2	69,9	4,6	110,9
2	30,2	22,2	96,8	27,6	9,4	2	33,6	19,2	72,3	4,4	105,1	2	34,6	22,4	79,5	3,9	92,6	2	37,0	22,2	69,5	2,7	64,6
3	31,6	20,0	87,8	52,8	9,4	3	33,2	19,2	61,2	4,4	105,4	3	35,0	20,6	72,9	4,5	108,5	3	38,2	22,4	58,5	2,4	58,3
4	30,4	19,4	84,5	35,8	9,5	4	33,6	19,4	65,4	3,9	94,3	4	35,2	20,2	67,8	4,9	116,9	4	38,0	24,0	64,0	2,3	55,2
5	32,0	20,8	87,0	96,0	9,5	5	33,4	20,2	73,2	4,4	104,9	5	34,8	20,0	68,9	4,6	109,4	5	37,4	21,8	84,1	2,6	62,6
6	32,8	23,4	82,0	97,2	9,6	6	33,4	20,6	68,9	4,3	102,5	6	35,0	20,2	60,8	4,4	105,6	6	36,4	21,6	91,9	3,6	87,4
7	33,2	22,0	86,9	93,6	9,6	7	32,8	21,0	88,2	5,3	126,7	7	35,4	21,2	55,1	4,1	98,6	7	36,6	21,8	93,6	2,4	56,4
8	33,2	22,6	83,6	109,7	9,6	8	32,6	21,2	88,1	5,3	126,5	8	36,0	19,4	52,2	2,1	50,9	8	33,6	21,8	93,6	3,1	74,4
9	31,8	21,2	78,0	118,6	9,6	9	33,0	21,4	81,9	5,0	119,8	9	35,4	20,4	53,8	5,0	119,8	9	31,2	21,6	92,1	3,4	82,1
10	31,0	21,4	80,5	117,6	9,7	10	32,8	20,2	85,0	4,7	112,1	10	35,6	20,4	74,4	3,2	76,8	10	34,4	21,6	93,6	3,9	93,6
11	31,6	21,8	80,4	102,5	9,7	11	33,2	19,6	87,9	3,8	92,2	11	36,4	20,6	56,9	2,6	63,4	11	35,6	22,0	64,0	5,2	123,8
12	32,8	21,4	86,6	79,4	9,7	12	34,4	19,8	88,4	2,1	50,6	12	36,6	21,0	53,7	2,3	55,0	12	36,0	22,6	56,9	4,6	109,9
13	32,4	20,6	86,6	56,4	9,8	13	34,4	20,6	90,4	2,8	68,2	13	36,8	21,0	56,1	5,1	122,4	13	36,8	19,0	69,5	4,2	100,3
14	33,8	21,4	85,1	41,8	9,8	14	35,4	22,8	70,5	3,2	76,6	14	35,6	20,4	56,6	6,8	164,2	14	37,6	19,8	62,4	4,0	96,5
15	33,6	22,2	75,2	79,2	9,8	15	34,8	21,8	83,8	5,0	118,8	15	34,6	20,0	62,1	5,9	140,4	15	39,2	20,6	62,3	2,2	52,1
16	33,8	21,6	79,1	82,6	9,8	16	34,6	22,6	85,4	4,6	110,4	16	35,0	20,4	62,8	5,7	137,5	16	38,4	22,2	76,8	2,3	54,7
17	33,2	20,6	91,4	62,2	9,9	17	33,0	21,6	69,4	5,6	134,4	17	35,4	21,2	74,3	5,8	139,0	17	37,2	22,8	74,6	1,9	44,9
18	32,0	21,4	88,4	61,2	9,9	18	33,2	20,4	73,6	5,5	131,0	18	35,4	20,4	64,3	5,5	132,7	18	36,0	21,6	82,8	2,0	47,5
19	33,2	21,4	86,8	60,2	9,9	19	33,2	20,2	69,2	4,3	102,2	19	30,8	20,8	61,3	4,1	98,4	19	36,4	22,6	84,2	2,8	66,7
20	33,0	22,4	83,8	86,4	9,9	20	34,0	20,2	87,9	3,1	73,7	20	37,0	21,8	58,5	2,6	62,6	20	37,2	22,6	85,8	2,9	68,4
21	32,8	21,2	75,3	112,3	10,0	21	34,4	20,4	72,0	2,3	55,4	21	36,6	20,4	65,8	2,2	52,6	21	35,4	22,2	90,5	2,8	67,0
22	31,6	18,8	59,6	113,8	10,0	22	35,4	19,0	81,8	2,7	63,8	22	36,8	21,6	73,3	3,0	71,8	22	35,2	21,2	93,6	2,5	60,0
23	31,8	20,1	73,8	109,4	10,0	23	36,0	18,0	78,5	3,5	83,0	23	38,6	22,0	90,1	3,2	75,8	23	32,2	21,0	90,3	3,3	78,7
24	32,8	20,6	78,9	72,7	10,0	24	35,6	20,0	83,8	2,1	51,4	24	34,6	23,2	78,8	3,4	81,6	24	35,0	22,0	83,0	3,1	75,4
25	33,6	20,4	73,9	54,2	10,0	25	35,8	21,8	88,3	2,1	50,2	25	35,4	21,0	75,5	3,2	77,0	25	34,6	22,6	79,0	2,3	54,0
26	34,4	20,4	77,0	72,5	10,0	26	35,0	22,0	82,3	2,2	51,6	26	34,6	21,2	82,7	3,9	94,1	26	37,6	24,4	79,0	2,6	63,1
27	34,6	21,2	73,8	78,0	10,1	27	35,0	21,2	67,6	4,5	108,7	27	35,0	21,0	77,6	5,5	133,0	27	36,2	22,0	88,9	3,9	93,1
28	34,6	19,8	76,9	80,4	10,1	28	35,6	19,6	71,2	3,9	92,9	28	34,0	21,4	58,1	7,7	185,3	28	35,6	22,6	80,3	2,2	51,8
29	34,4	21,8	78,9	90,5	10,1	29	35,2	20,0	67,5	3,5	84,5	29	35,0	22,4	64,8	3,3	78,5	29	37,6	22,6	93,8	2,2	53,5
30	34,2	20,6	71,9	98,9	10,1	30	35,6	20,6	55,2	3,1	74,2	30	36,6	23,2	65,0	5,6	134,4	30	38,6	23,0	80,3	2,8	67,2
31						31	36,0	19,8	60,8	4,4	104,4	31	36,2	22,2	82,6	4,2	101,0	31					
Média	32,5	21,2	81,6	79,5	9,8	Média	34,3	20,5	76,4	3,9	92,9	Média	35,5	21,1	67,2	4,3	103,2	Média	36,2	22,0	79,6	3,0	72,5

Dados de Brilho do Sol da Estação de Porto Nacional/TO.

ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS DO SOLO

ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Tabela A 2.1. Resultado de Análise da Curva Característica de Retenção de Água no Solo

Amostra	Horizonte	Potencial (Kpa ²)				
		-10	-30	-100	-500	-1.500
		Teor de Água no Solo (kg.kg ⁻¹) ³				
Amostra 01	A	0,28	0,22	0,20	0,14	0,12
Amostra 02	B	0,42	0,33	0,29	0,21	0,16
Amostra 03	A	0,27	0,20	0,18	0,13	0,11
Amostra 04	B	0,29	0,20	0,19	0,12	0,10
Amostra 05	A	0,46	0,38	0,35	0,28	0,24
Amostra 06	B	0,27	0,20	0,19	0,13	0,12
Amostra 07	A	0,18	0,14	0,13	0,10	0,09
Amostra 08	B	0,22	0,18	0,16	0,12	0,12
Amostra 09	A	0,23	0,19	0,17	0,13	0,12
Amostra 10	B	0,19	0,15	0,13	0,10	0,09

Fonte: Universidade Federal de Viçosa/MG-Depto. de Engenharia Agrícola-Laboratório de Água e Solo – 2009.

