

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COBERTURA MORTA E UMIDADE DO SOLO NA CULTURA
DE FEIJOEIRO IRRIGADO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

FRANCISCA FRANCIANA SOUSA PEREIRA

CAMPINAS-SP
FEVEREIRO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COBERTURA MORTA E UMIDADE DO SOLO NA CULTURA
DE FEIJOEIRO IRRIGADO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação submetida à banca
examinadora para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola, na
Área de Concentração em Água e Solo.

FRANCISCA FRANCIANA SOUSA PEREIRA

Orientador: PROF. Dr. EDSON EIJI MATSURA

Co-orientador: PROF. Dr. FRANCISCO EDINALDO PINTO MOUSINHO

CAMPINAS-SP
FEVEREIRO 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

P414c Pereira, Francisca Franciana Sousa
Cobertura morta e umidade do solo na cultura de feijoeiro irrigado em sistema plantio direto / Francisca Franciana Sousa Pereira. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientadores: Edson Eiji Matsura, Francisco Edinaldo Pinto Mousinho.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Cobertura morta. 2. Desenvolvimento. 3. Decomposição. 4. Água - Consumo. 5. Água e irrigação. I. Matsura, Edson Eiji. II. Mousinho, Francisco Edinaldo Pinto. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Mulching and soil moisture in irrigated bean crop under no-tillage system

Palavras-chave em Inglês: Mulching, Development, Decomposition, Water - Consumption, Water and irrigation

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Isabella Clerici de Maria, Mara de Andrade Marinho

Data da defesa: 25/02/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Francisca Franciana Souza Pereira**, aprovado pela Comissão Julgadora em 25 de fevereiro de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

FEAGRI


Prof. Dr. Edson Eiji Matsura – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp


Dr. Isabella Clerici de Maria – Membro Titular
IAC


Prof. Dr. Mara de Andrade Marinho - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

“O Senhor é o meu pastor; nada me faltará.

Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.

Refrigera a minha alma, guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.

Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.

Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus inimigos, unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice transborda.

Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida e habitarei na casa do senhor por longos dias.”

Salmo 23.

*Aos meus queridos pais, meus
maiores exemplos, as minhas irmãs e
aos meus irmãos, pelo amor, estímulo
e por terem sido o alicerce e a razão
de tudo.*

DEDICO

*A Deus, por se fazer presente em
todos os momentos da minha vida.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, pela oportunidade oferecida;

Ao meu Orientador, Professor Dr. Edson Eiji Matsura, por assumir literalmente o papel da orientação, nos ensinando não apenas sobre pesquisa científica, mas nos dando exemplo de vida, nos instruindo não só com palavras, mas através do exemplo de profissional ético, responsável e dedicado. Obrigada por sua orientação segura e competente, pela amizade, pelos valiosos ensinamentos e acima de tudo pela confiança depositada em mim para realização dessa dissertação.

Ao meu Co-orientador, Professor Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho, pelo incentivo, pela dedicação, pelos seus ensinamentos e acima de tudo pela amizade.

A toda a minha família, que tanto amo, pela força, paciência; carinho, dedicação, educação e principalmente pelo amor, eu gostaria que vocês vivessem comigo, não porque eu venci, mas porque juntos vencemos mais um desafio em nossas vidas;

A minha irmã Lusiane, pelo amor, incentivo, pelas alegrias e a imprescindível ajuda na montagem e coleta dos dados para a realização deste trabalho;

Aos professores da Pós-Graduação da FEAGRI, em especial, os da área de concentração em Água e Solo: Professor Dr. Roberto Testezlaf, Professor Dr. Zigomar Menezes de Souza e Professora Dra. Mara de Andrade Marinho, pela dedicação e transferência de conhecimento; e principalmente pelos conselhos, sorrisos e brincadeiras, ajudando a descontrair em dias de trabalhos intensos.

A Professora do IAC, Dra Isabella Clerice De Maria e ao professor Dr Zigomar Menezes de Souza pela participação na minha qualificação, ajudando a produzir um trabalho melhor.

Aos alunos de Doutorado Laura Simões pela disposição e ajuda na análise dos resultados, pelo seu apoio, pelas horas dedicadas e amizade; e Douglas Roberto Bizari pela instalação do experimento, pelos conhecimentos transferidos e pela amizade. A vocês, meu muito obrigado por contribuírem com este trabalho.

Aos técnicos laboratoriais, Gelson, Túlio, Giovani, Rosa Helena, Agmon, Domitila, Célia e Júnior, pela doação e amizade adquirida ao longo desses anos;

Aos funcionários da FEAGRI, Sergio, Luíz, José Maria, Rosângela, Socorro e Dona Laura pelo apoio e dedicação ao trabalho;

Ao técnico Lucarelli e aos funcionários do campo experimental, Freire, Jamilson, Pequeno e João pelo apoio nas atividades do campo;

Aos queridos amigos da pós-graduação: Adriana, Conan, Carmel, Camila, Gilka, Carla, Allan, Leonardo, Marcelo, Ronny, Fernando, Gustavo, Lorena, Rose, Vânia, Moraes, Monalisa, Márcio Mesquita, Camilo, Tânia, Karol, Danielle, Samuel, Michelle, Poliana, Sabrina, Rívia, Rhuanito, e todos os outros que convivi intensamente por todo esse tempo.

A família que Deus preparou para mim aqui em Campinas, Eliana, Rogério, Quezia, Siméia, Silas, Francisco, Augusta, Ana, Lidiana, Jandira, Ondina, Aline, Vicente, Caetano, Teresa, Flávia, Cezar, Fátima e Vânia, pela força, incentivo, carinho e amizade;

Aos meus amigos-irmãos do coração, Thais, Vânia, Rafael e Liciano, pela paciência, cuidado, companheirismo e incentivo, além de tornarem a minha estadia em Campinas mais feliz.

Aos amigos, Kleiton, Lindamara, Cristina, Ednardo, José Raimundo, Sara, Marcela, Sheila, vocês estão sempre no meu coração;

Aos queridos professores da UFPI, responsáveis pela minha formação profissional. Em especial, ao Professor Dr. Max, a Professora Dra. Regina Lúcia, ao Professor Dr. Arnaud

Azevedo, ao Professor Dr. Amilton Raposo e ao Professor Dr. Ari Cavalcante Salviano, á todos obrigada pelo incentivo, pela dedicação e pela orientação e iniciação na vida acadêmica;

Aos alunos de iniciação científica, Ana, Thomaz, Romeu, e Rodrigo, pela amizade, pelo esforço, contribuição e dedicação neste trabalho.

À Capes, pela concessão de bolsa de mestrados;

A Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela acolhida, profissionalismo, apoio e amizade.

A todos,

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

LISTAS DE TABELAS	xi
LISTAS DE FIGURAS	xvii
RESUMO	xviii
ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 Cultura do Feijão	6
3.2 Importância socioeconômica	8
3.3 Consumo de água pela cultura do feijoeiro	9
3.4 Parâmetros de desenvolvimento da cultura do feijão	12
3.5 Sistema Plantio Direto	15
3.6 Cobertura Morta	18
3.7 Disponibilidade e Teor de Água no Solo	21
3.8 Cobertura Morta e Temperatura do solo	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Localização e caracterização da área experimental	26
4.2 Parcelas Experimentais e Delineamento experimental	28
4.3 Formação da cobertura morta	28
4.4 Condução da cultura instalação e manejo do sistema de irrigação	29
4.5 Parâmetros de desenvolvimento da cultura	32
4.5.1 Índice de Área Foliar	32
4.5.2 Altura de plantas	33
4.5.3 Matéria seca	33
4.6 Componentes de produção	33
4.6.2 Número médio de vagens por planta	34
4.6.3 Número médio de grãos por vagem	34
4.7 Monitoramento da Capacidade de Armazenamento de Água da Cobertura Morta	34
4.8 Monitoramento da Umidade do Solo	35

4.9 Monitoramento da Decomposição da Cobertura Morta	35
4.10 Análises Estatísticas.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Parâmetros de desenvolvimento da cultura	37
5.1.1 Índice de área foliar	37
5.1.2 Altura de plantas	42
5.1.3 Massa seca	46
5.2 Componentes de Produção.....	50
5.2.1 Números de vagens por plantas	51
5.2.2 Números de grãos por plantas.....	52
5.2.3 Números de grãos por vagens	53
5.2.4 Produção de grãos.....	54
5.3 Temperatura do solo	56
5.4 Umidade TDR.....	82
5.5 Decomposição.....	94
5.6 Retenção de água na palha.....	103
5.7 Eficiência do uso da água (EUA)	122
6. CONCLUSÃO.....	124
7. RECOMENDAÇÕES.....	125
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
9. APÊNDICE	141

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Estádios fenológicos da cultura do feijão e respectivas simbologias.....	6
Tabela 2 - Valores médios mensais de temperatura (T), de umidade relativa do ar (UR), de velocidade do vento a 2 m de altura (U2) e precipitação pluviométrica mensal, dados registrados no período do experimento, de junho a outubro de 2010 – Campinas, SP, CEPAGRI – FEAGRI/UNICAMP, 2010.	27
Tabela 3 - Caracterização física e química do solo da área experimental.	28
Tabela 4 - Valores da evapotranspiração média (ETc m) em mm, evapotranspiração de referência (ETo) em mm e o coeficiente de cultura (Kc) utilizado para cada fase da cultura do feijoeiro Feagri/Unicamp.....	31
Tabela 5 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de Índice de área foliar (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.....	37
Tabela 6 - Valores médios de Índice de área foliar em m.m ² nos diferentes tratamentos durante o ciclo da cultura do feijoeiro irrigado em função das lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura do solo.	39
Tabela 7 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de altura de planta (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.	42
Tabela 8 - Valores médios de altura de plantas nos diferentes tratamentos durante o ciclo da cultura do feijoeiro irrigado.....	45
Tabela 9 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de massa seca (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.....	47
Tabela 10 - Valores médios da massa seca das plantas nas diferentes lâminas correspondentes a 0%, 50% e 100% da evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.	48
Tabela 11 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores do número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produção no ciclo do feijoeiro irrigado.	50
Tabela 12 - Valores médios do número de vagens por plantas nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.	51
Tabela 13 - Valores médios do número de grãos por plantas nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.....	53
Tabela 14 - Valores médios do número de grãos por vagem nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.	53
Tabela 15 - Produção média de grãos em kg ha ⁻¹ nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.....	55
Tabela 16 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante às 9 horas na fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.....	58
Tabela 17 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de desenvolvimento vegetativo.....	59
Tabela 18 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.	59
Tabela 19 - Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.....	60

Tabela 20 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de desenvolvimento vegetativo às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.	61
Tabela 21 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de desenvolvimento vegetativo.	62
Tabela 22 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.	62
Tabela 23 - Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura do solo na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.	63
Tabela 24 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de florescimento às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado. ...	64
Tabela 25 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de florescimento.	65
Tabela 26 - Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.	65
Tabela 27 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de florescimento às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado. .	66
Tabela 28 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de florescimento.	67
Tabela 29 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.	67
Tabela 30 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidade na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.	68
Tabela 31 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.	69
Tabela 32 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de enchimento de grãos às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.	69
Tabela 33 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de enchimento de grãos.	70
Tabela 34 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.	71
Tabela 35 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre às lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.	71
Tabela 36 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e as profundidades na fase de enchimento de grãos na cultura do feijoeiro irrigado. ...	72
Tabela 37 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de enchimento de grãos às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.	73

Tabela 38 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de enchimento de grãos.....	73
Tabela 39 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.....	74
Tabela 40 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.....	75
Tabela 41 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e as profundidades na fase de enchimento de grãos na cultura do feijoeiro irrigado.....	75
Tabela 42 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de maturação fisiológica na temperatura às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.....	76
Tabela 43 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades na temperatura às 9 horas na fase de Maturação fisiológica.....	77
Tabela 44 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.....	78
Tabela 45 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e profundidades na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.....	78
Tabela 46 - Desdobramentos das interações significativas da análise de variância referente aos níveis de cobertura * profundidades às 9 horas na fase de maturação fisiológica na cultura do feijoeiro irrigado.....	79
Tabela 47 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de maturação fisiológica às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.....	79
Tabela 48 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de maturação fisiológica.....	80
Tabela 49 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.....	81
Tabela 50 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.....	81
Tabela 51 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de maturação fisiológica na cultura do feijoeiro irrigado.....	82
Tabela 52 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade durante a fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.....	83
Tabela 53 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de desenvolvimento vegetativo.....	84
Tabela 54 – Valores de umidade do solo em função da interação entre o horário de medida e as três lâminas estudadas na fase de desenvolvimento vegetativo.....	85
Tabela 55 – Valores umidade do solo em função da interação entre os horário de medida e os níveis de cobertura do solo na fase de desenvolvimento vegetativo.....	86

Tabela 56 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de de solo umidade durante a fase florescimento no ciclo do feijoeiro irrigado.....	86
Tabela 57 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de florescimento.....	87
Tabela 58 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horários de medida e as lamina de evapotranspiração da cultura na fase de florescimento.....	88
Tabela 59 - Valores umidade do solo em função da interação entre os níveis de cobertura e as lâminas de evapotranspiração da cultura na fase de florescimento.....	88
Tabela 60 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade durante a fase enchimento de grãos no ciclo do feijoeiro irrigado.....	89
Tabela 61 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de enchimento de grãos.....	90
Tabela 62 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horário de medida e as lâminas estudadas na fase enchimento de grãos.....	90
Tabela 63 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade do solo durante a fase maturação fisiológica no ciclo do feijoeiro irrigado.....	91
Tabela 64 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de maturação fisiológica.....	92
Tabela 65 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horários de medida e as lâminas de evapotranspiração da cultura na fase maturação fisiológica.....	92
Tabela 66 - Valores umidade do solo em função da interação entre as lâminas de evapotraspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase maturação fisiológica.....	93
Tabela 67 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de decomposição (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.....	97
Tabela 68 - Valores médios da decomposição da cobertura morta de milho nas diferentes lâminas de evapotranspiração (0%, 50% e 100% da água evapotranspirada) na cultura do feijoeiro irrigado.....	98
Tabela 68 – Parâmetros da equação $X=X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de matéria seca inicial $X_0=58,97g$ no tratamento equivalente a $6,0 Mg ha^{-1}$ e $X_0=116,98g$ em $12,0 Mg ha^{-1}$, constante de decomposição (k) e tempos de meia-vida $t(1/2)$ para a palhada de milho incubada na superfície do solo durante o ciclo do feijoeiro irrigado.....	100
Tabela 69 – Características da cobertura morta de milho incubada na superfície do solo durante o ciclo do feijoeiro irrigado.....	103
Tabela 70 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha de milho durante a fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.....	105
Tabela 71 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de desenvolvimento vegetativo.....	106
Tabela 72 – Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e os níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo.....	106
Tabela 73 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e os níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo.....	107
Tabela 74 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas de aplicação de água na fase de desenvolvimento vegetativo.....	108

Tabela 75 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário e as lâminas na fase de desenvolvimento vegetativo.....	108
Tabela 76 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de aplicação de água e as coberturas estudadas na fase desenvolvimento vegetativo.	109
Tabela 77 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha de milho durante a fase de florescimento no ciclo do feijoeiro irrigado..	110
Tabela 78 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de florescimento.	111
Tabela 79 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas de aplicação de água na fase de florescimento.	111
Tabela 80 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de florescimento.	112
Tabela 81 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de florescimento.....	113
Tabela 82 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de aplicação de água e as coberturas estudadas na fase de florescimento	113
Tabela 83 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha (%) durante a fase de enchimento de grãos no ciclo do feijoeiro irrigado.	114
Tabela 84 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de enchimento de grãos.	115
Tabela 85 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase enchimento de grãos.	115
Tabela 86 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas estudadas na fase enchimento de grãos.	116
Tabela 87 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de água aplicadas e as coberturas estudadas na fase enchimento de grãos.	116
Tabela 88 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha (%) durante a maturação fisiológica no ciclo do feijoeiro irrigado... ..	117
Tabela 89 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de de maturação fisiológica.....	118
Tabela 90 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas de aplicação de água na maturação fisiológica.	118
Tabela 91 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na maturação fisiológica.	119
Tabela 92 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de maturação fisiológica.	119
Tabela 93 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de água aplicadas e as coberturas estudadas na fase de maturação fisiológica.	120

Tabela 94 - Lâmina de água retida em mm nas duas quantidades de cobertura avaliadas 6 Mg ha ⁻¹ e 12 Mg ha ⁻¹ , em duas lâminas de irrigação (50% e 100% de evapotranspiração da cultura), três horários de observação antes da irrigação (A), duas horas depois (2h) e vinte e quatro horas após o evento de irrigação (24h) em todo o ciclo de desenvolvimento da cultura do feijoeiro irrigado	121
Tabela 95 – Valores de eficiência do uso da água em Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹ de gãos por hectare	123

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Esquema da área experimental representando o sistema de irrigação e parcelas com quantidades diferentes de cobertura morta.	29
Figura 2 – sacos para avaliar percentual de decomposição.	36
Figura 3 - Variação do índice de área foliar das plantas ($m.m^{-2}$) durante o ciclo da cultura do feijão; L1 = aplicação de 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura; L2 = aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura e L3 = aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.	41
Figura 5 - Variação da temperatura máxima, mínima e média do ambiente, durante o período experimental, compreendido entre 01 de junho a 23 de setembro de 2010 – Campinas, SP, 2010... ..	57
Figura 6 - Umidade do solo 2 horas após da irrigação ao longo do ciclo do feijoeiro irrigado na nos tratamentos A-0%, B-50% e C-100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.....	96
Figura 7 - Decomposição da cobertura morta de milho em três lâminas de evapotranspiração ao longo do ciclo da cultura do feijão irrigado.....	102

RESUMO

O uso de cobertura morta sobre a superfície do solo tem sido um componente da agricultura sustentável, pois possibilita melhores condições de conservação da umidade para o crescimento e o desenvolvimento das culturas, reduzindo os efeitos adversos decorrentes da falta de chuva. Para o feijoeiro, que é pouco tolerante ao déficit hídrico severo, a utilização da cobertura vegetal juntamente com a tecnologia da irrigação conduzida de forma racional, proporciona bons rendimentos com menor desperdício de água no ciclo da cultura. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência da quantidade e o grau de decomposição da cobertura morta de milho no ciclo do feijoeiro irrigado, na retenção de água e sua disponibilidade para a produção da cultura em sistema plantio direto. Para tanto, um ensaio foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP, no período de junho a setembro de 2010. O delineamento experimental foi em esquema fatorial em blocos inteiramente casualizados, compreendendo nove tratamentos: três lâminas de irrigação (0, 50 e 100% da evapotranspiração da cultura) e três coberturas (0,0, 6,0, e 12,0 Mg ha⁻¹) com três repetições. Para análise dos parâmetros biométricos das plantas, índice de área foliar (IAF), altura de plantas (AP) e massa seca (MS), foram coletadas três plantas em cada parcela no intervalo de quinze dias; e nesses mesmos dias foram recolhidas as bolsas de decomposição (*litter bags*) com o material vegetal para a avaliação da decomposição da cobertura morta. Os componentes de produção, número de grãos/planta (NG/P), número de grãos/vagem (NG/V) e produtividade de grãos foram analisados coletando-se as três linhas centrais de cada parcela no momento da colheita em 23 de setembro. Além disso, foi realizado em função dos eventos de irrigação, o monitoramento da umidade do solo a 0,15m, da temperatura a 0,05 e 0,15 m de profundidade e da retenção de água pela cobertura morta, a partir da pesagem de uma caixa contendo os resíduos vegetais de milho. Os resultados obtidos mostram que o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ determinou maior teor de água e menores temperatura do solo. A reposição de 100% da lâmina de água evapotranspirada promoveu maior quantidade de água e menor temperatura nas duas profundidades estudadas. Essa maior lâmina também proporcionou as maiores taxas de decomposição da cobertura morta. Os parâmetros biométricos (IAF, AP e MS) e os componentes de produção da cultura (NG/P, NG/V e produtividade de grãos) tiveram maiores valores em função da maior lâmina de água aplicada e maior nível de cobertura de solo.

Palavras-chave: Cobertura morta, desenvolvimento, decomposição, água - consumo, água e irrigação.

ABSTRACT

The use of mulch on the soil surface has been an indispensable component of sustainable agriculture, because allows better retention of water content for growth and development of crops, reducing the adverse effects arising from lack of rain. For the bean crop that is tolerant to severe water of vegetable cover with irrigation technology conducted in a rational way, provides good yields with less waste of water in the crop cycle. In this context, this study aimed to evaluate the influence of amount and degree of decomposition of the mulch of corn in the cycle of irrigated beans, water retention and availability for crop production in no-tillage system. Thus, a study was conducted at the experimental field of Agricultural Engineering College FEAGRI/UNICAMP in the period from June to September 2010. The experiment was a factorial randomized complete block design, comprising nine treatments: three irrigation levels (0, 50 e 100% of crop evapotranspiration) and three covers (0, 6, 12 Mg ha⁻¹) with three replications. For analysis of the biometric parameters of the plant, leaf area index (LAI), plant height (PH) and dry mass (DM), were collected were there plants in each plot in the range of fifteen days, in these days of evaluation were collected *litter bags* with the plant material for mulch decomposition evolution. The yield components, grain number/plant (NG/P), number of seeds/pod (NG/V), and grain yield were analyzed by colleting there central lines in each plot at harvest on September 23. Therefore it was performed on the temperature at two depths 0,05 and 0,15 m and water retention by the mulch from the weighing of a box containing the corn crop residues. The results show that treatment with 12 Mg ha⁻¹ conditioned the highest water content and lower soil temperature. Also was possible to evidence that the replacement of 100% water slide evapotranspired promoted higher water content and lower temperature at two depths studied, this largest water slide also led to higher rates of decomposition. However, the water and mulch influenced the water content and soil temperature, as a result of the biometric parameters (LAI, PH, DM) and components of crop production (NG/P, NS/P and grain yield) had higher values due to the higher water slide and higher levels of ground cover.

Key words: Mulching, development, decomposition, water – economy, water and irrigation

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos exige da agricultura moderna aumento da produtividade, conseqüentemente tem sido observada a degradação dos recursos naturais de forma mais intensa, principalmente o solo e a água. É notável nos últimos anos a preocupação quanto ao uso excessivo dos recursos hídricos, sendo que o setor agrícola é apontado neste cenário como um dos segmentos de maior consumo de água. No Brasil, quase metade da água consumida destina-se à agricultura irrigada. Em função deste grande consumo de água pela agricultura, dá-se uma busca de conhecimentos no meio científico que possam ajudar a melhorar a eficiência do uso da água no que se refere ao dimensionamento de projetos de irrigação e, principalmente, quanto ao manejo desta técnica nos cultivos.

Nos dias de hoje, a adoção de técnicas racionais de manejo conservacionistas, do solo e da água, é fundamental para a sustentabilidade na agricultura, de forma que esses recursos possam ser mantidos, ao longo do tempo, com quantidades e qualidades suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (WUTKE et al., 2000). Diante disso, surgem novas técnicas que tentam minimizar as agressões ao meio ambiente e aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais. Um exemplo disso é a implantação de sistemas conservacionistas, que têm como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo.

Uma das alternativas utilizadas pelos produtores para minimizar os problemas de degradação dos recursos naturais é o sistema plantio direto (SPD). Essa técnica se fundamenta no não revolvimento do solo, na diversificação de espécies com rotação de culturas e na manutenção dos resíduos na superfície do solo.

A cobertura vegetal é sem dúvida um dos componentes mais importante do SPD. A permanência desses resíduos culturais sobre o solo, além de favorecer melhoria de suas características físicas reduz o impacto das gotas da água da chuva, protegendo-o contra a erosão, diminui o escoamento superficial e aumenta o tempo e a capacidade de infiltração da água.

Os resíduos culturais ou a cobertura morta presente na superfície do solo funciona como um isolante térmico, como uma camada dissipadora da radiação solar que chega ao solo, reduzindo conseqüentemente a evaporação da água, e também a amplitude hídrica e térmica do solo, sendo dessa forma um fator primordial para o êxito da produção agrícola no sistema

plantio direto. A cobertura morta é eficiente principalmente no que se refere à economia de água, pois possibilita melhores condições de conservação de umidade para o crescimento e desenvolvimento das culturas, minimizando os efeitos adversos decorrentes da falta de chuva. Percebe-se, portanto, a importância da utilização da cobertura morta sobre o solo, a qual ameniza a taxa de evaporação, diminui a deficiência hídrica nos períodos mais críticos de desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente reduz os custos de operação dos sistemas de irrigação, trazendo resposta de produtividades satisfatórias para o feijoeiro, proporcionando maior economia de água em comparação com os demais sistemas de preparo do solo.

O tipo de manejo de solo adotado, as condições climáticas, o nível de fertilidade do solo e o estado sanitário das plantas, dentre outros fatores, condicionam a produtividade de grãos na maioria das culturas. Essas são as razões pelas quais se justificam os diferentes resultados mostrados na literatura quanto a sua produção.

O feijão é um alimento básico da população brasileira, com importância econômica e social no Brasil chegando a ser um componente quase que obrigatório na dieta da população rural e urbana. O cultivo dessa leguminosa é bastante difundido em todo o território nacional. Conhecida como cultura de subsistência em pequenas propriedades, atualmente vem sendo produzida de forma mais tecnificada em grandes áreas irrigadas por aspersão.

A cultura do feijoeiro é pouco tolerante ao déficit hídrico severo, havendo queda significativa na produção se este déficit ocorrer nas fases de florescimento e enchimento de grãos. O ideal é o fornecimento de água mantendo-se uma distribuição uniforme durante o ciclo da cultura, com uma lâmina de água em torno de 100 a 150 mm mensais até o período de maturação (ROSTON e BULISANI, 1988), dependendo das condições de solo e de todos os outros fatores edafoclimáticos.

Nos sistemas de manejo onde os restos vegetais permanecem sobre o solo, as perdas de água por evaporação e a amplitude térmica do solo são diminuídas, proporcionando maior umidade nas camadas superficiais do solo e disponibilidade hídrica para as plantas.

A manutenção de resíduos vegetais sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante no sistema plantio direto, pois está relacionada com a quantidade e qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, e também com a conservação da umidade do solo. Em função disso, esse sistema é tido como uma das alternativas da

agricultura irrigada ganhar mais eficiência, contribuindo para o aumento de produtividade com redução da lâmina de água aplicada em diversos cultivos agrícolas.

Dessa forma, percebe-se a necessidade de pesquisar a influência da quantidade e taxa de decomposição da cobertura morta de milho ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro, na retenção de água pela mesma e a sua disponibilidade no solo, de maneira a responder a hipótese de que a quantidade de palha na superfície ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro irrigado altera a temperatura e umidade do solo afetando os componentes de produção.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da quantidade e a taxa de decomposição da cobertura morta de milho durante o ciclo do feijoeiro irrigado, na retenção de água e sua disponibilidade para a produção da cultura para o sistema plantio direto.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a decomposição da cobertura morta utilizando bolsas de decomposição (litter bag);
- Monitorar a temperatura, nas profundidades 0,05 e 0,15m do solo para as diferentes quantidades de cobertura morta ao longo do ciclo do feijão;
- Determinar a retenção de água nas quantidades de cobertura durante o ciclo do feijão, sua disponibilidade no solo e a relação com a produção do feijoeiro.
- Analisar os principais parâmetros agronômicos e componentes de produção da cultura: altura de plantas, índice de área foliar, massa seca, número médio de vagens por planta, número médio de grãos por vagem e produtividade de grãos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura do Feijão

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) possui como centro de origem a América Central, provavelmente na região onde se situa o México. Hoje, essa espécie é a mais cultivada no gênero *Phaseolus* no mundo, principalmente, pela sua importância social e econômica na geração de emprego e renda (FANCELLI, 1987). Tal espécie é classificada como membro da família botânica *Fabaceae*, comumente denominada leguminosa, tem seu ciclo compreendido entre 90 e 100 dias que pode variar em função da cultivar (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994).

Devido ao grande número de variedades existentes, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta uma enorme diversidade genética e morfológica. As cultivares disponíveis no Brasil apresentam diferenças genéticas quanto ao início do florescimento e em todas as fases de desenvolvimento da cultura. Para melhor identificação dos estádios fenológicos, GETPS e FERNANDES (1982) propuseram as simbologias descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estádios fenológicos da cultura do feijão e respectivas simbologias.

Fase	Estádio	Descrição do início de cada estágio
Vegetativa	V ₀	Instante em que a germinação for iniciada em mais de 50% das sementes
	V ₁	Instante em que os cotilédones de 50% das plantas estiverem no nível do solo
	V ₂	Instante em que as folhas primárias de 50% das plantas estiverem completamente desenvolvidas
	V ₃	Instante em que o primeiro trifólio de 50% das plantas estiverem completamente desenvolvidos
Reprodutiva	V ₄	Instante em que o terceiro trifólio de 50% das plantas estiverem completamente desenvolvidos
	R ₅	Instante em que os primeiros botões florais são observados em 50% das plantas
	R ₆	Instante em que abrir a primeira flor em 50% das plantas
	R ₇	Instante em que são observadas as primeiras vagens em 50% das plantas
	R ₈	Instante em que são observadas as primeiras vagens cheias em 50% das plantas
	R ₉	Instante em que houver modificação da cor das vagens em 50% das plantas (maturação fisiológica)
	R ₉	Instante que é determinado pela taxa de desfolha (maturação fisiológica)

Fonte: GEPTS e FERNANDEZ (1982), adaptado por FANCELLI (1994)

As cultivares de feijão podem ser agrupadas em quatro tipos distintos I, II, III e IV considerando as características: hábitos de crescimento determinado e indeterminado, número de nós e comprimento da haste principal, número e comprimento dos ramos laterais, capacidade de se apoiar ou não em tutores, e tendência ou não de se prostrarem, essas características influenciam o espaçamento e a densidade de semeadura utilizada (STRALIOTTO e TEIXEIRA, 2000; AIDAR et al., 2010).

No Brasil de acordo com DOURADO NETO e FANCELLI (2000), a maioria dos genótipos cultivados estão compreendidos nos grupos de hábitos de crescimento de feijoeiro dos tipos I, II e III. Seguindo a classificação fornecida pelos autores o feijão do tipo I apresenta plantas arbustivas de crescimento determinado, eretas, de altura entre 25 e 50 cm, com haste principal e ramos laterais terminando em inflorescências, o ciclo dos feijoeiros de tipo I é curto, 85 dias em média e a maturação é uniforme. Os feijoeiros de tipo II e III são de crescimento indeterminado, o tipo II apresenta plantas com aspecto arbustivo, de crescimento pouco inclinado e com ramificações não-numerosas e curtas, seu ciclo tem duração média de 90 dias. O tipo III apresenta plantas de arquitetura do tipo prostrado ou semiprostrado a trepadoras, com numerosas ramificações possuindo o ciclo longo com duração média de 105 dias e maturação das vagens não uniforme.

O feijão do tipo Carioca é o mais produzido no Brasil. A cultivar Pérola, pertencente ao grupo comercial Carioca, apresenta alta produtividade e pouca incidência de pragas e doenças, apresentando-se como boa opção para o cultivo. Tal cultivar caracteriza-se por apresentar: hábito de crescimento indeterminado (entre os tipos II e III); porte semiereto; ciclo 90 dias; média de 46 dias para a floração; flor branca; vagem verde, levemente rosada na maturação e vagem amarelo-areia na colheita.

Tradicionalmente, o feijoeiro comum no Brasil é cultivado em três safras distintas: a primeira (safra das “águas”), com plantio nos meses de agosto a novembro e colheita de novembro a fevereiro; a segunda (safra da seca ou safrinha), com plantio de dezembro a março e colheita de março a junho, e a terceira (safra de inverno ou irrigada), com plantio de abril a julho e colheita de julho a outubro.