¹Metodologia: EMBRAPA – Manual de Métodos de Análise de Solos em 1997.

Tabela A 2.2. Resultado de Análise da Condutividade Hidráulica do Solo.

Amostra	Horizonte	Condutividade Hidráulica K ₀ 20(cm/h) ⁵
01	A	10,51
02	B	202,80
03	A	0,99
04	B	383,17
05	A	0,12
06	B	182,57
07	A	0,70
08	B	66,35
09	A	14,71
10	B	357,02

Fonte: Universidade Federal de Viçosa/MG-Depto. de Engenharia Agrícola-Laboratório de Água e Solo – 2009.

Referência: Metodologia: EMBRAPA – Manual de Métodos de Análise de Solos em 1997.

Tabela A 2.3. Resumo do Resultado da Análise de Textura do Solo.

Nº Amostra			Textura (%)			EMBRAPA USDA
Régua	Campo	Horizonte	Argila	Silte	Areia	Classe Textural
R1	1	A	20	6	74	FRANCO ARENOSA
	2	B	20	5	75	FRANCO ARENOSA
R2	3	A	27	3	70	FRANCO ARGILLO ARENOSA
	4	B	35	5	60	FRANCO ARGILLO ARENOSA
R3	5	A	23	11	66	FRANCO ARENOSA
	6	B	32	8	60	FRANCO ARGILLO ARENOSA
R4	7	A	16	4	80	FRANCO ARENOSA
	8	B	23	6	71	FRANCO ARGILLO ARENOSA
R5	9	A	28	7	65	FRANCO ARGILLO ARENOSA
	10	B	42	5	53	ARGILA ARENOSA

Fonte: Zoofértil – Laboratório Agropecuário – Palmas/TO - 2009.

ANEXO 3: NÍVEIS OBSERVADOS NOS POÇOS E KK'S

ANEXO 3: NÍVEIS OBSERVADOS NOS POÇOS E KKS

Tabela A 3.1. Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 - Dados de campo.

Ordem da Leitura		1ª		2ª		3ª		4ª		5ª		6ª		7ª		8ª								
Data da Leitura		19/7/2009		23/7/2009		27/7/2009		1/8/2009		5/8/2009		9/8/2009		13/8/2009		17/8/2009								
Régua	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)							
R1	1	0,15	0,13	0,20	0,15	0,18	0,12	0,48	0,22	0,37	0,17	0,44	0,20	0,43	0,16	0,45	0,15							
R1	2		0,02		0,04		0,04		0,04															
R1	3		0,04		0,06		0,05		0,05															
R1	4		0,04		0,06		0,05		0,05															
R1	5		0,04		0,06		0,05		0,05															
R1	6		0,08		0,10		0,06		0,05															
R2	7	0,50	0,26	0,57	0,29	0,54	0,25	0,52	0,24	0,38	0,17	0,45	0,15	0,42	0,14	0,36	0,07							
R2	8		0,28		0,30		0,25		0,22		0,15		0,14		0,10		0,09	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,03	
R2	9		0,11		0,13		0,08		0,10		0,14		0,07		0,14		0,08	0,14	0,10	0,07	0,10	0,09	0,07	0,03
R2	10		0,17		0,19		0,14		0,07		0,07		0,02		0,07		0,08	0,03	0,03	0,02	0,07	0,07	-	-
R2	11		0,06		0,08		0,10		0,04		0,04		0,02		0,02		0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	-	-	-
R2	12		0,09		0,10		0,10		0,04		0,04		0,02		0,02		0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	-	-	-
R3	13	0,17	0,15	0,22	0,18	0,15	0,09	0,56	0,20	0,43	0,21	0,51	0,19	0,48	0,17	0,48	0,12							
R3	14		0,14		0,17		0,09		0,15		0,19		0,15		0,13		0,13	0,13	0,09	0,07	0,13	0,13	0,08	0,04
R3	15		0,16		0,18		0,12		0,14		0,14		0,14		0,14		0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,05	0,05	0,04
R3	16		0,18		0,20		0,13		0,18		0,13		0,13		0,13		0,14	0,13	0,13	0,09	0,08	0,07	0,07	0,04
R3	17		0,16		0,18		0,09		0,18		0,09		0,13		0,13		0,14	0,12	0,13	0,08	0,08	0,05	0,05	0,04
R3	18		0,15		0,17		0,13		0,17		0,13		0,13		0,13		0,13	0,13	0,13	0,09	0,09	0,07	0,07	0,04
R4	19	0,48	0,32	0,55	0,35	0,52	0,32	0,49	0,30	0,36	0,25	0,44	0,23	0,40	0,22	0,38	0,16							
R4	20		0,25		0,27		0,23		0,22		0,18		0,15		0,18		0,18	0,15	0,15	0,15	0,11	0,11	0,06	0,06
R4	21		0,20		0,22		0,19		0,22		0,19		0,15		0,15		0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,05	0,05
R4	22		0,22		0,25		0,22		0,25		0,22		0,21		0,21		0,21	0,19	0,19	0,15	0,15	0,13	0,09	0,09
R4	23		0,21		0,24		0,19		0,24		0,19		0,20		0,20		0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,13	0,08	0,08
R4	24		0,19		0,22		0,17		0,22		0,17		0,18		0,18		0,18	0,20	0,20	0,13	0,13	0,11	0,05	0,05
R5	25	0,27	0,28	0,32	0,31	0,60	0,27	0,60	0,43	0,48	0,36	0,56	0,37	0,54	0,33	0,53	0,29							
R5	26		0,30		0,32		0,29		0,36		0,33		0,33		0,33		0,33	0,33	0,31	0,31	0,26	0,26	0,20	0,20
R5	27		0,30		0,32		0,28		0,32		0,28		0,33		0,33		0,33	0,32	0,32	0,29	0,29	0,25	0,19	0,19
R5	28		0,32		0,35		0,30		0,35		0,30		0,33		0,33		0,33	0,31	0,31	0,28	0,28	0,24	0,16	0,16
R5	29		0,25		0,28		0,24		0,28		0,24		0,26		0,26		0,26	0,22	0,22	0,19	0,19	0,15	0,11	0,11
R5	30		0,27		0,30		0,25		0,30		0,25		0,27		0,27		0,27	0,23	0,23	0,21	0,21	0,15	0,12	0,12

(Continuação) Monitoramento dos Poços de Observação e Régua em 2009 - Dados de campo.

Ordem da Leitura		9ª		10ª		11ª		12ª		13ª		14ª		15ª		16ª									
Data da Leitura		21/8/2009		24/8/2009		27/8/2009		30/8/2009		2/9/2009		5/9/2009		8/9/2009		11/9/2009									
Régua	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)								
R1	1	0,55	0,22	0,39	0,22	0,39	0,21	0,33	0,28	0,33	0,18	0,38	0,21	0,10	0,18	0,10	0,23								
R1	2		-		-		-		-		-		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
R1	3		-		-		-		-		-		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
R1	4		-		-		-		-		-		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
R1	5		-		-		-		-		-		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
R1	6		-		-		-		-		-		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
R2	7	0,56	0,16	0,46	0,18	0,28	0,13	0,10	0,06	0,08	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,12	0,07								
R2	8		0,14		0,18		0,14		0,13		0,13		0,05		0,04		0,07								
R2	9		0,06		0,06		0,07		0,07		0,07		0,06		0,06		0,09								
R2	10		0,08		0,08		0,09		0,09		0,09		0,08		0,08		0,21								
R2	11		0,08		0,08		0,08		0,08		0,08		0,05		0,08		0,08								
R2	12		0,02		0,02		0,02		0,02		0,02		0,02		0,02		0,14								
R3	13	0,62	0,19	0,45	0,23	0,44	0,22	0,34	0,16	0,29	0,10	0,40	0,12	0,10	0,14	0,22	0,23								
R3	14		0,14		0,18		0,18		0,14		0,11		0,10		0,13		0,21								
R3	15		0,12		0,17		0,19		0,13		0,11		0,09		0,14		0,24								
R3	16		0,10		0,15		0,17		0,12		0,09		0,08		0,12		0,25								
R3	17		0,05		0,12		0,14		0,08		0,05		0,05		0,12		0,23								
R3	18		0,05		0,09		0,12		0,06		0,05		0,05		0,12		0,23								
R4	19	0,53	0,23	0,44	0,26	0,29	0,19	0,10	0,13	0,10	0,12	0,08	0,12	0,05	0,12	0,15	0,20								
R4	20		0,12		0,19		0,16		0,08		0,04		0,03		0,09		0,20								
R4	21		0,06		0,11		0,14		0,08		0,05		0,04		0,05		0,16								
R4	22		0,11		0,17		0,18		0,10		0,08		0,06		0,10		0,21								
R4	23		0,09		0,17		0,18		0,12		0,08		0,05		0,08		0,20								
R4	24		0,10		0,15		0,17		0,09		0,06		0,05		0,10		0,18								
R5	25	0,68	0,41	0,51	0,40	0,50	0,35	0,39	0,27	0,32	0,19	0,45	0,24	-	0,12	-	0,18								
R5	26		0,31		0,35		0,31		0,23		0,17		0,18		0,11		0,19								
R5	27		0,25		0,32		0,23		0,20		0,15		0,14		0,14		0,19								
R5	28		0,24		0,31		0,30		0,21		0,17		0,15		0,15		0,23								
R5	29		0,16		0,23		0,21		0,13		0,10		0,08		0,09		0,18								
R5	30		0,15		0,23		0,24		0,14		0,11		0,09		0,12		0,20								