O feijão de modo geral é uma cultura sensível as variações das condições ambientais. As altas temperaturas e a seca são problemas para o cultivo em muitas regiões do Brasil, segundo EMBRAPA (2003), a faixa de temperatura do ar ideal para o cultivo do feijoeiro está

próxima a 29°C, durante o dia e 21°C durante a noite. Conforme MALUF et al. (2001), a temperatura ideal para o feijoeiro situa-se entre 20 e 22°C, sendo a temperatura ótima igual a 21°C. Valores de temperatura do ar entre 30 e 40°C causam danos às plantas de feijão, principalmente relacionados ao abortamento de flores e redução no vingamento das vagens, enquanto baixas temperaturas, em torno de 12°C, causam redução do crescimento vegetativo e florescimento da planta (GONÇALVES et al., 1997; CARAMORI et al., 2001).

As recomendações técnicas para o espaçamento e a população são peculiares para cada tipo de planta e variam em função do hábito de crescimento, pois cada tipo de feijoeiro apresenta diferentes intervalos de tempo para as mesmas etapas de desenvolvimento. No caso a cultivar Pérola, o espaçamento recomendado é de 0,45 a 0,50 m entre as linhas, e a população recomendada é de 230.000 a 280.000 plantas por hectare.

Devido à importância dos grãos na alimentação humana, essa cultura tem merecido grande destaque no cenário mundial, por suprir de maneira eficiente e barata as necessidades protéicas e calóricas dos seus consumidores. Dessa forma, percebe-se a importância econômica e social dessa cultura, visto que, juntamente com o arroz, é à base da alimentação da maioria dos brasileiros, fornecendo ricas quantidades de proteína vegetal e de carboidratos, sendo, no caso da população menos favorecida, a principal fonte protéica na alimentação (CASTRO et al., 2007).

3.2 Importância socioeconômica

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais cultivadas e consumidas no mundo. De acordo com estimativas da FAO (2008) (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura), citado pela EMBRAPA (2010a), até agosto de 2008 os principais países produtores de feijão são aqueles em desenvolvimento, sendo os Estados Unidos a exceção. Os países em desenvolvimento detêm 89,2% da produção mundial de feijão e, entre os continentes, a Ásia é o maior produtor, com 45,7%, seguida das Américas (36,7%), da África (13,9%) e da Oceania (0,2%).

No período de 2002 a 2006, o Brasil ocupou o primeiro lugar no ranking mundial dos países produtores de feijão com uma produção média de 3,1 milhões de toneladas, seguido da Índia, 3,0 milhões de toneladas; China, 1,9 milhões de toneladas; Myanmar, 1,6 milhão de

toneladas; México, 1,3 milhão de toneladas; Estados Unidos, 1,1 milhão de toneladas; Uganda, 483 mil toneladas e Indonésia, 322 mil toneladas (EMBRAPA, 2010a).

A produção nacional de feijão em 2010 segundo o levantamento sistemático da produção agrícola realizado pela EMBRAPA está avaliada em 3.320.442 toneladas, 5,7% menor que a obtida em 2009, que totalizou 3.478.775 toneladas (IBGE, 2010). No Estado de São Paulo a produção de toda a safra de inverno em 2010 foi de 66,070 mil toneladas apresentando um rendimento de 2,21477 t.ha⁻¹ (CASER et al., 2010).

Em geral, o aumento na produção do feijoeiro é conseguido com o emprego da irrigação, em trabalhos realizados por STONE e MOREIRA (2001) e ÂNGULO FILHO et al. (2001) observaram que a maior produção da cultura esteve associada a lâminas que elevam o teor de água no solo, aproximando-se da capacidade de campo, Nos países menos desenvolvidos, o feijoeiro é cultivado por pequenos e médios produtores, os quais não fazem uso de irrigação, e por isso, segundo SINGH (1995), em mais de 60% dos seus cultivos observa-se deficiência hídrica em algum estágio de desenvolvimento. Assim, percebe-se a necessidade de se conhecer a exigência hídrica nas diversas fases de desenvolvimento do feijoeiro.

3.3 Consumo de água pela cultura do feijoeiro

O rendimento do feijoeiro é bastante afetado pela condição hídrica do solo. Deficiências ou excessos de água, nas diferentes fases do ciclo da cultura, causam redução na produtividade em diferentes proporções (SILVEIRA e STONE, 1998).

O emprego da irrigação no cultivo do feijão promove aumento substancial de produtividade, atingindo valores que variam de 2500 a 3000 Kg ha⁻¹, contra 1400 a 2000 Kg ha⁻¹ em agricultura de sequeiro (EMBRAPA, 2010d). A produtividade média brasileira de feijão irrigado é de 2300 Kg ha⁻¹, o feijão Pérola, quando cultivado irrigado apresenta produtividade superior a 3000 Kg ha⁻¹. Segundo dados da EMBRAPA (2010b) a produção potencial dessa cultivar em condição de sequeiro é de 2400 Kg ha⁻¹. O método empregado na irrigação de culturas anuais, tais como feijão, é o de aspersão, prevalecendo sistemas de aspersão convencional e por Pivô Central.

O consumo de água pelas culturas varia em função da época do ano, da flutuação anual dos elementos meteorológicos, radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e

velocidade do vento, esses elementos definem a demanda atmosférica, que juntamente com o estágio de desenvolvimento, a cultivar implantada na área, as condições climáticas locais e o manejo dado ao solo determinam a necessidade hídrica do feijoeiro (SILVEIRA e STONE, 1998).

A maioria das culturas possui períodos críticos durante o ciclo, nos quais a deficiência hídrica causa decréscimo na produção. Para o feijoeiro esses períodos já estão bem estabelecidos. RAGGI et al. (1972), por exemplo, afirmaram que as fases de florescimento e enchimento de grãos são as mais prejudicadas pela deficiência hídrica. De acordo com CARLESSO et al. (2007), a maior demanda de água do feijoeiro, que é no início do florescimento ao início do enchimento de grãos, está relacionada com o maior índice de área foliar e atividade fotossintética das plantas.

Em trabalho realizado por GARRIDO et al. (1979), o não suprimento de água no final da floração do feijoeiro promoveu redução na produção em 42% e quando a deficiência hídrica ocorreu na fase de formação de vagens e crescimento de grãos a redução foi de 58%. Os autores MAGALHÃES e MILLAR (1978); MAGALHÃES et al. (1979); HOSTALÁCIO e VÁLIO (1984); GOMES et al. (2000) e OLIVEIRA et al. (2008), também concordam que a deficiência hídrica nesses estádios de desenvolvimento da cultura, como nas fases de pré-floração, floração e pós-floração proporcionam menores produtividades de grãos, e ainda afirmam que nos períodos de formação de vagens e crescimento de grãos a redução da produtividade tem relação com o número de dias em que o feijoeiro fica sujeito a redução do teor de água no solo.

LIBARDI (1996) verificou que o estresse hídrico durante a fase reprodutiva do feijoeiro promove redução no número de vagens por planta, o autor observou também que o déficit hídrico, nessa mesma fase, durante 10 e 17 dias, causou redução de 42,6 e 62% no rendimento, respectivamente, quando comparado ao da situação sem déficit.

A fase reprodutiva do feijão é considerada a mais sensível ao déficit hídrico, no entanto, na fase vegetativa também ocorre redução na produtividade. Segundo STONE e MOREIRA (2001), o estresse hídrico pode provocar redução no vigor vegetativo diminuindo o índice de área foliar, o acúmulo de matéria seca e altura das plantas, bem como a produção e a fertilidade do pólen.

Em trabalhos realizados por GUIMARÃES et al. (1996), a obtenção de altas produtividades no plantio do feijão irrigado foi alcançada com aplicações superiores a 400 mm de água. Para GUERRA et al. (2000), a quantidade de água aplicada para uma produtividade superior a 4.800 Kg ha⁻¹ foi em torno de 450 mm.

Conforme STONE e MOREIRA (2001), a quantidade de água para suprir a demanda durante o ciclo da cultura varia de 300 a 400 mm, esses mesmo autores avaliando o consumo de água pelo feijoeiro em diferentes sistemas de cultivo, verificaram que o consumo total de água pelo feijoeiro pode variar de 300 a 500 mm por ciclo, quando cultivado no sistema de preparo de solo convencional, e de 250 a 400 mm, em plantio direto. BIZARI et al. (2009) trabalhando na área do experimento, encontrou lâminas totais consumida pelo feijoeiro irrigado de 224,4 mm e 261,3 mm para SPD e PC respectivamente e observaram ainda que as plantas cultivadas no sistema plantio direto consumiram 14% de água a menos que as plantas no sistema convencional.

Segundo DOORENBOS e KASSAN (1979), um feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias, para obter a produtividade máxima, necessita de 300 a 500 mm de água bem distribuídos durante o ciclo. De fato, vários são os trabalhos que apontam a quantidade de água exigida pela cultura do feijoeiro para a obtenção de altas produtividades, por outro lado, DOURADO NETO e FANCELLI (2000), ressaltam que a limitação da produção em função da deficiência hídrica está mais relacionada à distribuição da água ao longo do ciclo da cultura, do que à quantidade total de chuvas ou irrigações ocorridas no período. De acordo com ROSTON e BULISANI (1988), o ideal seria o fornecimento de água mantendo uma distribuição uniforme durante o ciclo da cultura, com uma lâmina de água em torno de 100 a 150 mm mensais até o período de maturação.

O desenvolvimento da cultura é outro fator que se relaciona com a demanda de água. Durante seu ciclo fenológico, a planta aumenta o consumo de água progressivamente até a floração e frutificação, quando começa a diminuir até se estabilizar (GOMES, 1997). Dessa forma para cada fase de desenvolvimento existe o coeficiente de cultura (Kc).

Este coeficiente pode ser definido como sendo a relação entre a evapotranspiração máxima (E_{tm}) da cultura pela evapotranspiração de referência (E_{to}). E_{tm} é a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração da cultura, em condições ótimas de população de plantas, fertilidade e disponibilidade de água no solo, com bordadura e condições

atmosféricas típicas, em qualquer fase de desenvolvimento da planta. Já Eto é definida como a evaporação ocorrente em uma superfície vegetada com gramas batatais (*Paspalum natatum*), bem provida de água, em fase de desenvolvimento ativo e com bordadura adequada (MOREIRA et al., 1999a).

De acordo com SANTOS e ANDRÉ (1992), os maiores valores de K_c para o feijoeiro foram encontrados durante as estações primavera-verão, na região de Piracicaba, SP, mostrando que o feijão tem seu pico de consumo de água durante a fase de floração, nesse estudo sobre o consumo de água requerido pelo feijoeiro, os autores determinaram a proporcionalidade entre o coeficiente de cultura e o índice de área foliar.

Diante desses aspectos, evidencia-se a necessidade do conhecimento dos estádios fenológicos da cultura do feijão determinados a partir dos parâmetros de desenvolvimento da planta, pois tal conhecimento favorece o desenvolvimento de estratégias efetivas de manejo, visando à obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos.

3.4 Parâmetros de desenvolvimento da cultura do feijão

A avaliação do desenvolvimento foliar das plantas é um estudo de grande importância, uma vez que as folhas são responsáveis pela fotossíntese e pela formação de carboidratos, alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos da planta.

De acordo com MAÑAS e VALERO (1993), os efeitos do nível de umidade do solo no cultivo do feijoeiro manifestam-se ao longo do seu ciclo e nas diferentes partes da planta e, segundo os autores, o que mais interessa são os efeitos do déficit hídrico sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura, o que, conseqüentemente, limita seu rendimento.

Conforme PEREIRA e MACHADO (1987); o crescimento de um organismo é definido como uma alteração em seu volume e peso, ou ainda como a variação temporal da quantidade de matéria seca, os autores afirmam também que a variação temporal da área foliar em geral, aumenta até um nível máximo, em que permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido ao processo de senescência.

O crescimento das plantas é um fenômeno quantitativo afetado pela altitude e longitude e que pode ser mensurado por meio de parâmetros tais como acúmulo de matéria seca, número de nós, entre outros, índice de área foliar (IAF), altura das plantas, entre outros (PEREIRA e MACHADO, 1987).

De acordo com o estabelecido por MAGALHÃES (1979) e LUCHESI (1987) o IAF, determinado pela relação entre a área foliar verde total da planta e a área da superfície do terreno, ocupada pela mesma, permite avaliar a capacidade e/ou velocidade com que a parte aérea da planta (folhas) ocupa a área do solo disponível a mesma. Da fase inicial de crescimento das culturas até o estágio de completa interceptação da radiação pelas folhas, a taxa de produção de fotossintetizados aumenta até um valor máximo, em função do IAF. Segundo esses autores, quanto mais rápido a cultura atingir o IAF máximo e quanto mais tempo à área foliar permanecer ativa, tanto maior será a produtividade da cultura.

Dentre os componentes de desenvolvimento das plantas de feijão, o índice de área foliar mostra-se como um parâmetro eficaz para indicar a capacidade fotossintética, sendo sua determinação importante em estudos que relacionam nutrição de plantas e relações solo-planta-atmosfera (BERGAMASCHI, 1984; OLIVEIRA e SILVA, 1990).

Segundo OLIVEIRA et al. (2008), o efeito do déficit hídrico é bastante complexo, afetando praticamente todos os aspectos do crescimento das plantas, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, no entanto, os prejuízos dependem de sua duração e severidade, bem como do estágio de desenvolvimento em que o déficit hídrico ocorre. O período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica coincide com a fase de maior consumo de água pela planta. CARLESSO et al. (2007), observaram que a maior demanda de água pelo feijoeiro é no início do florescimento ao início do enchimento de grãos, épocas em que ocorre maior IAF e atividade fotossintética das plantas.

O IAF está correlacionado com a fotossíntese do dossel e com o acúmulo de matéria seca em situações em que não predomina o estresse (água, doenças, pragas etc.) (ASRAR et al., 1985). Segundo os autores, ao longo do ciclo das culturas anuais, o IAF apresenta um comportamento parabólico, com valores baixos no início do ciclo, havendo um crescimento constante dos valores até atingir um pico e, em seguida, uma queda contínua, atingindo valores baixos até o final do ciclo.

Conforme FORMAGGIO (1989) é evidente que vários fatores externos, como data e densidade de plantio, cultivar, espaçamento entre linhas, precipitação, pragas, entre outros, interfiram no desenvolvimento da cultura e isso fica evidente através do IAF, o que torna esse índice um dos principais indicadores do vigor da vegetação agrícola. Segundo BERNARDES (1987), à medida que o IAF aumenta, começa a existir um auto-sombreamento que as folhas

superiores exercem sobre as inferiores e, como consequência, a taxa de fotossintética média é diminuída em toda a área foliar.

Em estudo realizado por JAUER et al. (2003) com a cultivar Pérola, encontraram valores médios de IAF de $4,77 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, obtendo-se o valor máximo de $6,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, em condições irrigadas, GOMES et al. (2000) encontraram resultados semelhantes, sendo os valores máximos de IAF de $7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a cultivar Negro Argel; $6,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, para a cultivar Carioca, e $8,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a cultivar A320. Já PAVANI et al. (2009) encontraram valores máximos de IAF variando entre $3,5$ e $4,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$.

A altura das plantas também constitui um parâmetro importante no desenvolvimento da cultura, em estudos realizados por URCHEI et al. (2000) e SORATTO et al. (2006), esses autores verificaram correlação significativa positiva entre o acúmulo de massa seca em toda a planta e produção de grãos. De acordo com ARF et al. (2004), quanto menor for a planta e, conseqüentemente, menor for sua parte aérea, menor será sua produtividade.

De modo geral, os parâmetros de desenvolvimento das plantas relacionam-se ao nível de umidade e fertilidade do solo, ao espaçamento entre linhas, à população de plantas da área, à cultivar, entre outros. VALÉRIO et al. (1999), testando três cultivares de feijão, Aporé, Pérola e Carioca, no que diz respeito à melhor combinação de espaçamento entre as linhas e população de plantas, encontraram médias de altura de 36 cm para as três cultivares. MEIRA et al. (2005) testando doses e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado, obtiveram altura média de 80,8 cm. Em experimentos com feijoeiro com as cultivares Pérola e Carioca, SOUZA et al. (2003), obtiveram altura de planta de 92 cm e 70 cm, para a safra das águas e das secas, respectivamente.