Observações: Nível do solo = 1,00 m Base das régua nos kk's = 0 m

Tabela A 3.2. Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 – Resumo

Ordem da Leitura		1ª				2ª				3ª				4ª						
Data da Leitura		19/7/2009				23/7/2009				27/7/2009				1/8/2009						
Réguia	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)			
R1	1	0,15	0,87	0,13	0,02	0,20	0,85	0,15	0,05	0,18	0,88	0,12	0,06	0,48	0,78	0,22	0,26			
R1	2		0,98	0,02	0,13		0,96	0,04	0,16		0,96	0,04	0,14		0,95	0,05	0,13	0,95	0,05	0,43
R1	3		0,96	0,04	0,11		0,94	0,06	0,14		0,95	0,05	0,13		0,95	0,05	0,13	0,95	0,05	0,43
R1	4		0,96	0,04	0,11		0,94	0,06	0,14		0,95	0,05	0,13		0,95	0,05	0,13	0,95	0,05	0,43
R1	5		0,96	0,04	0,11		0,94	0,06	0,14		0,95	0,05	0,13		0,95	0,05	0,13	0,95	0,05	0,43
R1	6		0,92	0,08	0,07		0,90	0,10	0,10		0,94	0,06	0,12		0,95	0,05	0,13	0,95	0,05	0,43
R2	7	0,50	0,74	0,26	0,24	0,57	0,71	0,29	0,28	0,54	0,75	0,25	0,29	0,52	0,76	0,24	0,28			
R2	8		0,72	0,28	0,22		0,70	0,30	0,27		0,75	0,25	0,29		0,78	0,22	0,30			
R2	9		0,89	0,11	0,39		0,87	0,13	0,44		0,92	0,08	0,46		0,90	0,10	0,42			
R2	10		0,83	0,17	0,33		0,81	0,19	0,38		0,86	0,14	0,40		0,86	0,14	0,38			
R2	11		0,94	0,06	0,44		0,92	0,08	0,49		0,93	0,07	0,47		0,93	0,07	0,45			
R2	12		0,91	0,09	0,41		0,90	0,10	0,47		0,96	0,04	0,50		0,98	0,02	0,50			
R3	13	0,17	0,85	0,15	0,02	0,22	0,82	0,18	0,04	0,15	0,91	0,09	0,06	0,56	0,80	0,20	0,36			
R3	14		0,86	0,14	0,03		0,83	0,17	0,05		0,91	0,09	0,06		0,85	0,15	0,41			
R3	15		0,84	0,16	0,01		0,82	0,18	0,04		0,88	0,12	0,03		0,85	0,15	0,41			
R3	16		0,82	0,18	(0,01)		0,80	0,20	0,02		0,87	0,13	0,02		0,86	0,14	0,42			
R3	17		0,84	0,16	0,01		0,82	0,18	0,04		0,91	0,09	0,06		0,86	0,14	0,42			
R3	18		0,85	0,15	0,02		0,83	0,17	0,05		0,87	0,13	0,02		0,87	0,13	0,43			
R4	19	0,48	0,68	0,32	0,16	0,55	0,65	0,35	0,20	0,52	0,68	0,32	0,20	0,49	0,70	0,30	0,19			
R4	20		0,75	0,25	0,23		0,73	0,27	0,28		0,77	0,23	0,29		0,78	0,22	0,27			
R4	21		0,80	0,20	0,28		0,78	0,22	0,33		0,81	0,19	0,33		0,85	0,15	0,34			
R4	22		0,78	0,22	0,26		0,75	0,25	0,30		0,78	0,22	0,30		0,79	0,21	0,28			
R4	23		0,79	0,21	0,27		0,76	0,24	0,31		0,81	0,19	0,33		0,80	0,20	0,29			
R4	24		0,81	0,19	0,29		0,78	0,22	0,33		0,83	0,17	0,35		0,82	0,18	0,31			
R5	25	0,27	0,72	0,28	(0,01)	0,32	0,69	0,31	0,01	0,60	0,73	0,27	0,33	0,60	0,57	0,43	0,17			
R5	26		0,70	0,30	(0,03)		0,68	0,32	-		0,71	0,29	0,31		0,64	0,36	0,24			
R5	27		0,70	0,30	(0,03)		0,68	0,32	-		0,72	0,28	0,32		0,67	0,33	0,27			
R5	28		0,68	0,32	(0,05)		0,65	0,35	(0,03)		0,70	0,30	0,30		0,67	0,33	0,27			
R5	29		0,75	0,25	0,02		0,72	0,28	0,04		0,76	0,24	0,36		0,74	0,26	0,34			
R5	30		0,73	0,27	-		0,70	0,30	0,02		0,75	0,25	0,35		0,73	0,27	0,33			

(Continuação) Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Régua em 2009 – Resumo