O número de vagens por planta é um dos componentes de produção que determina o rendimento das culturas e, segundo ACOSTA-GALLEGOS E ADAMS (1989), esse componente é determinado na fase inicial do florescimento das plantas, sendo sensível a ocorrência de déficit hídrico nesse período. Os autores ressaltam ainda, que o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem são influenciados pela população de plantas. Assim, reduzindo-se a população de plantas, induz-se um aumento desses componentes.

Em trabalho com manejo de irrigação, JADOSKI et al. (2003) obtiveram uma produtividade de 2.045 kg ha^{-1} para a cultivar Guapo Brilhante na região de Santa Maria, RS. O número médio de vagens por planta foi de 10,8. Já SOUZA et al. (2003) em trabalho com

componentes de rendimento do feijoeiro, obtiveram médias de número de vagens por planta de 9,3 e 5,3 e número médio de grãos por vagem foi de 3,6 e 2,5, para a safra das águas e das secas, respectivamente. Testando diferentes populações de plantas, SOUZA et al. (2004) obtiveram máxima produtividade de 1.357 Kg ha⁻¹ enquanto VALÉRIO et al. (1999) máxima produtividade de 1.672 Kg ha⁻¹ com a cultivar Pérola.

Vários são os fatores que interferem na produtividade e no consumo de água pelas culturas. A adoção de técnicas conjuntas de plantio direto e de irrigação tem-se mostrado promissora, sob o ponto de vista de melhor explorar a terra e os insumos e também sob o aspecto conservacionista, essa técnica de manejo tem sido usada com êxito para a obtenção de maiores produtividades na cultura do feijoeiro irrigado, contribuindo durante o seu cultivo para a redução da quantidade de água utilizada pela cultura (STONE e MOREIRA, 2001).

É evidente, portanto, que uma das alternativas para a redução da quantidade de água aplicada na cultura do feijoeiro é a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD), um sistema de manejo conservacionista, que contribui para o aumento da produtividade e redução da lâmina de água aplicada, tornando a agricultura irrigada mais eficiente.

3.5 Sistema Plantio Direto

O sistema plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de 70 como um sistema conservacionista com a finalidade específica de controlar a erosão do solo, deixando a partir da década de 80, de ser considerado apenas como um método eficiente de conservação de solo, mas como um sistema complexo e totalmente novo de produção agrícola. Essa forma de cultivo conservacionista ajuda na melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Todas essas alterações ocorridas no solo acontecem, fundamentalmente, por ser o plantio direto um sistema de manejo onde a palha e restos vegetais (folhas, raízes, entre outros) são deixados na superfície mobilizando apenas o sulco onde se depositam sementes e fertilizantes, as plantas infestantes são controladas por herbicidas. Esse sistema baseia-se principalmente no não revolvimento do solo, no acúmulo progressivo de restos culturais, no uso de plantas de cobertura para formar e manter a palhada sobre o terreno e tem como objetivos: o controle da erosão, o aumento da disponibilidade de água e nutrientes e, sobretudo, a otimização dos rendimentos das culturas. Sua viabilidade é dependente da

quantidade de resíduos, cobertura morta ou palhada advindos das culturas desenvolvidas anteriormente (SATURNINO e LANDERS, 1997; MUZILLI, 2000; WUTKE et al. 2002).

Segundo DERPSCH et al. (1990), o sucesso do sistema plantio direto está diretamente relacionado com a formação da cobertura vegetal, com o uso de rotação de culturas, com a inclusão de plantas de cobertura, buscando rendimento econômico e a preservação da capacidade produtiva do solo. De acordo com ALVARENGA et al. (2001), as plantas fornecedoras de cobertura, devem proporcionar 6,0 Mg ha⁻¹ de matéria seca na superfície, que é a quantidade suficiente para obter uma boa cobertura de solo, conforme esses mesmos autores a camada de palha sobre o solo evita a ação do impacto da gota da chuva, além de criar um ambiente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para o controle de plantas daninhas, estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo, repercutidas na sua fertilidade e na produtividade das culturas.

A produção de matéria seca de uma espécie e seu tempo de decomposição e/ou sua permanência sobre o solo são segundo MUZILLI (2000), dois parâmetros que interferem diretamente na qualidade e quantidade de palha. Dessa forma, é de fundamental importância o estabelecimento de culturas para a produção de cobertura morta, em quantidade adequada à cobertura do solo. No entanto, em regiões mais quentes como o cerrado esse fator tem se revelado um problema por causa do acelerado processo de decomposição. Assim, deve-se conhecer a espécie vegetal a ser utilizada no programa de rotação de culturas, quanto à sua produção de matéria seca (MS) e tempo de decomposição.

Contudo, é fácil perceber as vantagens de se utilizar o sistema plantio direto e hoje no Brasil é notável o crescimento desse método de manejo de solo destacando-se, por exemplo, a expressiva expansão evoluindo de cerca de um milhão de hectares com culturas anuais, no início da década de 90, para mais de 12 milhões no ano 2000. Atualmente são cultivados no Brasil cerca de 22 milhões de hectares sob plantio direto (MELLO, 2007) estando 25% dessa área localizada na região do Cerrado (LOPES et al., 2004) e concentrando-se principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

A utilização do sistema de manejo plantio direto associado ao uso adequado da técnica de irrigação, promove uso mais eficiente da água, alcançando alta produtividade das culturas com maior economia desse recurso. A cobertura morta sobre o solo no sistema plantio direto leva o armazenamento da água no solo, a redução na evaporação e a uma maior eficiência no

uso desse recurso, obtendo-se maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada (MOREIRA e STONE, 1995).

No Brasil o sistema plantio direto é utilizado nas mais variadas culturas. Conforme MOREIRA et al. (1999a), extensas áreas principalmente no cerrado são cultivadas com o feijoeiro nesse sistema, utilizando a irrigação por aspersão, pois é uma alternativa de manejo correto e sustentável de sistemas agrícolas intensivos, o que mostra a importância dessa técnica para o país.

Há tempos se estuda a interação do sistema plantio direto com os diversos processos que ocorrem no interior do solo. Por meio desses estudos percebe-se que esse sistema de manejo provoca modificações no ambiente do solo que afetam o balanço hídrico das culturas, pois, a cobertura morta presente na superfície reduz o impacto das gotas da chuva, protegendo o solo contra a compactação, diminuindo o escoamento superficial e aumentando o tempo e a capacidade de infiltração de água (DERPSCH, 1977; SCOPEL, 1994; LAL, 1998; SATURNINO, 2001). Outra variável fortemente influenciada pela presença da cobertura morta é a temperatura do solo, segundo NOVAK et al. (2000), essa palhada depositada na superfície do solo funciona como uma camada dissipadora da radiação solar que chega ao solo, reduzindo conseqüentemente a evaporação da água.

Várias espécies vegetais são empregadas para a formação dessa cobertura morta depositada na superfície do solo e são normalmente escolhidas pela sua capacidade de formação de matéria seca, tempo de persistência e pela sua capacidade de melhorar as propriedades do solo. TORRES et al. (2005) estudando a produção de matéria seca, a taxa de decomposição e a liberação de nitrogênio em gramíneas e leguminosas verificaram que as maiores quantidades de matéria seca foram produzidas pelas gramíneas e que, de maneira geral, as leguminosas apresentaram valores relativamente baixos de matéria seca.

Em estudo realizado com aveia-preta, guandu, mucuna-preta, tremoço e ervilhaca BORKET et al. (2003) observaram que o rendimento da matéria seca variou de 5 a 10; 2 a 10; 1,7 a 8,6; 7 a 13 e 6,5 Mg ha⁻¹, respectivamente. SILVA et al. (2006) estudando a dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja verificaram que o milho e o milheto além de produzirem grande quantidade de matéria seca em torno de 8 a 9 Mg ha⁻¹ ambas, contribuem para cobrir totalmente o solo reduzindo não só perda de água como também perda de solo.

Em estudo avaliando as taxas de decomposição de milho e aveia preta em Carambeí-PR por 370 dias, WISNIEWSKI e HOLTZ (1997) verificaram que, durante esse período, a palhada de milho manteve-se por mais tempo no solo, justificando-se principalmente pela alta relação C/N e o alto teor de lignina, o milho apresentou uma perda de 49% de massa em 149 dias, enquanto que a aveia preta em 179 dias de avaliação perdeu 71% de sua massa.

Assim, pode-se perceber o potencial do sistema plantio direto quanto às melhorias das condições do solo visando principalmente o rendimento econômico no processo produtivo das culturas, percebe-se ainda que para a consolidação desse sistema torna-se importante a seleção e o estabelecimento de culturas de coberturas para a produção de palha, em quantidade adequada à cobertura do solo.

3.6 Cobertura Morta

A manutenção de resíduos vegetais sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante, que além de está relacionada com a quantidade e qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, relaciona-se também com a permanência destes sobre o solo e com a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes, ajudando dessa forma, a promover a eficácia do sistema plantio direto.

Os resíduos culturais ou a cobertura morta presente na superfície do solo desempenham várias funções, sendo essas: reduzir as perdas de solo e de água por erosão; diminuir o impacto da chuva, protegendo o solo contra compactação; aumentar a capacidade de infiltração de água no solo, minimizando os escoamentos superficiais; estabilizar a temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos e a vida do solo; manter a umidade do solo ao reduzir a evaporação; agir como reciclador de nutrientes, assegurando alta atividade biológica; aumentar a matéria orgânica no perfil do solo, melhorando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a estrutura física do solo; ajudar no controle de plantas invasoras, representando segundo SATURNINO e LANDERS (1997), a essência do sistema plantio direto. De acordo com SATURNINO (2001), a palhada presente na superfície provoca modificações no ambiente do solo, que afetam o balanço hídrico das culturas.

Estudos com diferentes coberturas vegetais vêm sendo realizados em algumas regiões do país e divulgados na literatura, visando perceber além da produção de matéria seca e decomposição dos resíduos culturais, o acúmulo e mineralização de nutrientes (TORRES e

PEREIRA, 2008). Muitos desses estudos têm relacionado à decomposição da cobertura morta utilizada com os fatores climáticos principalmente, temperatura do ar e precipitação pluvial (HOLTZ, 1995; ESPÍNDOLA et al., 2006; TORRES et al., 2007) de cada região, que segundo os autores influenciam a atividade dos organismos decompositores podendo acelerar ou reduzir o processo de decomposição.

A decomposição dos resíduos vegetais depende fundamentalmente da natureza e da quantidade do material vegetal, da fertilidade do solo, do grau de fracionamento do resíduo, além das condições climáticas, representadas principalmente pelo regime de chuvas e temperatura, que influenciam a atividade microbiana do solo (BERTOL et al. 2004). Porém, dependendo do manejo dado a estes resíduos, em superfície ou incorporando-os no solo, quando associados às condições climáticas da região, resultará em diferentes velocidades de decomposição (TORRES et al., 2008).

Segundo SILVA et al. (1999), a decomposição lenta e gradual dos resíduos vegetais no sistema plantio direto é devida à mínima mobilização do solo nesse sistema, no entanto, características intrínsecas da cobertura morta também afetam a dinâmica do processo de decomposição como: teor de nutrientes, lignina e polifenóis, relação C:N, resistência física e o tamanho do material influenciam a atividade dos organismos decompositores (TIAN et al. 1992; AITA e GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2007).

Verifica-se que a composição estrutural da cobertura morta, ou seja, a qualidade do material é outro fator que interfere significativamente na decomposição, pois, os componentes bioquímicos que fazem parte do material orgânico aceleram ou retardam o processo. A celulose, por exemplo, é o maior componente estrutural da parede celular das plantas e se decompõe lentamente. Já a lignina é mais difícil de ser digerida, necessita de mais tempo para sua decomposição, por isso os materiais que possuem grandes quantidades desse componente permanecem no solo por mais tempo. Dessa forma, segundo TEIXEIRA NETO (2002), as espécies vegetais para a formação de cobertura morta devem conter em suas estruturas teores mais elevados de celulose, principalmente, lignina e derivados fenólicos para que sua palhada permaneça por mais tempo na superfície do solo.

A formação da cobertura morta é a base para a condução das áreas no sistema plantio direto, para tanto, deve-se escolher espécies que produzam grande quantidade de matéria seca, resistentes ao ataque de pragas e moléstias, conseqüentemente, mais resistentes ao processo de

decomposição. Nas regiões de cerrado onde as condições climáticas aceleram o processo de decomposição dos resíduos vegetais, tem-se encontrado alguns obstáculos para formação e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo a partir de culturas de cobertura (FABIAN et al. 2008).

Em estudos realizados quanto à decomposição da cobertura morta MORAES (2001) verificou que a decomposição da palhada de milho e sorgo se intensifica aos 42 dias após manejo. Normalmente, esta decomposição é controlada principalmente pela relação C/N e teor de lignina do tecido, ou seja, as espécies não gramíneas que possuem um menor percentual desses componentes, como ervilhaca e nabo forrageiro possuem maior taxa de decomposição.

Outro fator que interfere na velocidade de decomposição é a quantidade do material. Segundo BERTOL et al. (1998), grandes quantidades de resíduos vegetais persistem por um maior período de tempo sobre a superfície do solo, especialmente no caso de resíduos resistentes à decomposição, como são as gramíneas em geral, sendo dessa forma vantajoso para o sistema plantio direto. Outro aspecto que se relaciona com a decomposição do material vegetal deixado sobre o solo é a utilização do nitrogênio, BERTOL et al. (2004) estudando a decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas, observaram que a aplicação de N acelerou a decomposição do material vegetal em 43% nos primeiros quatro meses.

De fato vários são os fatores que aceleram ou retardam o processo de decomposição, a natureza do material, o volume, a fertilidade do solo, o manejo da cobertura e as condições climáticas representadas, principalmente, pela pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar, determinam as taxas de decomposição dos materiais de cobertura. Esses fatores, por sua vez, afetam a atividade microbológica do solo, aumentando ou diminuindo a intensidade de decomposição (ALVARENGA et al. 2001).

Como um dos meios que ajudam na qualidade do sistema plantio direto é a permanência da palhada sobre a superfície do solo, vários trabalhos são desenvolvidos para determinar dentre as gramíneas e leguminosas quais as espécies que promovem a formação de uma cobertura que permaneça mais tempo sobre o solo. PELÁ et al. (1999), em seu estudo para avaliar a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura verificaram que as gramíneas permaneciam por maior período de tempo sobre o solo e, em especial o milho foi o material mais resistente.

Um aspecto de extrema relevância do sistema plantio direto é que a palhada presente na superfície provoca modificações no ambiente do solo, que afetam o balanço hídrico das culturas aumentando o tempo e a capacidade de infiltração de água e, altera conseqüentemente, a taxa e o tempo de decomposição do material depositado sobre o solo (DERPSCH, 1977; SCOPEL, 1994; SATURNINO 2001). ELTZ et al., (1989) comparando os sistemas de preparo do solo quanto à taxa de infiltração concluíram que essa é cinco vezes menor no sistema convencional em relação ao plantio direto.

Percebe-se que vários são os fatores que auxiliam e/ou promovem a decomposição da cobertura morta. Dessa forma, é evidente a importância de compreender o processo de decomposição dessa cobertura e sua relação com disponibilidade de água para o solo.

3.7 Disponibilidade e Teor de Água no Solo

A cobertura vegetal presente na superfície do solo promove menores perdas de água por evaporação, ajudando o seu armazenamento e distribuição no perfil do solo conduzido com o sistema plantio direto. Nesse tipo de manejo a retenção de água pela própria palhada é outro aspecto importante da utilização da cobertura morta. Entretanto, pesquisas que mostram especificamente quantidade de água retida e a dinâmica dessa nas diferentes coberturas mortas são escassas.

Em estudo realizado por ROSOLEM et al. (2003) avaliando a lixiviação do potássio em diferentes coberturas com lâminas de chuva variadas, verificaram que a retenção de água na palha está relacionada à composição de cada espécie e que, a retenção varia com relação aos teores de celulose, lignina e outros componentes da cobertura vegetal. Nesse estudo os autores dividiram as espécies estudadas, quanto à quantidade de água retida, em dois grupos: triticale e aveia preta, com maior retenção de água, e sorgo, milho, crotalária e braquiária, com menor retenção.

De acordo com STONE e MOREIRA (2000), a utilização de cobertura morta sobre o solo traz economia significativa tanto do recurso água como nos custos de operação do sistema de irrigação, devido principalmente, a proteção feita pelos resíduos culturais (palha) depositados na superfície, os quais diminuem a frequência do uso desta tecnologia e levam a uma maior eficiência devido ao aumento na retenção de água no solo e a redução na evaporação. Nota-se, portanto, que a cobertura morta na superfície do solo altera a relação

solo-água, pois, previne a evaporação, conseqüentemente, reduz a taxa de evapotranspiração das culturas e, propicia aumento do intervalo entre irrigações, obtendo-se dessa forma maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada.

A dinâmica da água nas coberturas mortas é um assunto pouco estudado, pouco se conhece sobre a relação que existe entre a cobertura morta e retenção de água, capacidade de interceptação, armazenamento de água e velocidade de dessecação. Entretanto, alguns trabalhos já foram realizados tentando descobrir o processo de retenção e disponibilização de água pela cobertura morta, dentre eles, SILVA et al. (2006) estudando a dinâmica da água nas palhadas de milho, milho e soja, verificaram que a água interceptada e armazenada na palha é perdida diretamente para a atmosfera, sem fazer parte do sistema solo-planta. Esses autores afirmaram também que o milho e o milho apresentam capacidade maior para armazenar água do que a soja: 3,26, 3,24 e 2,62 g de água por g de palhada, respectivamente, e afirmam que a capacidade de retenção de água é diretamente proporcional à soma da capacidade de armazenamento de cada elemento constituinte da palhada, e que não há armazenamento entre os elementos, segundo esses autores, a maior capacidade das palhadas de milho e milho armazenarem mais água que a soja, deve-se provavelmente, à estrutura porosa do seu material constituinte, como o colmo e a panícula, enquanto a soja constitui-se de material mais fino e mais fibroso, portanto apresenta menor capacidade de retenção de água.

Um dos aspectos importantes do plantio direto é o recobrimento do solo com resíduos de palha que provoca modificação do microclima em relação às plantas cultivadas, causando uma grande influência no regime hidrotérmico do solo, conservando a umidade diretamente, reduzindo a evaporação e aumentando a infiltração de água no solo (SEDIYAMA e PRATES, 1986).

Nesse contexto alguns trabalhos são realizados buscando avaliar qual dentre os sistemas de manejo, plantio direto (PD) e preparo convencional (PC), promove menor redução no consumo de água pelas culturas, dentre eles, NASCIMENTO et al. (2001) avaliando a demanda total de água do feijoeiro nesses dois sistemas verificaram que a tensão da água no solo sob PC foi maior em praticamente todo o ciclo da cultura em relação àquela observada no solo sob PD, nas profundidades de 0,15m e de 0,30m, mostrando que o solo sob plantio direto retém mais água do que o solo sob PC. Segundo os autores a demanda total de água para o

feijoeiro foi 325,4mm no PC, enquanto que para o PD a demanda foi de 260,3mm, representando uma redução de 20% do total de água aplicado no sistema PC.

Desenvolvendo um trabalho sobre decomposição do resíduo de milho, BERTOL et. al., (2004), verificaram que nos tratamentos em que o solo era protegido com 8,77 Mg ha⁻¹ de resíduo de milho (SR) e solo com a mesma quantidade de resíduo mais 100 Kg ha⁻¹ de N (SR + N), eles observaram que o resíduo de milho, criou condições para o aumento da armazenagem de água no solo, em 13 %, em relação ao tratamento sem a cobertura vegetal do milho.

Contudo, percebe-se a necessidade de se relacionar a quantidade de material na superfície com a retenção de água no interior do solo, para tanto existem alguns equipamentos utilizados para monitorar a água no solo como o tensiômetro, a sonda de nêutrons e o TDR. A técnica da TDR foi aplicada ao solo, por TOPP et al. (1980) objetivando medir a sua umidade, com base no tempo de deslocamento de pulsos eletromagnéticos, através de uma linha de transmissão (sonda), composta de hastes de aço de comprimento conhecido, introduzidas no solo (TOMMASELLI e BACCHI, 2001).

Dessa forma, nota-se que a dinâmica da água nas diferentes coberturas é influenciada por aspectos inerentes à própria palhada e que a umidade de um solo que tem sobre sua superfície cobertura vegetal vai ser maior ou menor em função, dentre outros fatores, da quantidade e qualidade dessa cobertura morta.

3.8 Cobertura Morta e Temperatura do solo

A temperatura do solo é uma variável fortemente influenciada pelo percentual de cobertura e, é um fator importante no cultivo das culturas, no que se refere à germinação das sementes, desenvolvimento vegetativo, sanidade e produção.

A presença de cobertura vegetal promove redução nas perdas de água por evaporação e redução na amplitude térmica do solo, propiciando maior umidade nas camadas superficiais do solo e disponibilidade hídrica para as plantas. De acordo com MULLER, (1991) a cobertura do solo em algumas culturas vem sendo usada com o intuito de reduzir a desagregação do solo, a incidência das plantas daninhas, além de contribuir para manutenção da temperatura e umidade do solo em níveis adequados para o desenvolvimento das plantas.

A temperatura do solo de acordo com ORTOLANI e PINTO (1972) influencia a desintegração da matéria orgânica, a retenção e fluxo de água, a aeração, a movimentação dos colóides, o metabolismo e desenvolvimento de microrganismos que habitam o solo, a germinação de sementes e o crescimento do sistema radicular das plantas.

Os estudos relacionando cobertura morta e temperatura de solo mostram que os resíduos culturais depositados na superfície protegem o solo contra o aquecimento excessivo e a perda de água, modificando ou ajudando a promover vários processos que acontecem no seu interior (físicos, químicos e biológicos). De acordo com BRAGAGNOLO e MIELNICZUK (1990) a cobertura morta, além de contribuir para a menor oscilação da temperatura e evaporação da água armazenada, permite melhor aproveitamento da umidade, reduzindo as perdas de água por evaporação e mantendo a temperatura do solo em níveis mais baixos.

O aquecimento e resfriamento do solo são fenômenos que ocorrem em sua superfície e são controlados, em termos gerais, por condições meteorológicas como temperatura do ar e radiação solar, condições de superfície e propriedades térmicas do solo (SALTON, 1991). A palha presente na superfície do solo revela alta refletividade da radiação solar e baixa condutividade térmica (SILVA et al. 2006) influenciando, por exemplo, na germinação que é uma das fases de desenvolvimento das culturas bastante prejudicada com temperaturas de solo muito elevada ou muito reduzida. Esses mesmos autores fazem uma ressalva de que em clima temperado o aquecimento do solo é desejável para proporcionar temperaturas adequadas à emergência das sementes, já em climas tropicais e subtropicais temperaturas de solo muito elevadas podem levar a uma baixa germinação e emergência das plântulas. Contudo, percebe-se que temperaturas medianas de solo seriam ideais para o melhor desenvolvimento das culturas.

A cobertura morta na superfície do solo propicia menor evaporação, porque, funciona como proteção reduzindo a amplitude de temperatura. Em estudos realizados por LEVIEN et al. (2005), verifica-se que essa amplitude até um mês após a emergência do milho foi menor nos tratamentos com escarificação e plantio direto em relação ao convencional; contudo, após esse período, essas diferenças deixaram de existir devido à cobertura do solo propiciada pela cultura do milho, pois, a interceptação dos raios luminosos pelas plantas de milho também ajudaram a diminuir a temperatura do solo.

Outro fator importante na oscilação de temperatura do solo no sistema plantio direto é a quantidade de material presente na superfície. Segundo GASPARIM et al. (2005), quanto maior a camada de cobertura morta, menor é a amplitude de variação da temperatura do solo. A amplitude térmica, segundo os autores foi diferenciada em cada uma das profundidades avaliadas, como o esperado.

Em estudo realizado por SAÉNZ (2008) avaliando a decomposição de resíduos de milho verificou que os valores das amplitudes térmicas são maiores na profundidade 0,15 m quando comparadas com as da profundidade de 0,30m, assemelhando-se aos resultados verificados por SILVA et al. (2001), o mesmo autor ressalta ainda que, a amplitude térmica diária do solo será tanto menor quanto maior a profundidade avaliada.

Assim, pode-se verificar que as melhores condições de temperatura de solo para a germinação e o desenvolvimento das culturas acontecem nos sistemas de manejo onde os restos culturais são deixados na superfície, percebe-se ainda, que as oscilações de temperatura do solo são em função da quantidade desse material vegetal presente na superfície.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP) situada no município de Campinas, Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas de 22° 48'54'' de latitude sul e 47°03'33'' de longitude oeste com 640m de altitude. De acordo com a nomenclatura atual do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2006), o solo da área pertence à classe do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (*Rhodic Haplorthox*, USA; *Rhodic Ferralsol*, FAO).

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é uma transição entre os tipos Cwa e Cfa, indicando clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio é inferior a 19°C. A umidade relativa média anual é 72,2% para leituras realizadas às 09h00min no período da manhã. A precipitação média anual é de 1.382 mm, com o período chuvoso concentrando-se entre outubro e março (1.048mm), o que representa 75% do total da chuva anual.

Na Tabela 2 estão descritos os dados climáticos referentes ao período do experimento, de junho a outubro de 2010, esses dados foram obtidos na estação meteorológica automática da marca Campbell Scientific instalada na área experimental, a qual é composta dos sensores de temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica.

Tabela 2 - Valores médios mensais de temperatura (T), de umidade relativa do ar (UR), de velocidade do vento a 2 m de altura (U₂) e precipitação pluviométrica mensal, dados registrados no período do experimento, de junho a outubro de 2010 – Campinas, SP, CEPAGRI – FEAGRI/UNICAMP, 2010.

Meses	T (°C)	UR (%)	U ₂ (m s ⁻¹)	P (mm)
Junho	25,0	56,68	0,27	24,8
Julho	26,2	56,90	1,84	57,0
Agosto	27,6	49,10	2,14	0,0
Setembro	28,9	64,10	3,64	74,5

Este trabalho constituiu-se de três etapas. Na primeira, no mês de dezembro de 2009, foi implantada no talhão defronte área onde o ensaio foi conduzido, a cultura do milho (*Zea mays*) para a formação da cobertura morta que seria utilizada no ensaio experimental. Na segunda etapa foram realizadas as coletas das amostras de solo e a análise química desse material para identificar a concentração dos elementos contidos no solo, foi realizado nessa fase o preparo das parcelas experimentais para a implantação da cultura do feijão.

Na terceira e última etapa, de 01 de junho a 17 de setembro de 2010, foram executados os trabalhos de semeadura, instalação do sistema de irrigação, acompanhamento e coleta de dados durante o ciclo do feijão. O ciclo compreendeu 95 dias desde a semeadura até a colheita. Para a caracterização química do solo, foram coletadas amostras, 10 dias antes da instalação do experimento. A fertilidade foi avaliada em Laboratório credenciado no programa de Análise de Fertilidade do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Foi coletada uma amostra composta a partir de 3 sub-amostras por parcela nas áreas em que foram implantados os tratamentos (lâminas de evapotranspiração da cultura) estudados na profundidade de 0,20 m. Além da fertilidade também se verificou outras características de interesse, como pH, acidez total, soma de bases, capacidade de troca catiônica e a saturação por bases, conforme Tabela 3. Com base nos resultados da análise química do solo, foi determinada a adubação para a implantação da cultura do feijão, com mais duas aplicações de nitrogênio aos 30 e 60 dias após a emergência.

Tabela 3 - Caracterização física e química do solo da área experimental.

Propriedades Físicas									
Camada (m)	Densidade do Solo (kg.dm ⁻³)	Porosidade Total (%)	Granulometria (g kg ⁻¹)						
			Argila	Silte	Areia				
0 - 0,15	1,3	56,6	559,0	248,0	192,0				

Propriedades Químicas									
Camada (m)	pH (CaCl ₂)	P (mg dm ⁻³)	M.O. (%)	F ₂ O ₃ (%)	H+Al	K	Ca	Mg (mmol)	V(%)
0 - 0,15	5,4	38,0	3,4	21,3	3,0	4,2	28,6	8,0	75,0

4.2 Parcelas Experimentais e Delineamento experimental

As variáveis independentes de estudo nessa pesquisa foram duas: 3 lâminas de irrigação e 3 níveis de cobertura morta sobre o solo. Os tratamentos com as lâminas de irrigação foram: L₁=0% da evapotranspiração de referência, ou seja, nenhuma aplicação de água; L₂=50% da evapotranspiração de referência e L₃=100% da evapotranspiração de referência. Os três níveis de cobertura morta avaliados foram 0 Mg ha⁻¹; 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com três repetições no esquema fatorial (3 x 3 x 3), constituindo-se de três lâminas, três cobertura e três repetições, totalizando 9 tratamentos em cada bloco e, como os tratamentos foram dispostos em 3 blocos ou (repetições) o total de parcelas foi 27. Cada parcela experimental apresentava uma área útil de 9 m², sendo 3 m de largura e 3 metros de comprimento, espaçados de 2 m como mostra a Figura 1.

4.3 Formação da cobertura morta

Em dezembro de 2009 foi implantada na área experimental da Feagri-Unicamp a cultura do milho (*Zea mays*), para a formação da cobertura morta, após a colheita, as plantas de milhos foram trituradas (triturador estacionário), de maneira a formar uma massa vegetal homogênea, formando um resíduo composto por folhas e, principalmente, por colmos, posteriormente essa cobertura foi pesada e distribuída uniformemente na área constituindo cada tratamento estudado (0 Mg ha⁻¹; 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹) nas lâminas avaliadas.

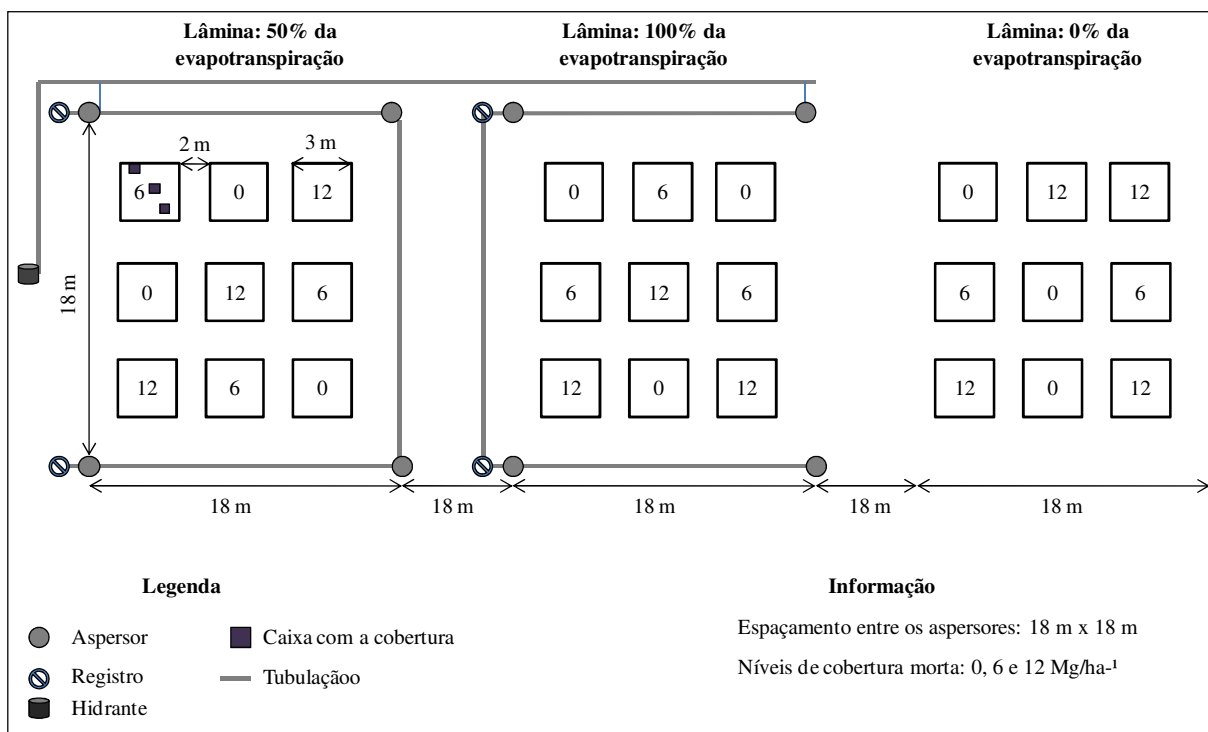


Figura 1- Esquema da área experimental representando o sistema de irrigação e parcelas com quantidades diferentes de cobertura morta.