Ordem da Leitura		5ª				6ª				7ª				8ª			
Data da Leitura		5/8/2009				9/8/2009				13/8/2009				17/8/2009			
Régua	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)
R1	1	0,37	0,83	0,17	0,20	0,44	0,80	0,20	0,24	0,43	0,84	0,16	0,27	0,45	0,85	0,15	0,30
R1	2		0,96	0,04	0,33		0,96	0,04	0,40		1,00	-	0,43		1,00	-	0,45
R1	3		0,95	0,05	0,32		0,96	0,04	0,40		1,00	-	0,43		1,00	-	0,45
R1	4		0,95	0,05	0,32		0,96	0,04	0,40		1,00	-	0,43		1,00	-	0,45
R1	5		0,95	0,05	0,32		0,96	0,04	0,40		1,00	-	0,43		1,00	-	0,45
R1	6		0,98	0,02	0,35		0,98	0,02	0,42		1,00	-	0,43		1,00	-	0,45
R2	7	0,38	0,83	0,17	0,21	0,45	0,85	0,15	0,30	0,42	0,86	0,14	0,28	0,36	0,93	0,07	0,29
R2	8		0,81	0,19	0,19		0,85	0,15	0,30		0,86	0,14	0,28		0,86	0,14	0,22
R2	9		0,91	0,09	0,29		0,93	0,07	0,38		0,94	0,06	0,36		0,94	0,06	0,30
R2	10		0,86	0,14	0,24		0,90	0,10	0,35		0,91	0,09	0,33		0,97	0,03	0,33
R2	11		0,92	0,08	0,30		0,93	0,07	0,38		0,93	0,07	0,35		0,97	0,03	0,33
R2	12		0,97	0,03	0,35		0,98	0,02	0,43		1,00	-	0,42		1,00	-	0,36
R3	13	0,43	0,79	0,21	0,22	0,51	0,81	0,19	0,32	0,48	0,83	0,17	0,31	0,48	0,88	0,12	0,36
R3	14		0,81	0,19	0,24		0,85	0,15	0,36		0,87	0,13	0,35		0,91	0,09	0,39
R3	15		0,81	0,19	0,24		0,85	0,15	0,36		0,85	0,15	0,33		0,89	0,11	0,37
R3	16		0,83	0,17	0,26		0,89	0,11	0,40		0,87	0,13	0,35		0,92	0,08	0,40
R3	17		0,88	0,12	0,31		0,92	0,08	0,43		0,95	0,05	0,43		0,96	0,04	0,44
R3	18		0,87	0,13	0,30		0,91	0,09	0,42		0,93	0,07	0,41		0,96	0,04	0,44
R4	19	0,36	0,75	0,25	0,11	0,44	0,77	0,23	0,21	0,40	0,78	0,22	0,18	0,38	0,84	0,16	0,22
R4	20		0,82	0,18	0,18		0,85	0,15	0,29		0,89	0,11	0,29		0,94	0,06	0,32
R4	21		0,84	0,16	0,20		0,89	0,11	0,33		0,89	0,11	0,29		0,95	0,05	0,33
R4	22		0,81	0,19	0,17		0,85	0,15	0,29		0,87	0,13	0,27		0,91	0,09	0,29
R4	23		0,80	0,20	0,16		0,85	0,15	0,29		0,87	0,13	0,27		0,92	0,08	0,30
R4	24		0,80	0,20	0,16		0,87	0,13	0,31		0,89	0,11	0,29		0,95	0,05	0,33
R5	25	0,48	0,64	0,36	0,12	0,56	0,63	0,37	0,19	0,54	0,67	0,33	0,21	0,53	0,71	0,29	0,24
R5	26		0,67	0,33	0,15		0,69	0,31	0,25		0,74	0,26	0,28		0,80	0,20	0,33
R5	27		0,68	0,32	0,16		0,71	0,29	0,27		0,75	0,25	0,29		0,81	0,19	0,34
R5	28		0,69	0,31	0,17		0,72	0,28	0,28		0,76	0,24	0,30		0,84	0,16	0,37
R5	29		0,78	0,22	0,26		0,81	0,19	0,37		0,85	0,15	0,39		0,89	0,11	0,42
R5	30		0,77	0,23	0,25		0,79	0,21	0,35		0,85	0,15	0,39		0,88	0,12	0,41

(Continuação) Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Régua em 2009 – Resumo

Ordem da Leitura		9ª				10ª				11ª				12ª			
Data da Leitura		21/08/2009				24/08/2009				27/08/2009				30/08/2009			
Régua	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)
R1	1	0,55	0,78	0,22	0,33	0,39	0,78	0,22	0,17	0,39	0,79	0,21	0,18	0,33	0,72	0,28	0,05
R1	2		1,00	-	0,55		1,00	-	0,39		1,00	-	0,39		1,00	-	0,33
R1	3		1,00	-	0,55		1,00	-	0,39		1,00	-	0,39		1,00	-	0,33
R1	4		1,00	-	0,55		1,00	-	0,39		1,00	-	0,39		1,00	-	0,33
R1	5		1,00	-	0,55		1,00	-	0,39		1,00	-	0,39		1,00	-	0,33
R1	6		1,00	-	0,55		1,00	-	0,39		1,00	-	0,39		1,00	-	0,33
R2	7	0,56	0,84	0,16	0,40	0,46	0,82	0,18	0,28	0,28	0,87	0,13	0,15	0,10	0,94	0,06	0,04
R2	8		0,86	0,14	0,42		0,82	0,18	0,28		0,86	0,14	0,14		0,87	0,13	(0,03)
R2	9		0,94	0,06	0,50		0,94	0,06	0,40		0,93	0,07	0,21		0,93	0,07	0,03
R2	10		0,92	0,08	0,48		0,92	0,08	0,38		0,91	0,09	0,19		0,91	0,09	0,01
R2	11		0,92	0,08	0,48		0,92	0,08	0,38		0,92	0,08	0,20		0,92	0,08	0,02
R2	12		0,98	0,02	0,54		0,98	0,02	0,44		0,98	0,02	0,26		0,98	0,02	0,08
R3	13	0,62	0,81	0,19	0,43	0,45	0,77	0,23	0,22	0,44	0,78	0,22	0,22	0,34	0,84	0,16	0,18
R3	14		0,86	0,14	0,48		0,82	0,18	0,27		0,82	0,18	0,26		0,86	0,14	0,20
R3	15		0,88	0,12	0,50		0,83	0,17	0,28		0,81	0,19	0,25		0,87	0,13	0,21
R3	16		0,90	0,10	0,52		0,85	0,15	0,30		0,83	0,17	0,27		0,88	0,12	0,22
R3	17		0,95	0,05	0,57		0,88	0,12	0,33		0,86	0,14	0,30		0,92	0,08	0,26
R3	18		0,95	0,05	0,57		0,91	0,09	0,36		0,88	0,12	0,32		0,94	0,06	0,28
R4	19	0,53	0,77	0,23	0,30	0,44	0,74	0,26	0,18	0,29	0,81	0,19	0,10	0,10	0,87	0,13	(0,03)
R4	20		0,88	0,12	0,41		0,81	0,19	0,25		0,84	0,16	0,13		0,92	0,08	0,02
R4	21		0,94	0,06	0,47		0,89	0,11	0,33		0,86	0,14	0,15		0,92	0,08	0,02
R4	22		0,89	0,11	0,42		0,83	0,17	0,27		0,82	0,18	0,11		0,90	0,10	-
R4	23		0,91	0,09	0,44		0,83	0,17	0,27		0,82	0,18	0,11		0,88	0,12	(0,02)
R4	24		0,90	0,10	0,43		0,85	0,15	0,29		0,83	0,17	0,12		0,91	0,09	0,01
R5	25	0,68	0,59	0,41	0,27	0,51	0,60	0,40	0,11	0,50	0,65	0,35	0,15	0,39	0,73	0,27	0,12
R5	26		0,69	0,31	0,37		0,65	0,35	0,16		0,69	0,31	0,19		0,77	0,23	0,16
R5	27		0,75	0,25	0,43		0,68	0,32	0,19		0,77	0,23	0,27		0,80	0,20	0,19
R5	28		0,76	0,24	0,44		0,69	0,31	0,20		0,70	0,30	0,20		0,79	0,21	0,18
R5	29		0,84	0,16	0,52		0,77	0,23	0,28		0,79	0,21	0,29		0,87	0,13	0,26
R5	30		0,85	0,15	0,53		0,77	0,23	0,28		0,76	0,24	0,26		0,86	0,14	0,25