4.4 Condução da cultura instalação e manejo do sistema de irrigação

A cultura utilizada nessa pesquisa foi o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Pérola, tipo carioca, procedente da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Essa cultivar apresenta pouca incidência de pragas e doenças, as plantas têm hábito de crescimento indeterminado (entre os tipos II e III); porte semiereto; ciclo 90 dias; média de 46 dias para a floração; flor branca; vagem verde, levemente rosada na maturação e vagem amarelo-areia na colheita, com 0,43 m de altura em média, porte prostrado, folhas verdes-claras, flores brancas, vagens e grãos de tamanho médio.

A semeadura ocorreu no dia 01 de junho de 2010, o espaçamento adotado foi de 0,45 m entre linhas e 10 plantas por metro linear, correspondendo a uma densidade de plantio de aproximadamente 222.000 plantas por hectare. A profundidade de semeadura foi de 0,03 m da superfície do solo, e em virtude das baixas temperaturas do ar nesse período, a germinação retardou, sendo verificada em toda a área no dia 15 de junho. A colheita foi realizada aos 92 dias após a emergência em 23 de setembro.

A adubação de semeadura foi 400 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 120 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, aplicada a 0,05 m abaixo e ao lado da semente. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 e aos 60 dias após o plantio com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de uréia nos dois períodos, aplicada manualmente a uma distância lateral de aproximadamente 0,20 m da linha da cultura.

O controle das plantas infestantes para a implantação do ensaio foi realizada em 14/05/2010 com aplicação de Roundup na dose de 4.0 L ha⁻¹. No decorrer do ensaio o controle das plantas indesejadas foi realizado manualmente de maneira que a cultura esteve sempre isenta de competidoras.

A aplicação de água foi realizada com o auxílio de um sistema de irrigação por aspersão convencional, constituído de oito aspersores Agropolo NY 30 com bocais de 6,2 mm x 4,60 mm (longo vermelho) operando a uma pressão de 40 mca (pressão de serviço recomendada pelo fabricante), espaçados de 18 m x 18m, produzindo um raio de alcance de 18 m, uma intensidade de aplicação de 12,56 mm/h e vazão 4,07 m³ h⁻¹. Os aspersores foram fixados nos vértice de cada área amostral e na base de subida do tubo de cada aspersor foi instalado um regulador de pressão de 40 mca para que a pressão no momento da aplicação de água fosse monitorada e homogênea.

O manejo da irrigação foi realizado pelo turno de rega variável, baseado na reposição da lâmina de água evapotranspirada, estimada pela evapotranspiração de referência e o coeficiente da cultura (Kc) ao longo do ciclo do feijoeiro, que compreende os estádios de Desenvolvimento vegetativo (DV); Florescimento (FL); Enchimento de grãos (EG) e Maturação fisiológica (MF).

A lâmina de irrigação foi calculada utilizando a evapotranspiração de referência (E_o) gerada pelo Tanque Classe A, um evaporímetro no qual a evapotranspiração de referência é obtida pelo produto da evaporação do tanque (E_v) pelo coeficiente (K_p) do tanque, expressa conforme a equação (1) (DOORENBOS e PRUIT, 1984), já a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) do feijão foi obtida a partir da equação (2), utilizando os valores de coeficiente da cultura segundo a Tabela 4. A evaporação do tanque é simplesmente a altura de água evaporada por dia medida através de um poço tranquilizador com micrômetro de gancho.

$$E_{T_0} = E_v \times K_p \text{-----(01)}$$

Onde:

ET₀ - evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹];

Ev- evaporação do tanque classe “A” [mm dia⁻¹];

K_p - coeficiente do tanque [adimensional]

$$ET_c = ET_0 \times Kc \text{-----}(02)$$

Em que:

ET_c - evapotranspiração da cultura [mm dia⁻¹];

ET₀ - evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹];

K_c- coeficiente da cultura [adimensional]

Tabela 4 - Valores da evapotranspiração média (ET_c m) em mm, evapotranspiração de referência (ET₀) em mm e o coeficiente de cultura (K_c) utilizado para cada fase da cultura do feijoeiro Feagri/Unicamp

D.A.E.	Estádio	ET _c m	ET ₀	K _c
16 a 23	DV	2,2	3,56	0,62
24 a 35	DV	0,98	1,36	0,73
36 a 42	FL	4,14	3,77	1,10
43 a 49	FL	4,15	5,26	0,79
50 a 56	FL	6,98	4,99	1,40
57 a 63	EG	6,19	4,46	1,38
64 a 70	EG	4,18	5,74	0,73
71 a 79	MF	4,64	4,71	0,99

Dv – Desenvolvimento vegetativo; FL-Florescimento; EG- Enchimento de grãos; MF-Maturação fisiológica

Após sua implantação, o sistema de irrigação foi avaliado por meio da determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), realizado através da utilização de coletores em uma malha regular de 1 m x 1 m. O sistema de irrigação foi acionado durante

uma hora, logo após, foi medida a quantidade de água em cada coletor para a posterior quantificação da lâmina d'água aplicada durante o ensaio.

A precipitação média a partir do CUC obtida pelo sistema de irrigação foi de 9,26 mm h⁻¹, servindo de base para o cálculo do tempo de irrigação. Para a determinação do CUC no solo foi utilizada a equação (4) descrita por CHRISTIANSEN (1942).

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum Z_i - \bar{Z}}{\bar{Z} N} \right] \text{-----(4)}$$

Onde:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, (%);

Z_i - lâmina coletada no pluviômetro i, (mm);

\bar{Z} - lâmina média, (mm);

N - número total de coletores.

O valor do coeficiente de uniformidade na superfície foi de 75,9% e 74,9% para a área onde a lâmina aplicada seria 50% e 100%, respectivamente. O tempo de aplicação de água foi determinado logo após a instalação do sistema de irrigação, pela quantificação do volume de água coletado nos coletores que foram distribuídos na área numa malha 1m x 1m por parcela durante a avaliação do coeficiente de uniformidade.

4.5 Parâmetros de desenvolvimento da cultura

Foram avaliados ao longo do ciclo alguns aspectos morfológicos das plantas como área foliar, altura de plantas e matéria seca, para avaliar esses parâmetros foram coletadas três plantas de cada parcela nos tratamentos (lâminas) estudados.

4.5.1 Índice de Área Foliar

As estimativas do índice de área foliar foram realizadas aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) utilizando-se o medidor Marca Li-Cor, modelo 3100, que estima a área foliar total de cada planta em cm², segundo metodologia utilizada por GUIMARÃES et

al. (2002) e PAVANI et al. (2009). Pela relação da área foliar e a superfície correspondente do terreno ocupado pela respectiva planta, determinou-se o índice de área foliar (IAF) em $m^2 m^{-2}$, segundo metodologia utilizada por URCHEI et al. (2000).

4.5.2 Altura de plantas

A altura foi determinada nas mesmas plantas amostradas para a avaliação do índice de área foliar, a altura foi obtida pela medida da distância vertical entre o colo da planta (considerando como referência a superfície do solo) e o ponto de inserção da última folha utilizando uma régua graduada. As leituras foram realizadas em três plantas de cada parcela, (dos 15 aos 90 DAE) sendo a média entre elas, o valor considerado da parcela.

4.5.3 Matéria seca

A massa seca total de plantas foi avaliada quinzenalmente (dos 15 aos 90 DAE) utilizando as mesmas plantas amostradas para avaliar a altura de plantas e o índice de área foliar. As plantas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa com circulação de ar a, aproximadamente 70 °C até peso constante. Em seguida, foram pesadas em balança com resolução de 0,01g a massa total da parte aérea da planta, constituída pela haste, folhas e vagens.

4.6 Componentes de produção

Foram analisados, após a colheita, os principais aspectos produtivos da cultura, a produtividade dos grãos, o número médio de vagens por planta e o número médio de grãos por vagem, em todas as plantas das três linhas centrais de cada parcela.

4.6.1 Produtividade de grãos

Foi obtida a partir da massa de grãos colhidos nas três linhas centrais da parcela e, posteriormente, transformada em $Mg ha^{-1}$, e corrigida para 12% de umidade, segundo metodologia indicada por AZEVEDO (1984).

4.6.2 Número médio de vagens por planta

Foi determinado a partir do somatório de vagens de todas as plantas contidas nas três linhas centrais de cada parcela, e o resultado, dividido pelo número de plantas, conforme a metodologia adotada por LOUREIRO et al. (1990).

4.6.3 Número médio de grãos por vagem

Contaram-se os números das vagens de todas as plantas das três linhas centrais de cada parcela dentro dos tratamentos avaliados, e o resultado, dividido pelo número de vagens das linhas, os grãos foram obtidos das vagens utilizadas para a estimativa do item anterior (LOUREIRO et al. 1990).

4.7 Monitoramento da Temperatura

As leituras de temperatura e umidade foram obtidas em baixo de cada caixa com a cobertura morta durante o desenvolvimento da cultura do feijão nas profundidades 0,05 cm e 0,15 cm em dois períodos (9:00 horas e 14:00 horas) utilizando o termômetro Soloterm 1200, segundo metodologia executada por (SAÉNS, 2008) de acordo com as irrigações, no entanto, as leituras de umidade serão obtidas apenas na profundidade de 0,15 cm.

4.7 Monitoramento da Capacidade de Armazenamento de Água da Cobertura Morta

Para a estimativa da capacidade de armazenamento de água da cobertura morta foram colhidas amostras representativas da cobertura morta de milho, de cada um dos tratamentos, essas amostras foram levadas à estufa por 24 horas a 65 °C para a retirada completa da umidade e depois colocada nas caixas. Na área de cada tratamento estudado foram dispostas três caixas com uma quantidade de cobertura morta proporcional ao do tratamento.

Para avaliar capacidade de armazenamento da água pela cobertura morta em condições de campo, uma caixa para conter a cobertura foi desenvolvida no laboratório de hidráulica e irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas com base em metodologia utilizada por (MACIEL e VELINE, 2005). Essa caixa é confeccionada em nylon e armadura de ferro com 25,0 cm de largura, 30,0 cm de comprimento e 5,0 cm de

altura. As pesagens das caixas com a cobertura morta foram realizadas seguindo metodologia adaptada de (SILVA et al. 2006) antes da irrigação, duas horas após, e vinte e quatro horas depois da irrigação.

4.8 Monitoramento da Umidade do Solo

A umidade volumétrica do solo foi determinada em 3 pontos por tratamento pela medida da constante dielétrica do solo, usando a técnica da TDR (Reflectometria no domínio do tempo), que se baseia no efeito do teor de água no solo sobre a velocidade de propagação de pulsos de microondas em cabos condutores envoltos por solo. Foram utilizadas sondas de TDR comuns com três hastes contínuas de 0,20 m de profundidade, para mostrar os valores de água estimada no solo (SOUZA et al. 2001) esse monitoramento do conteúdo de água foi realizado em baixo de cada caixa com a cobertura morta.

4.9 Monitoramento da Decomposição da Cobertura Morta

Para o monitoramento das taxas de decomposição da cobertura morta foi empregado o método das bolsas de decomposição segundo a metodologia utilizada por TORRES et al. (2005) e KLIEMANN et al. (2006). A cultura do milho foi cortada na fase de maturação de grãos, as plantas de milho foram cortadas e trituradas em um triturador estacionário, posteriormente as amostras de cobertura morta de milho foram acondicionadas em sacos de decomposição confeccionado com Nylon, (litter bag). A quantidade de material alocada dentro de litter bag foram proporcionais aos tratamentos avaliados. A retirada das litter bags para a avaliação da perda de massa do resíduo foi realizada aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência. Após a retirada as litter bags eram levadas para o laboratório, lavados em água corrente para a retirada de solos e pequenas plantas infestantes para a secagem em estufa a 65°C por 24 horas e posterior pesagem, segundo metodologia utilizada por KLEIMANN et al. (2006) (Figura 2).



Figura 2 – Sacos para avaliar percentual de decomposição.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais aplicou-se um modelo matemático exponencial, descrito por THOMAS e ASAKAWA (1993) e utilizado por BOER et al. (2008):

$$P = P_0 * \exp(-k * t) \text{-----}(07)$$

Em que:

P é a fração do resíduo inicial existente no tempo t;

P₀ é a proporção do resíduo potencialmente decomponível;

K é a constante de decomposição do resíduo.

4.10 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados utilizando delineamento em esquema fatorial em blocos inteiramente casualizados. Foi efetuada a análise exploratória dos dados por tratamento, e verificada a normalidade dos dados pelo teste de SHAPIRO-WILK (1965).

A variabilidade do conjunto de dados, expressa pelo coeficiente de variação (CV%), foi verificada de acordo com os critérios de WARRICK e NIELSEN (1980), que indicam como sendo de baixa variabilidade coeficiente de variação inferior a 12%, de média variabilidade coeficiente de variação igual ou superior a 12% e inferior a 60%, e de alta variabilidade coeficiente de variação superior a 60%.

Também foi realizada análise de variância pelo teste F, com comparação de médias pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Para realização das análises, foi utilizando o programa computacional SAS (SAS Institute, 1990).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros de desenvolvimento da cultura

Para avaliar o efeito das três lâminas de irrigação (0%, 50% e 100% da evapotranspiração) e os três níveis de cobertura do solo (0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹) sobre o desenvolvimento vegetativo do feijoeiro irrigado, foram analisados alguns parâmetros de desenvolvimento da cultura, como: o índice de área foliar (IAF), altura de plantas e massa da matéria seca da parte aérea da planta durante todo o ciclo do feijão.

5.1.1 Índice de área foliar

A área foliar da cultura é, em geral excelente indicador da capacidade fotossintética da planta, e a sua determinação é importante para os estudos de nutrição, competição e relações solo-água-planta (BENINCASA et al., 1976). De acordo com VIEIRA JÚNIOR et al. (1998), uma redução do índice de área foliar útil diminui a área fotossintética ativa, com consequente redução na produção de fotoassimilados.

Os resultados das análises de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) dos valores de índice de área foliar estão apresentados na Tabela 5. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas dos índices de área foliar em função da lâmina de água aplicada e dos níveis de cobertura morta sobre o solo em todos os períodos avaliados (DAE). A interação entre lamina e cobertura foi significativa nos períodos correspondentes aos dias 30, 45, 60, 75 e 90 DAE, exceto aos 15 DAE. De modo geral, percebe-se que existe um efeito das lâminas versus coberturas sobre o índice de área foliar da cultura do feijoeiro e vice-versa.

Tabela 5 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de Índice de area foliar (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Índice de area foliar					
	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE
Lamina	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Cobertura	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,15 ns	0,002*	0,0001*	0,0005**	0,0001**	0,028*
CV (%)	26,73	26,47	15,43	21,15	25,54	42,18

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo; DAE-dias após a emergência

Observando-se os coeficientes de variação (CV%) na Tabela 5, constata-se que, para o IAF as lâminas de evapotranspiração da cultura (0%, 50% e 100%) apresentaram ao longo de todo o ciclo do feijão, dos 15 aos 90 dias após a emergência, variabilidade média, com CV compreendido entre 12% e 60%.

Os resultados da análise de variância (Tabela 5) mostram haver diferenças significativas dos índices de área foliar em função da lâmina aplicada e dos níveis de cobertura morta sobre o solo (0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Observa-se de acordo com a Tabela 6, que em todos os períodos de avaliação o IAF foi maior para combinação de lâmina (100%) e cobertura com 12 Mg ha⁻¹ contrapondo com o menor valor de IAF proporcionado pela aplicação da lâmina 0% de evapotranspiração da cultura, ou seja, o tratamento sem irrigação com a condição de solo descoberto, 0 Mg ha⁻¹ de cobertura.

Verifica-se que para o solo sem cobertura não ocorreu diferença significativa entre as lâminas aplicadas no primeiro período de avaliação, ou seja, independente da quantidade de água aplicada com a ausência de cobertura o IAF foi praticamente igual, no entanto, nos outros períodos de avaliação, a diferença proporcionada pelas lâminas com a utilização de solo descoberto fica bem mais evidente, principalmente aos 60 e 75 dias após a emergência (período do florescimento e enchimento de grãos). Com a utilização de 6 Mg ha⁻¹ de cobertura do solo os valores de IAF foram diferentes estatisticamente entre as três lâminas no segundo e no quarto período de avaliação, sendo que o tratamento sem aplicação de água se diferiu das lâminas correspondentes a 50% e 100% da evapotranspiração da cultura.

A mesma tendência foi observado para o maior nível de cobertura de solo, 12Mg ha⁻¹, onde a reposição de 100% da água evapotranspirada proporcionou valores de índices de área foliar diferentes estatisticamente dos encontrados nas lâminas correspondentes a 0% e 50% da evapotranspiração da cultura. Em 12 Mg ha⁻¹ de cobertura do solo foi verificado o maior IAF, tais resultados concordam com CHIEPPE JÚNIOR et al. (2007), esses autores verificando os efeitos de níveis diferentes de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado em sistema plantio direto, afirmaram que existe influência dos níveis de cobertura de solo sobre o crescimento e produtividade do feijoeiro, os autores verificaram que o tratamento com 100% de cobertura de solo, que no estudo correspondia a 9 Mg ha⁻¹, apresentou os maiores valores do índice de área foliar, como justificativa explicaram que

maior proteção de solo confere menores perdas por evaporação, ocasionando menor variação da tenção de água no solo e propiciando melhor desenvolvimento da parte aérea.

Tabela 6 - Valores médios de Índice de área foliar em m.m² nos diferentes tratamentos durante o ciclo da cultura do feijoeiro irrigado em função das lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura do solo.

1º período - 15 Dias após a emergência Desenvolvimento Vegetativo				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,04bA	0,09abB	0,14aB	33,57
50	0,09bA	0,25aA	0,27aAB	22,88
100	0,18aA	0,21aA	0,32aA	32,46
CV (%)	54,96	21,15	26,54	-
2º período - 30 Dias após a emergência Desenvolvimento Vegetativo				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,04bB	0,12abC	0,25aB	45,00
50	0,19bAB	0,54bB	1,22aA	27,16
100	0,45cA	0,92bA	1,40aA	19,27
CV (%)	48,25	21,64	21,32	-
3º período - 45 Dias após a emergência Florescimento				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,15bB	0,30bB	0,55aB	23,03
50	0,19bB	0,54bB	1,21aB	27,16
100	1,31cA	3,12bA	3,93aA	9,58
CV (%)	20,74	7,42	15,40	-
4º período - 60 Dias após a emergência Florescimento/Enchimento de grãos				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,11aC	0,25aC	0,76aB	73,74
50	1,12bB	2,77abB	4,34aA	25,41
100	2,05cA	3,59bA	5,88aA	7,85
CV (%)	20,56	10,65	20,19	-
5º período - 75 Dias após a emergência Enchimento de grãos				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,07aC	0,19aB	0,30aB	71,54
50	0,87bB	2,26aA	3,17aA	20,53
100	2,33aA	2,83aA	3,70aA	21,45
CV (%)	26,33	39,03	9,50	-
6º período - 90 Dias após a emergência Maturação Fisiológica				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Laminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,03bB	0,06abB	0,10aB	44,14
50	0,22bB	0,48abB	1,36aA	54,55
100	0,93bA	1,40abA	2,27aA	26,90
CV (%)	53,15	41,58	35,54	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

O CV do tratamento sem aplicação de água é muito alto em todos os períodos de avaliação, isso pode ser atribuído à desuniformidade das plantas desse tratamento, ou seja, a condição de cequeiro conciliado com os três níveis de cobertura de solo propiciaram desenvolvimento diferenciado das plantas.

Quando se avalia o efeito das lâminas em relação aos níveis de cobertura, observa-se que para o tratamento sem irrigação (0% da evapotranspiração da cultura) o maior valor de IAF foi verificado com a utilização de 12 Mg ha⁻¹ de cobertura, verifica-se também que o IAF proporcionado por essa condição de cobertura de solo foi igual ao encontrado quando se utilizou 6 Mg ha⁻¹ em quase todo o ciclo da cultura diferindo apenas na fase de florescimento. Ainda analisando os valores de IAF proporcionado por esta lâmina, verifica-se que no quarto e no quinto período de avaliação não houve diferença entre os três níveis de cobertura do solo. A lâmina de 50% apresentou a mesma tendência com maior IAF para 12 Mg ha⁻¹ de cobertura de solo.

Em relação a lâmina 100% não foi observado diferença estatística entre os níveis de cobertura apenas no primeiro e quinto período de avaliação, mesmo 12 Mg ha⁻¹ não diferiu das demais coberturas 0 Mg ha⁻¹ e 6 Mg ha⁻¹, porém, no segundo, terceiro e quarto períodos de avaliação (aos 30, 45 e 60 DAE), a lâmina de irrigação correspondente a aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração mostrou resultados diferentes estatisticamente a nível de 1% de probabilidade para o índice de área foliar em todas as quantidades de coberturas utilizadas.

Durante todo o ciclo da cultura os maiores valores de IAF foram constatados nas plantas que receberam maiores quantidades de água no florescimento, 3,93 m.m⁻², e enchimento de grãos, 5,88 m.m⁻², com a combinação da aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura e a utilização de 12 Mg ha⁻¹ de cobertura de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por GOMES et al. (2000), em condições irrigadas, sendo os valores máximos de IAF 7 m.m⁻² para a cultivar Negro Argel, 6,8 m.m⁻², para a cultivar Carioca e 8,6 m.m⁻², para a cultivar A 320. RESENDE et al. (2002) encontraram resultados inferiores, esses autores estudando a uniformidade de aplicação de água, variáveis de produção e índice de área foliar da cultivar feijão Iapar 57, obtiveram 3,24 m.m⁻² de IAF aos 70 DAE (enchimento de grãos), Já PAVANI et al. (2009), também no período de enchimento de grãos encontraram valores de IAF variando entre 3,5 e 4,4 m.m⁻². RESENDE et al. (2004), buscando perceber a influência de lâminas diferentes e a uniformidade de aplicação de água na produção do feijão

verificaram 4,32 m.m⁻² de IAF na máxima uniformidade e aplicação da lâmina máxima exigida pelo feijoeiro irrigado.

Realizando uma análise de crescimento da cultivar de feijão Perola em quatro densidades de sementeira, JAUER et al. (2003), perceberam não ter havido diferença significativa no IAF entre os tratamentos, apresentando um valor médio de 4,77 m.m⁻², de acordo com os autores a cultivar atingiu valor máximo de IAF de (6,7 m.m⁻²), no período de formação de vagens aos 48 DAE.

Os valores médios do índice de área foliar no tempo, ou seja, durante o ciclo da cultura do feijão apresentados na Figura 3, mostram que na primeira avaliação aos 15 DAE, as lâminas de irrigação (L1-0%, L2-50% e L3-100% da evapotranspiração da cultura) e as diferentes condições de cobertura do solo (0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹) não provocaram efeitos sobre o índice de área foliar das plantas, verifica-se também que quanto maior a lâmina de aplicação de água e maior quantidade de cobertura de solo, maiores são os índices de área foliar da cultura, no entanto, a partir dos 75 DAE (enchimento de grãos), a área foliar das plantas diminui consideravelmente (Tabela 6). Em trabalho realizado por MONTEIRO (2007), o valor máximo do índice de área foliar foi verificado aos 60 dias após a sementeira (8,32 m.m⁻²) no início da fase de formação das vagens.

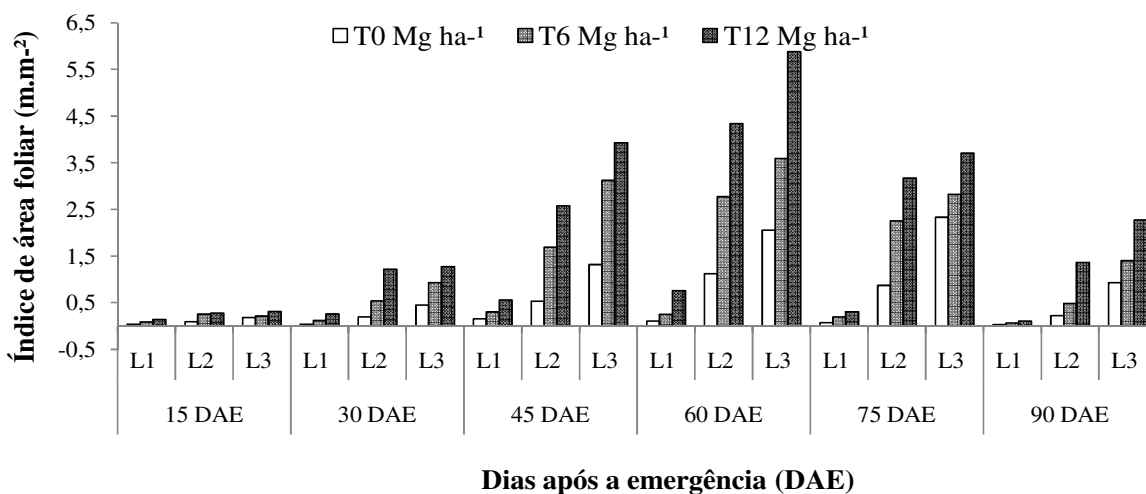


Figura 3 - Variação do índice de área foliar das plantas (m.m⁻²) durante o ciclo da cultura do feijão; L1 = aplicação de 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura; L2 = aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura e L3 = aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

5.1.2 Altura de plantas

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de altura de planta estão apresentados na Tabela 7. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. A interação entre lâmina e cobertura foi significativa nos dias 15, 60 e DAE, no entanto, essa interação não foi significativa no segundo e terceiro período de avaliação aos 30 e 45 dias após a emergência.

Tabela 7 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de altura de planta (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Altura de plantas					
	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE
Lamina	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Cobertura	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Lamina x cobertura	0,01**	0,09 ns	0,06 ns	0,01**	0,03*	0,7ns
CV (%)	5,06	11,02	12,38	6,94	7,59	11,25

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo; DAE dias após a emergência

Os valores médios da altura de plantas na Tabela 8 mostram que, em todos os períodos avaliados, o melhor desempenho no desenvolvimento das plantas quanto a altura foi proporcionado a partir da combinação da lâmina 100% da evapotranspiração da cultura com o maior nível de cobertura morta 12 Mg ha⁻¹. Percebe-se que no primeiro período as plantas tiveram melhor desempenho quanto à altura quando se aplicou 50 e 100% da lâmina de evapotranspiração, nota-se também que a ausência de irrigação promoveu menor crescimento das plantas e que as alturas de plantas foram diferentes na lâmina 0% da evapotranspiração da cultura (ausência de irrigação) quando se altera o percentual de cobertura morta, no entanto, nessa mesma lâmina verifica-se que as coberturas 6 e 12 Mg ha⁻¹ não diferiram estatisticamente com valores iguais a 15,17 e 15,51 cm, respectivamente. Em trabalho realizado por MONTEIRO (2007) analisando os efeitos das lâminas de irrigação e da adubação nitrogenada no comportamento espectral da cultura do feijão, encontrou resultados inferiores, 10,67 cm, aos 18 dias após a emergência das plantas, nesse estudo a autora não encontrou diferença entre as lâminas de irrigação aplicadas durante esse período de avaliação.

A lâmina de aplicação corresponde a 50% da evapotranspiração mostrou valores diferentes de alturas de plantas, em todas as coberturas utilizadas, no primeiro período de

avaliação, já quando se aplica 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura não há diferença na altura das plantas entre as coberturas, ou seja, no primeiro estágio de desenvolvimento da cultura do feijoeiro se fornecer a quantidade de água que a cultura exige as plantas terão o mesmo desempenho independente do percentual de cobertura sobre o solo.

A ausência de irrigação proporcionou valores diferentes de altura de plantas em todos os níveis de coberturas estudados, nesse tratamento percebe-se que as coberturas 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e que o melhor desempenho no crescimento das plantas foi proporcionado pela cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹.

Quanto aos níveis de cobertura morta sobre o solo houve uma evidência clara de aumento na altura de plantas com o acréscimo da quantidade de cobertura de solo, esse crescimento das plantas foi ainda mais pronunciado quando se combinou os maiores níveis de cobertura de solo com a ampliação da lâmina de água aplicada. MONTEIRO (2007), a partir dos 26 dias após a semeadura até aos 49 dias após a semeadura, verificou um aumento expressivo na altura de plantas nas parcelas que receberam maiores lâminas de água, atingindo um valor máximo de 57,4 cm de altura no tratamento que se aplicou 406,2 mm.

No segundo período a lâmina correspondente à 0% da evapotranspiração da cultura proporcionou semelhança estatística entre as coberturas 6 e 12 Mg ha⁻¹ diferindo apenas quando o solo está descoberto, o mesmo aconteceu com a aplicação das lâminas 50 e 100% de evapotranspiração da cultura.

Percebe-se que no solo sem cobertura as lâminas 0 e 50% não diferiram estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, no entanto, nesse mesmo nível de cobertura do solo a aplicação de 100% da quantidade de água que a cultura exige apresentou o maior valor de altura de plantas. O nível de cobertura correspondente a 6 Mg ha⁻¹ proporcionou diferença estatística nas alturas de plantas nas três lâminas estudadas, no primeiro e segundo período de avaliação, nos demais períodos avaliados não houve diferença na altura de plantas entre 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹.

No terceiro período o maior valor de altura de plantas foi verificado com a combinação da lâmina correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura com o nível de cobertura igual à 12 Mg ha⁻¹. Conforme os resultados encontrados na Tabela 8, nota-se que a aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração não promoveu diferença significativa na altura de plantas nas coberturas 6 e 12 Mg ha⁻¹, no entanto, essas foram diferentes

estatisticamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, o mesmo ocorreu quando se aplicou 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

Em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura, à medida que se aumentou os níveis de cobertura depositada sobre o solo verificou-se acréscimo da altura de plantas, em todos os períodos de avaliação. Os maiores valores de altura de plantas foram verificados aos 60 DAE, com a aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura com a utilização de 12 Mg ha^{-1} (61,81 cm). Esse resultado foi inferior ao obtido por MEIRA et al. (2005), os quais testando doses e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado, obtiveram altura média de 80,8 cm e inferior aos verificados por SOUZA et al. (2003). Esses autores em experimento com cultivar Pérola e Carioca, obtiveram altura de planta de 92 cm e 70 cm para a safra das águas e das secas, respectivamente. Já VALÉRIO et al. (1999), testando três cultivares de feijão, Aporé, Pérola e carioca, no que diz respeito a melhor combinação de espaçamento entre linhas e população de plantas, encontraram médias de altura de plantas de 36 cm.

Tabela 8 - Valores médios de altura de plantas nos diferentes tratamentos durante o ciclo da cultura do feijoeiro irrigado.