(Continuação) Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 – Resumo

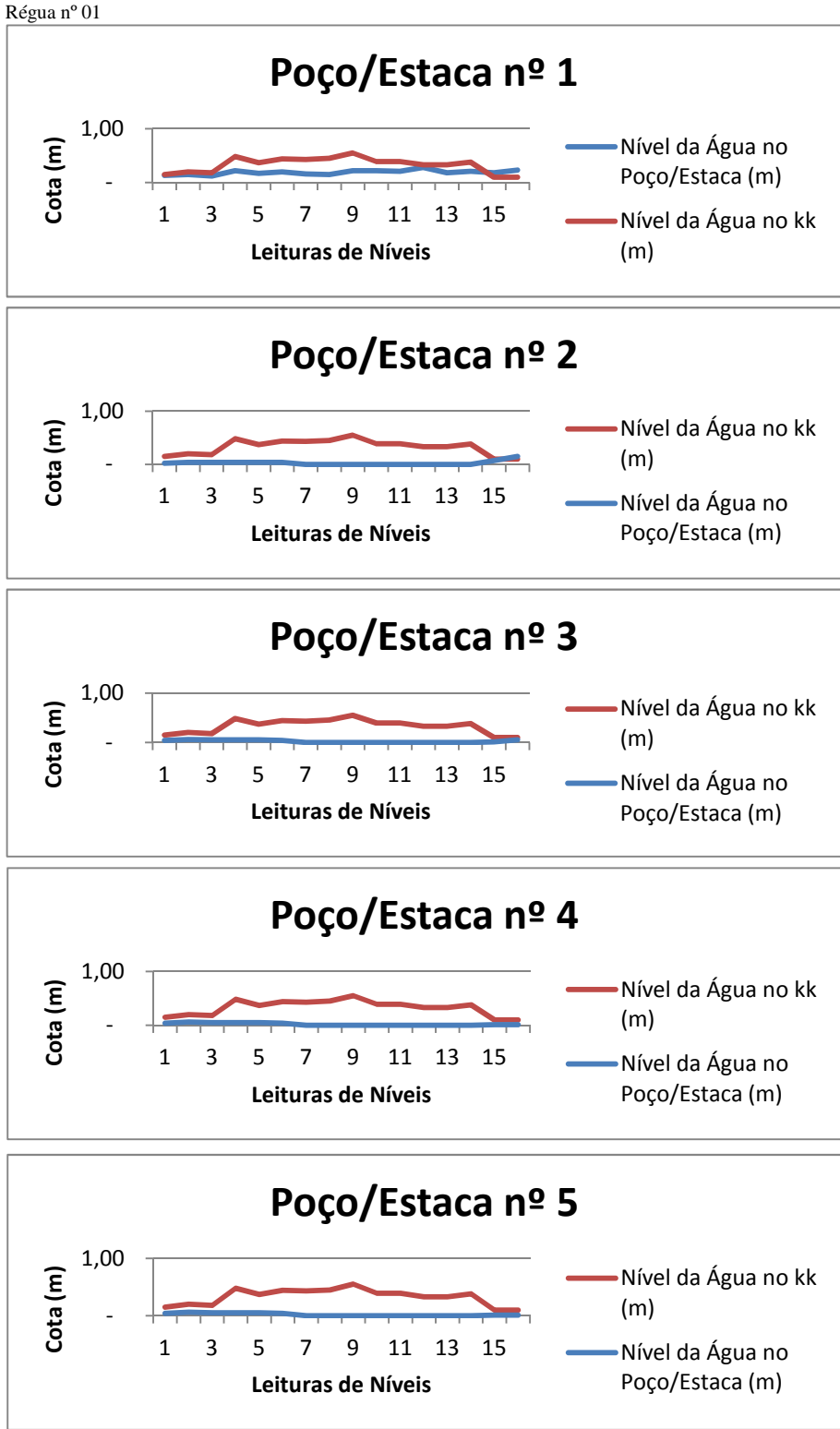
Ordem da Leitura		13ª				14ª				15ª				16ª			
Data da Leitura		2/09/2009				5/09/2009				8/09/2009				11/09/2009			
Réguia	Estaca	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)	Nível da Água no kk (m)	Leitura Invertida no Poço/Estaca (m)	Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Nível kk - Nível do Poço/Estaca (m)
R1	1	0,33	0,82	0,18	0,15	0,38	0,79	0,21	0,17	0,10	0,82	0,18	(0,08)	0,10	0,77	0,23	(0,13)
R1	2		1,00	-	0,33		1,00	-	0,38		0,93	0,07	0,03		0,85	0,15	(0,05)
R1	3		1,00	-	0,33		1,00	-	0,38		0,99	0,01	0,09		0,95	0,05	0,05
R1	4		1,00	-	0,33		1,00	-	0,38		0,99	0,01	0,09		0,99	0,01	0,09
R1	5		1,00	-	0,33		1,00	-	0,38		0,99	0,01	0,09		0,99	0,01	0,09
R1	6		1,00	-	0,33		1,00	-	0,38		0,99	0,01	0,09		0,95	0,05	0,05
R2	7	0,08	0,94	0,06	0,02	0,08	0,95	0,05	0,03	0,05	0,95	0,05	-	0,12	0,93	0,07	0,05
R2	8		0,87	0,13	(0,05)		0,95	0,05	0,03		0,96	0,04	0,01		0,93	0,07	0,05
R2	9		0,93	0,07	0,01		0,94	0,06	0,02		0,94	0,06	(0,01)		0,91	0,09	0,03
R2	10		0,92	0,08	-		0,92	0,08	-		0,92	0,08	(0,03)		0,79	0,21	(0,09)
R2	11		0,92	0,08	-		0,95	0,05	0,03		0,92	0,08	(0,03)		0,92	0,08	0,04
R2	12		0,98	0,02	0,06		0,98	0,02	0,06		0,96	0,04	0,01		0,86	0,14	(0,02)
R3	13	0,29	0,90	0,10	0,19	0,40	0,88	0,12	0,28	0,10	0,86	0,14	(0,04)	0,22	0,77	0,23	(0,01)
R3	14		0,89	0,11	0,18		0,90	0,10	0,30		0,87	0,13	(0,03)		0,79	0,21	0,01
R3	15		0,89	0,11	0,18		0,91	0,09	0,31		0,86	0,14	(0,04)		0,76	0,24	(0,02)
R3	16		0,91	0,09	0,20		0,92	0,08	0,32		0,85	0,15	(0,05)		0,75	0,25	(0,03)
R3	17		0,95	0,05	0,24		0,95	0,05	0,35		0,88	0,12	(0,02)		0,77	0,23	(0,01)
R3	18		0,95	0,05	0,24		0,95	0,05	0,35		0,88	0,12	(0,02)		0,77	0,23	(0,01)
R4	19	0,10	0,88	0,12	(0,02)	0,08	0,88	0,12	(0,04)	0,05	0,88	0,12	(0,07)	0,15	0,80	0,20	(0,05)
R4	20		0,96	0,04	0,06		0,97	0,03	0,05		0,91	0,09	(0,04)		0,80	0,20	(0,05)
R4	21		0,95	0,05	0,05		0,96	0,04	0,04		0,95	0,05	-		0,84	0,16	(0,01)
R4	22		0,92	0,08	0,02		0,94	0,06	0,02		0,90	0,10	(0,05)		0,79	0,21	(0,06)
R4	23		0,92	0,08	0,02		0,95	0,05	0,03		0,92	0,08	(0,03)		0,80	0,20	(0,05)
R4	24		0,94	0,06	0,04		0,95	0,05	0,03		0,90	0,10	(0,05)		0,82	0,18	(0,03)
R5	25	0,32	0,81	0,19	0,13	0,45	0,76	0,24	0,21	-	0,88	0,12	(0,12)	-	0,82	0,18	(0,18)
R5	26		0,83	0,17	0,15		0,82	0,18	0,27		0,89	0,11	(0,11)		0,81	0,19	(0,19)
R5	27		0,85	0,15	0,17		0,86	0,14	0,31		0,86	0,14	(0,14)		0,81	0,19	(0,19)
R5	28		0,83	0,17	0,15		0,85	0,15	0,30		0,85	0,15	(0,15)		0,77	0,23	(0,23)
R5	29		0,90	0,10	0,22		0,92	0,08	0,37		0,91	0,09	(0,09)		0,82	0,18	(0,18)
R5	30		0,89	0,11	0,21		0,91	0,09	0,36		0,88	0,12	(0,12)		0,80	0,20	(0,20)

(Continuação) Resultados do Monitoramento dos Poços de Observação e Réguas em 2009 – Resumo

Régua	Estaca	Média do Nível da Água no Poço/Estaca (m)	Produtividade (kg/ha)	Média do Nível da Água no Poço (m)
R1	1	0,19	2.434	0,33
R1	2	0,03	2.556	
R1	3	0,02	2.451	
R1	4	0,02	2.662	
R1	5	0,02	2.460	
R1	6	0,02	2.763	
R2	7	0,15	3.273	0,34
R2	8	0,16	2.804	
R2	9	0,08	3.188	
R2	10	0,11	1.820	
R2	11	0,07	2.035	
R2	12	0,04	3.007	
R3	13	0,17	3.023	0,37
R3	14	0,14	3.535	
R3	15	0,15	2.524	
R3	16	0,14	2.679	
R3	17	0,11	3.127	
R3	18	0,11	2.759	
R4	19	0,22	3.080	0,34
R4	20	0,15	3.188	
R4	21	0,12	2.630	
R4	22	0,15	2.573	
R4	23	0,15	2.595	
R4	24	0,13	2.655	
R5	25	0,30	2.317	0,42
R5	26	0,26	2.287	
R5	27	0,24	2.492	
R5	28	0,25	2.432	
R5	29	0,18	2.768	
R5	30	0,19	2.669	

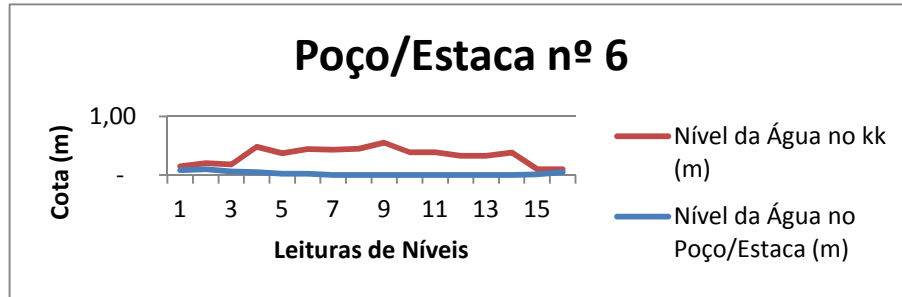
Observações: Nível do solo = 1,00 m Base das régua nos kk's = 0 m

Figura A 3.1. Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009.

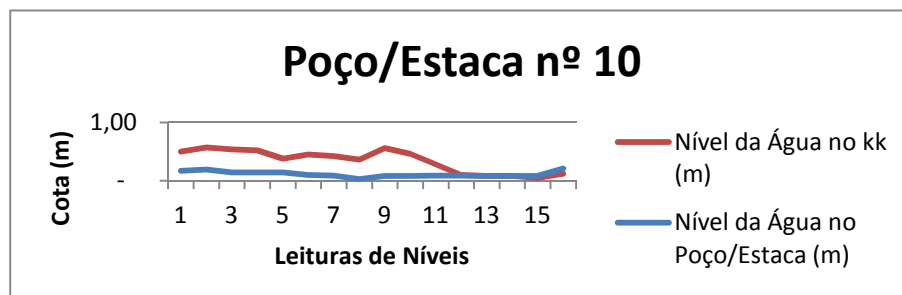
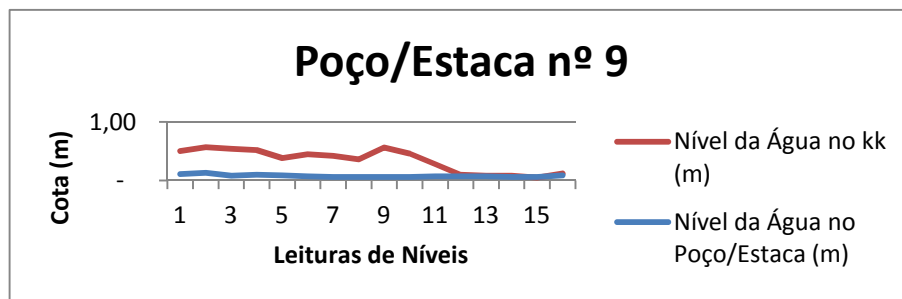
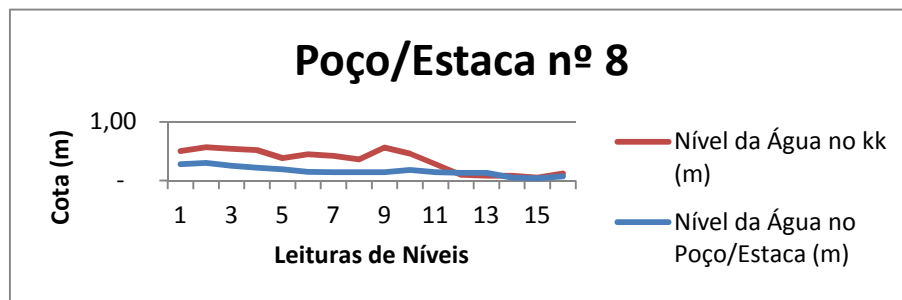
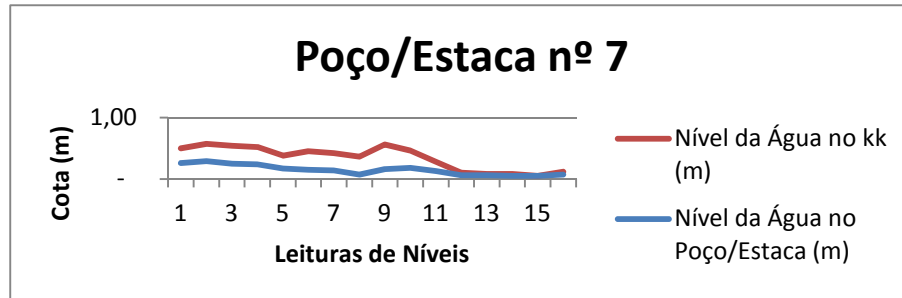


Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009. (continuação).

Régua nº 01

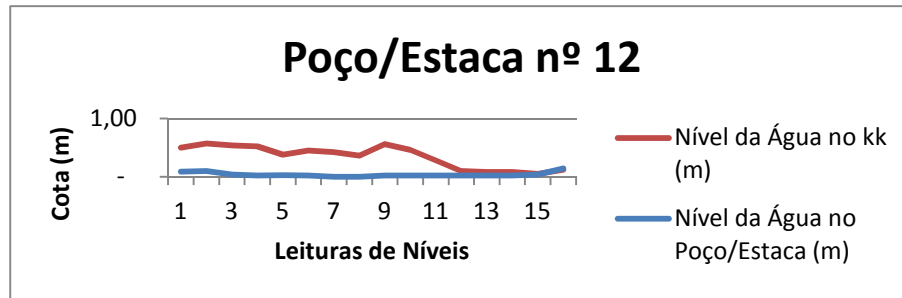
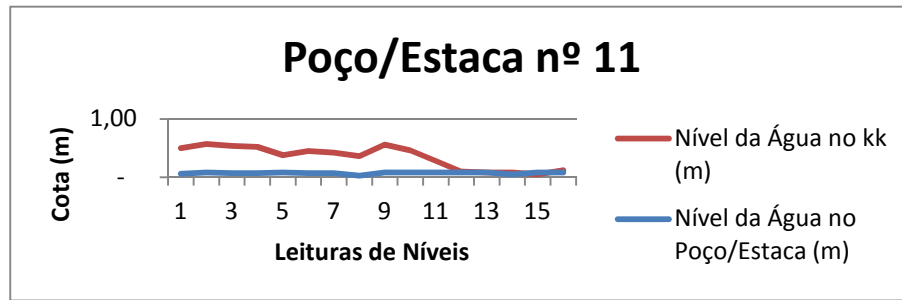


Régua nº 02

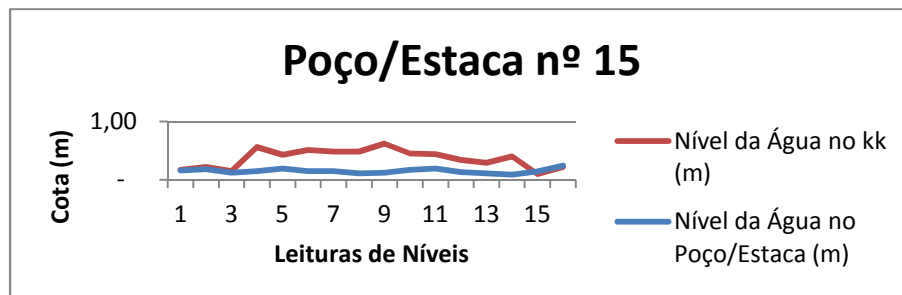
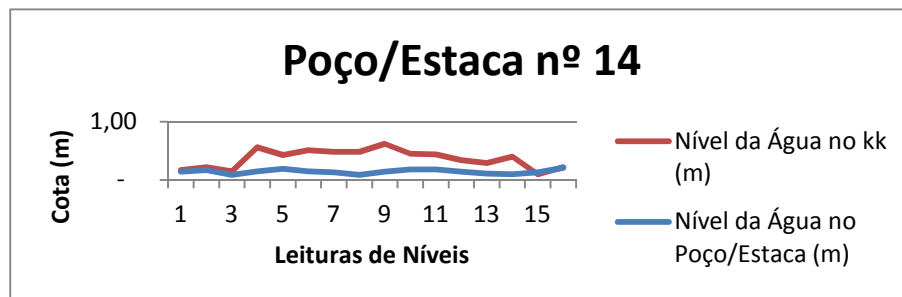
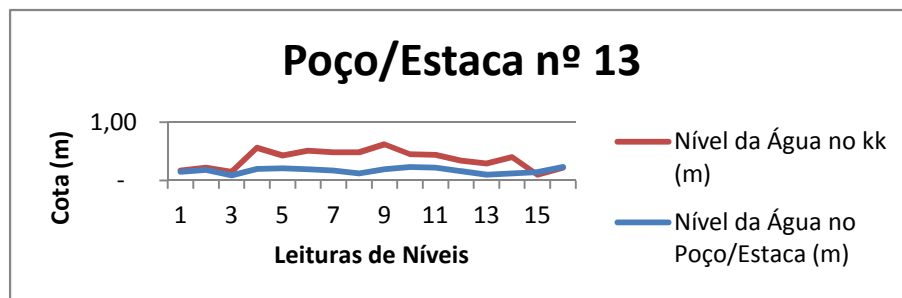


Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009. (continuação).

Régua nº 02

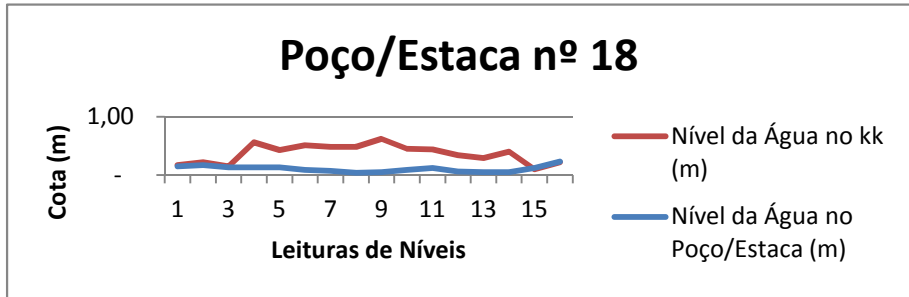
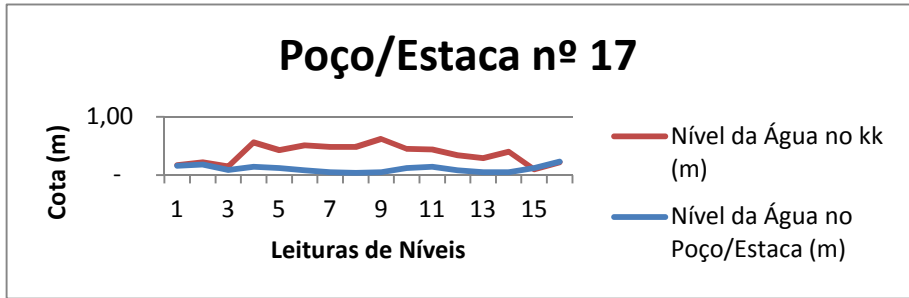
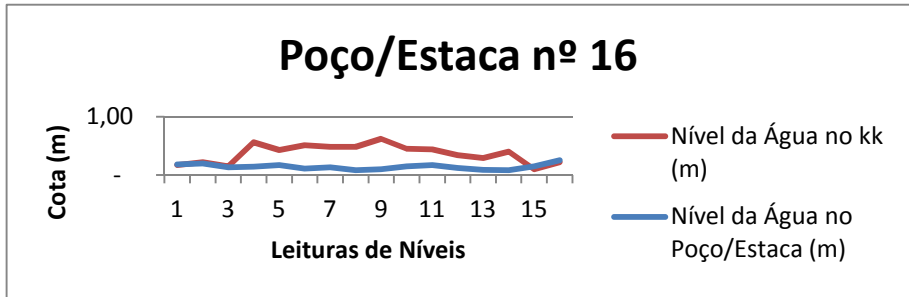


Régua nº 03

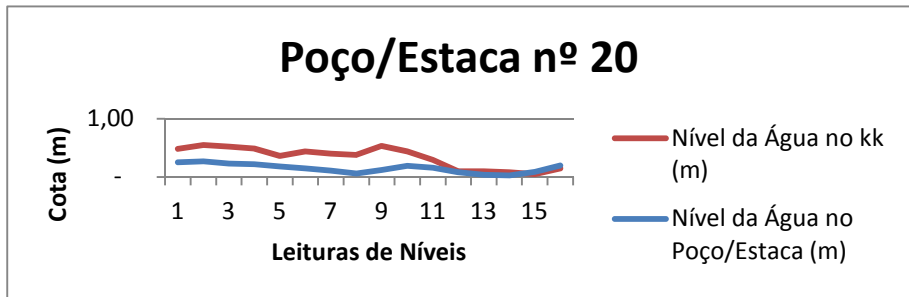
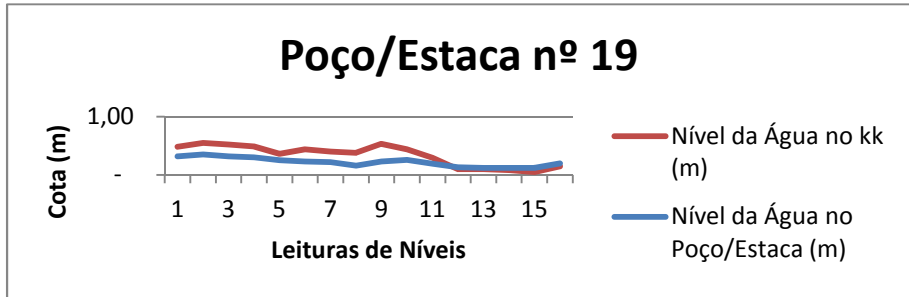


Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009. (continuação).

Régua nº 03

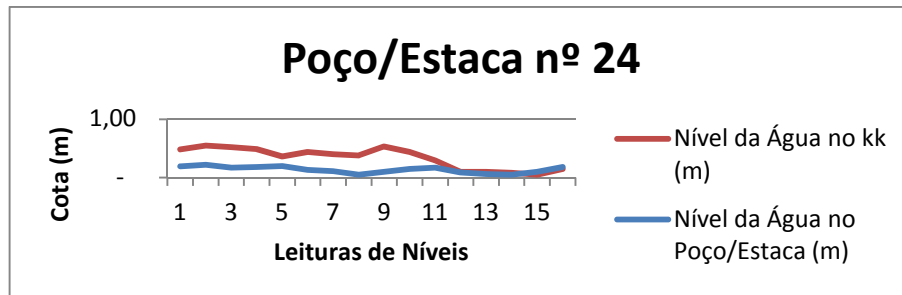
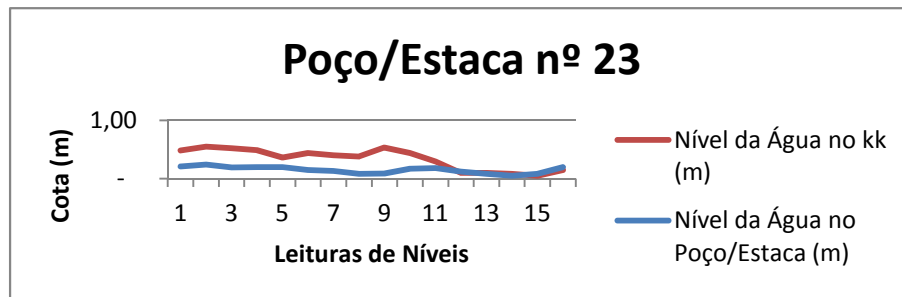
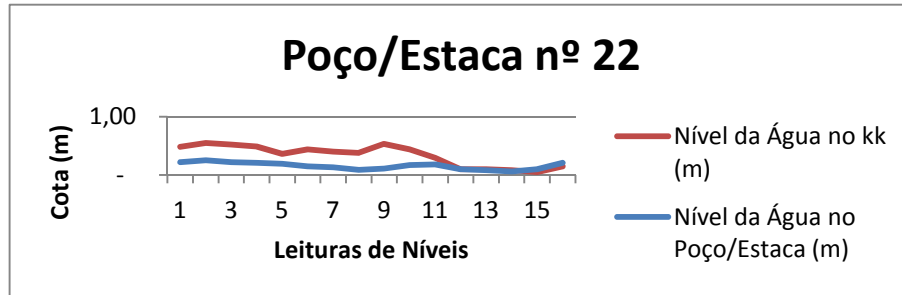
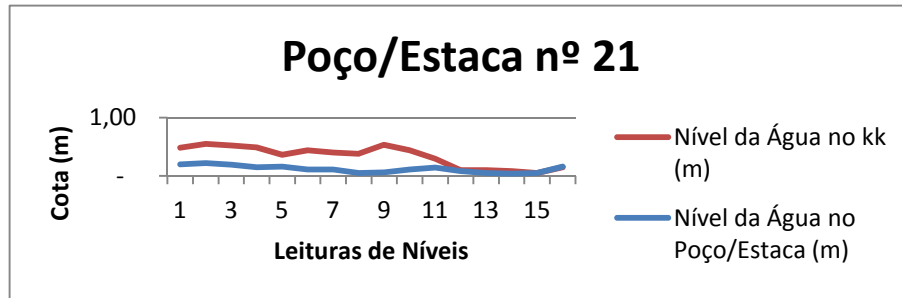


Régua nº4



Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras em 2009. (continuação).

Régua nº 04



Gráficos do Comportamento do Nível do Lençol Freático X Nível do KK nas datas das 16 leituras. (continuação).

Réguas nº 05

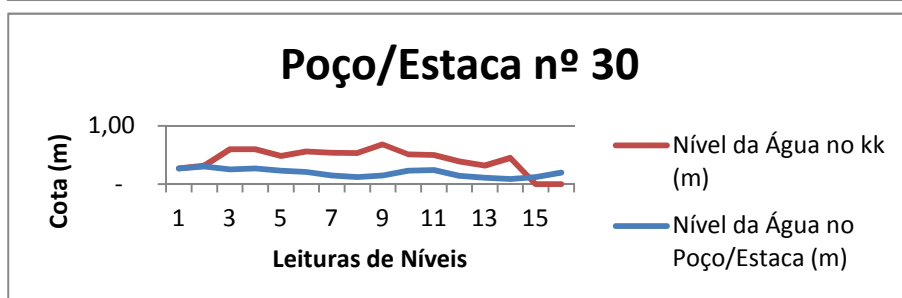
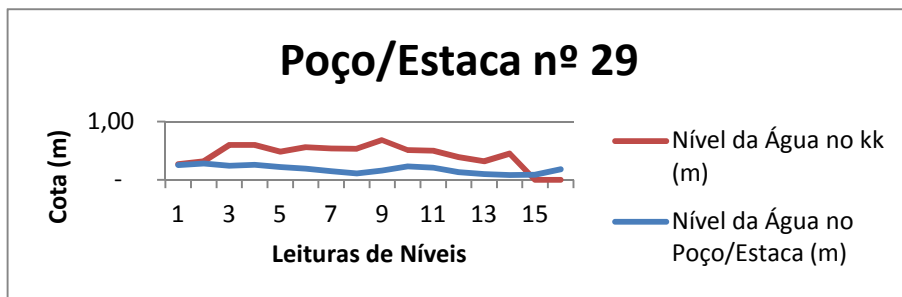
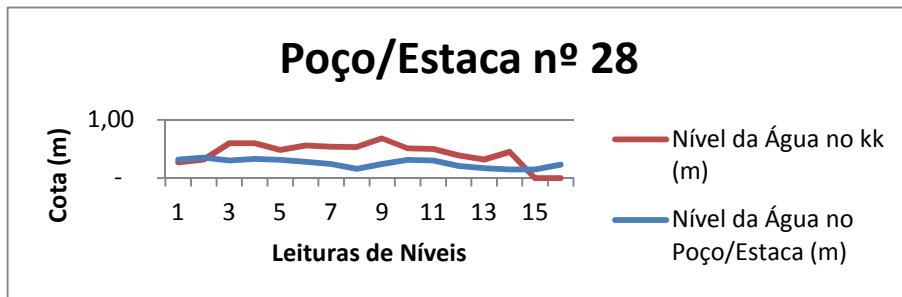
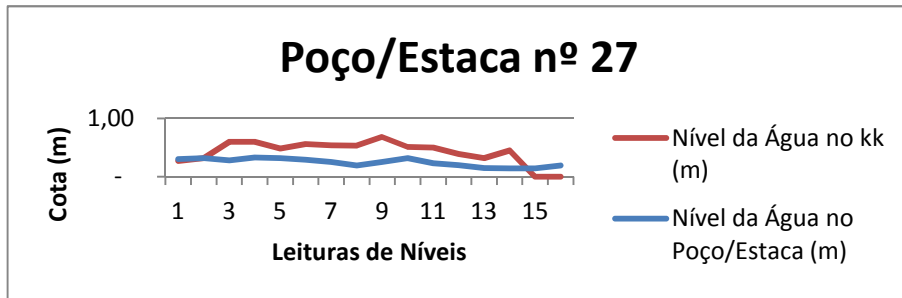
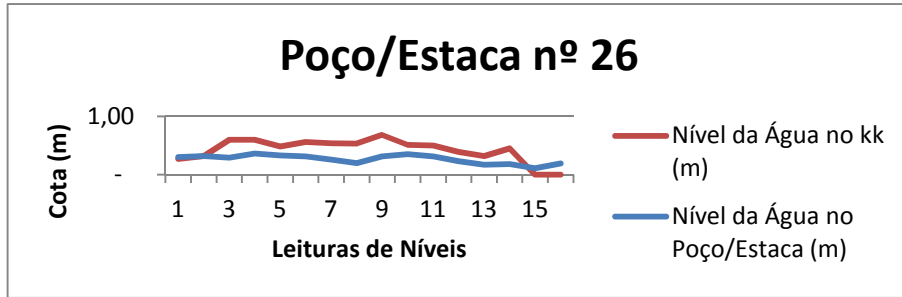
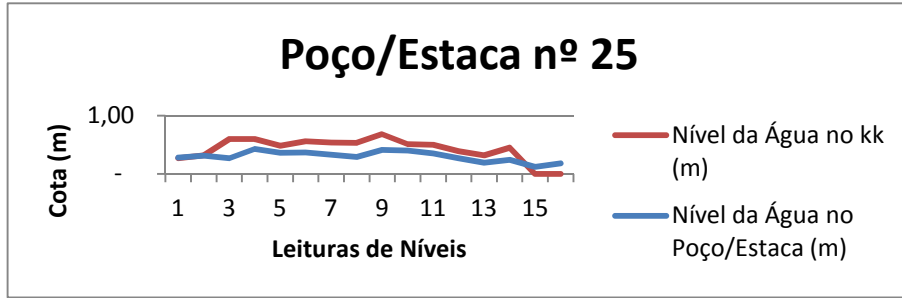


Figura A 3.2. Gráficos do Comportamento do Nível Médio do Lençol Freático X Nível Médio dos KK's.