1° período - 15 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	4,09bC	8,47aC	9,20aB	4,83
50	10,94cB	13,60bB	15,69aA	5,08
100	14,20aA	15,17aA	15,51aA	5,28
CV (%)	10,32	2,65	2,26	-
2° período - 30 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	7,00bB	9,06abC	11,32aB	11,57
50	10,29bB	18,72aB	22,71aA	13,22
100	17,03bA	21,32abA	23,67aA	11,19
CV (%)	15,93	5,53	14,27	-
3° período - 45 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	9,48bC	14,46aB	17,68aB	11,54
50	22,03bB	35,13aA	41,99aA	14,98
100	31,04bA	36,50abA	40,72aA	8,59
CV (%)	12,81	15,74	9,02	-
4° período - 60 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	11,25bC	15,63abB	20,78aC	13,95
50	31,19bB	47,43aA	52,84aB	6,22
100	42,56cA	48,81bA	61,81aA	4,71
CV (%)	9,30	4,35	6,48	-
5° período - 75 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	11,67bC	17,70aB	19,20aB	10,85
50	37,96bB	50,78aA	52,90aA	4,85
100	46,55bA	49,28abA	57,78aA	8,71
CV (%)	5,85	7,60	9,18	-
6° período - 90 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	10,59bC	15,39abB	17,56aB	14,83
50	31,76aB	40,17aA	44,22aA	14,54
100	44,00bA	49,44abA	55,44aA	8,64
CV (%)	11,77	12,83	12,29	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

No quarto período de avaliação conforme mostra a Tabela 8 a aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura promoveu diferenças significativas entre os diferentes níveis de cobertura utilizados.

A Figura 4 mostra as variações temporais de altura de planta (AP) em cm durante o ciclo da cultura do feijão, percebe-se a partir da mesma que quanto maior a lâmina de aplicação de água e maior quantidade de cobertura de solo, maior a altura das plantas, verifica-se também que a partir dos 75 dias após a emergência as plantas diminuem consideravelmente a altura.

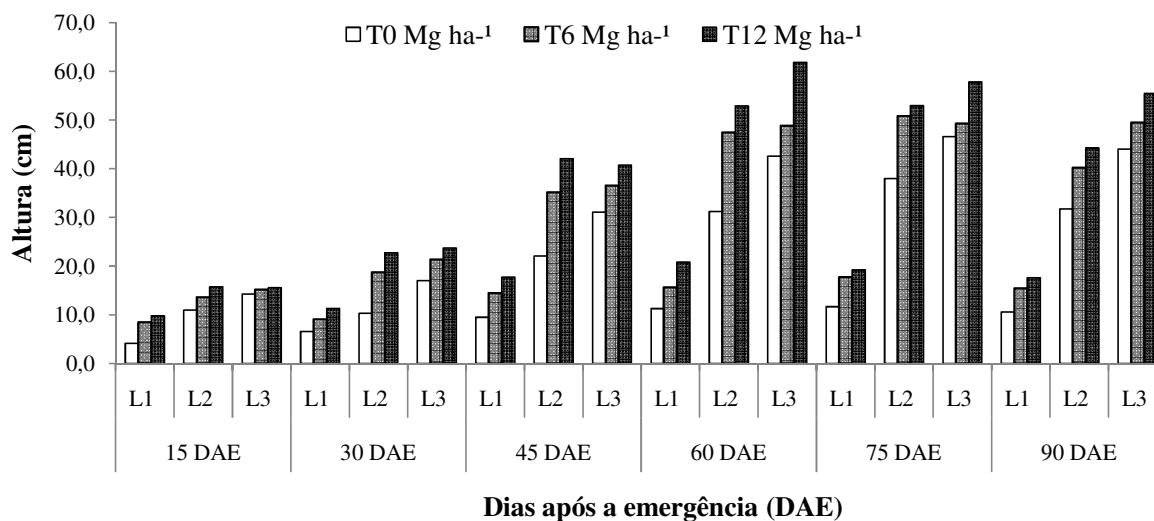


Figura 4- Variação da altura de plantas (cm) durante o ciclo da cultura do feijão; L1 = aplicação de 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura; L2 = aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura e L3 = aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

Os valores médios temporais de AP (Figura 4) mostram que, até os 30 DAE, as lâminas de irrigação e os níveis de cobertura morta utilizados provocaram efeitos pequenos sobre a altura da planta, trazendo pouca diferença entre os tratamentos estudados.

Já a partir dos 45 DAE (fase de vigor vegetativo) torna-se mais evidente o efeito das lâminas assim como o efeito das coberturas sobre a altura das plantas, percebe-se, por exemplo, que o nível de 12 Mg ha⁻¹ de cobertura do solo em todas as lâminas estudadas promoveu um melhor desempenho das plantas quanto a altura.

5.1.3 Massa seca

A massa seca da parte aérea das plantas é um dos parâmetros de desenvolvimento da cultura que serve como base para entender a produção final de grãos, pois, segundo URCHEI et al. (2000) e SORATTO et al. (2006) existe uma correlação significativa positiva entre

acúmulo de massa seca na parte aérea e na planta toda com a produção final de grãos, de acordo com esses autores, menor massa de planta pode produzir menor quantidade de fotoassimilados, o que pode traduzir em menor número de vagens produtivas por plantas, menor número de grãos por vagem, menor massa de grãos e conseqüentemente, em menor produtividade, ARF et al. (2004) e SORATTO et al. (2006), demonstraram que plantas mais robustas, com mais ramificações e que produzem maior número de estruturas reprodutivas, acarretam maiores produtividades de grãos.

Assim como o índice de área foliar e a altura de plantas, a massa seca foi avaliada em seis períodos de desenvolvimento das plantas. Assim como todas as outras variáveis a massa seca foi avaliada mediante a análise de variância envolvendo os efeitos dos fatores de lâminas de irrigação e níveis de cobertura de solo. Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de massa seca estão apresentados na Tabela 9. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. A interação lâmina x cobertura foi significativa nos dias 30, 45, 60, 75 e 90 DAE, no entanto, essa interação não foi significativa no primeiro período de avaliação aos 15 dias após a emergência.

Tabela 9 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de massa seca (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Massa seca					
	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE
Lâmina	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Cobertura	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**
Lamina x cobertura	0,14ns	0,01**	0,01**	0,01**	0,01**	0,05*
CV (%)	23,33	27,08	23,23	22,17	23,29	25,69

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo; DAE dias após a emergência

No período 1 a aplicação de 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura não proporcionou diferença significativa na massa seca da parte aérea das plantas entre as coberturas 0 e 6 Mg ha⁻¹, sendo significativamente diferente apenas da cobertura 12 Mg ha⁻¹, nota-se também que a aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração só promoveu diferença significativa com o solo sem cobertura, nas outras duas condições de coberturas de solo avaliadas, os valores de massa seca não diferiram significativamente a 5% probabilidade (Tabela 9). Já a lâmina correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura trouxe valores semelhantes em todas as coberturas estudadas nesse período, mostrando que aos 15 DAE o

aumento dos níveis de cobertura sobre o solo não proporciona diferença significativa na massa seca das plantas nessa lâmina.

Tabela 10 - Valores médios da massa seca das plantas nas diferentes lâminas correspondentes a 0%, 50% e 100% da evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.

1° período - 15 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,17bB	0,33abB	0,50aA	28,03
50	0,30bAB	0,73aAB	0,86aA	19,64
100	0,56aA	0,61aA	0,83aA	30,41
CV (%)	45,91	21,32	22,24	-
2° período - 30 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,16bB	0,40abC	0,83aB	39,76
50	0,46bAB	1,31aB	2,49aA	30,36
100	1,14bA	2,38aA	3,59aA	20,42
CV (%)	46,66	17,51	24,65	-
3° período - 45 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,55bB	1,04bB	2,11aC	17,69
50	1,78bB	6,58abA	9,32aB	37,89
100	4,47cA	11,25bA	12,94aA	7,02
CV (%)	23,75	34,80	7,81	-
4° período - 60 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0,0Mg ha ⁻¹	6,0Mg ha ⁻¹	12,0Mg ha ⁻¹	
0	0,65bC	1,35abB	4,02aB	56,94
50	5,93bB	17,30aA	26,65aA	24,56
100	11,19cA	19,56bA	30,71aA	10,98
CV (%)	25,07	13,92	20,55	-
5° período - 75 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,49aC	1,61aB	2,72aB	63,36
50	7,45cB	22,14bA	29,68aA	12,09
100	18,64aA	22,26aA	27,03aA	23,98
CV (%)	26,92	31,57	13,44	-
6° período - 90 Dias após a emergência				
Tratamento	Cobertura			CV (%)
Lâminas	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	0,36bC	1,51abC	1,88aB	47,62
50	6,98bB	14,91bB	29,37aA	24,04
100	20,90bA	30,45abA	38,99aA	18,39
CV (%)	18,49	27,40	22,21	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

No segundo período aos 30 dias após a emergência ainda na Tabela 10, verifica-se diferença significativa na lâmina correspondente a 0% da evapotranspiração da cultura quando se utiliza o solo sem cobertura morta, no entanto, não se evidencia diferença significativa entre as coberturas 6 e 12 Mg ha⁻¹ na mesma lâmina, percebe-se também nesse período que, a aplicação de toda a água que a cultura exige, promoveu maior quantidade de massa seca diferente do período anterior, onde a maior quantidade de massa seca foi encontrada no tratamento correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura. Esse fato de aumento da massa seca com o aumento de aplicação de água fica mais notável a partir do terceiro período.

De modo geral, conforme valores encontrados na Tabela 10 verifica-se que o tratamento sem irrigação apresentou as menores quantidades de massa seca no decorrer de todo o ciclo do feijoeiro, sendo que a partir dos 60 dias após a emergência essa lâmina de irrigação mostrou-se significativamente diferente das demais quanto a massa seca da parte aérea. Observa-se que da mesma forma que acontece com o índice de área foliar e a altura de plantas, a massa seca apresentou um acréscimo durante todos os períodos de avaliação à medida que se aumentou os níveis de cobertura depositada sobre o solo, em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura. URCHEI et al. (2000), analisando o crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação em sistema plantio direto e preparo convencional, concluíram que o sistema plantio direto aumentou a produção total de matéria seca das plantas de feijão, quando comparado ao sistema de plantio convencional.

Os maiores valores de massa seca foram verificados durante a maturação fisiológica com a aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura, 38,99 g, fato que concorda com as observações feitas por PAVANI et al. (2009), estes autores analisando o desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e de cultivo, verificaram que a partir dos 75 DAE, os valores de massa seca das plantas permaneceram sem alterações, perceberam ainda que os valores máximos foram atingidos entre 70 e 90 DAE, correspondendo a 26,98 g para plantio direto manejado pelo Tanque classe A e 27,61 g para plantio convencional também manejado pelo Tanque Classe A.

CHIEPPE JÚNIOR et al. (2007), verificando os efeitos de níveis diferentes de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado em sistema plantio direto, afirmaram que no tratamento com 100% de cobertura do solo, que no estudo correspondia a 9 Mg ha⁻¹, os valores máximos de massa seca foram encontrados até aos 69

DAE, nesse estudo os autores verificaram que a maior área foliar não resultou em maior massa seca.

5.2 Componentes de Produção

As características de produção analisadas para perceber o efeito das lâminas e dos níveis de cobertura morta sobre o solo foram: número de vagens por planta, número de grãos por plantas, número de grãos por vagem e produtividade de grãos.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de número de vagens por plantas, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produtividades de grãos (PG) estão apresentados na Tabela 11. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo, assim como na interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as quantidades de cobertura estudadas, praticamente, em quase todos os parâmetros de produção avaliados, exceto para o número de grãos por vagem.

De acordo com PAZ et al. (1997), o número de vagens por planta é um dos parâmetros que apresenta maior sensibilidade aos diferentes níveis de disponibilidade de água. LOUREIRO et al. (1990) e LIBARDI (1996) também afirmam que qualquer deficiência hídrica, nas fases críticas de florescimento e formação de grãos, compromete muito o rendimento produtivo da cultura, principalmente, com a redução do número de vagens por planta.

Tabela 11 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores do número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e produção no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Número de vagens/planta	Número de grãos/planta	Número de grãos/vagem	Produção
Lamina	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Cobertura	0,0001**	0,0001**	0,65ns	0,0001**
Lamina x cobertura	0,0001**	0,0001**	0,49ns	0,0001**
CV (%)	12,59	12,88	41,40	15,98

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

Com relação ao coeficiente de variação (CV%) apresentado na Tabela 11 para todos os componentes de produção, constata-se baixa variabilidade, com Cv compreendido entre 12% e 60%.

5.2.1 Números de vagens por plantas

Na Tabela 12 estão apresentados os números de vagens por plantas (NVP) nos tratamentos estudados e verificou-se através desses resultados que as plantas que apresentaram o maior número de vagens foram às cultivadas na lâmina correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura e utilizando 12 Mg ha⁻¹, apresentando uma média de 14,52 vagens por plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por SOUSA e LIMA (2010), avaliando a influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro Carioca comum, evidenciaram valores iguais a 6,83, 14,0, 13,56, 19,62 e 20,87 quando o déficit hídrico foi proporcionado durante o período vegetativo, pré-floração, plena floração, enchimento de grãos e maturação fisiológica, respectivamente. Em contrapartida, os resultados encontrados estão bem acima do verificado por SHIMADA et al. (2000), os quais estudando os componentes de rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais encontrou 8,27 vagens por plantas para a cultivar IAC-Bico de Ouro e 7,16 para a cultivar IAC-Carioca Pyatã. Já STONE e MOREIRA (2001) avaliando a resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura sob diferentes lâminas de irrigação e preparo do solo, verificaram valores da ordem de 12,6, 13,2 e 10,8 vagens por plantas para os tratamentos grade, arado e plantio direto, respectivamente, utilizando a cultivar Aporé.

Tabela 12 - Valores médios do número de vagens por plantas nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Cobertura			CV (%)
	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	-	-	-	-
50	4,94bB	6,87bB	9,76aB	11,38
100	9,26bA	9,60bA	14,52aA	9,56
CV (%)	20,69	9,29	9,43	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

Segundo TEIXEIRA et al. (2008), o componente do rendimento de grãos mais estreitamente relacionado com a produtividade de grãos é o número de vagens por plantas. O menor número de vagens por planta foi proporcionado pelo tratamento onde se aplicou 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura no solo sem cobertura vegetal (Tabela 12),

verificou-se ainda que, as duas lâminas 50 e 100% (da lâmina de evapotranspiração da cultura), só diferiram estatisticamente quando o nível de cobertura do solo foi igual à 12 Mg ha⁻¹, já quando se analisa a cobertura percebe-se que nessas duas lâminas de aplicação de água o número de vagens por planta não diferem quando as coberturas utilizadas forem 0 e 6 Mg ha⁻¹.

Resultados semelhantes foram obtidos por SILVEIRA et al. (2006), esses autores realizando experimento com feijoeiro irrigado cultivar Pérola, comparando diferentes sistemas de preparo do solo e rotação de culturas verificaram uma média de 10,8 vagens por planta. Os resultados também conferem com REZENDE et al. (2002) e JADOSKI et al. (2003). Já SOUZA et al. (2003) analisando a altura de plantas e os componentes de rendimento do feijoeiro em função de população de plantas encontrou 9,9 vagens por plantas com uma população de 120 mil plantas ha⁻¹.

5.2.2 Números de grãos por plantas

Com relação ao número de grãos por planta (NGP), percebe-se que houve diferença entre as lâminas de irrigação (0%, 50% e 100% da evapotranspiração da cultura) e entre as três condições de cobertura de solo (0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹). Observa-se de acordo a Tabela 13 que com a reposição de 100% da água evapotranspirada não há diferença entre o número de grãos por plantas nas diferentes quantidades de cobertura utilizadas sendo esses valores 43,27, 45,24 e 45,24 para os níveis de cobertura correspondentes respectivamente 0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, já a aplicação de 50% da evapotranspiração da cultura promoveu diferença estatística entre as coberturas com o maior valor alcançado, 42,75, em 12 Mg ha⁻¹, verifica-se também que com a utilização desse percentual de cobertura não houve diferença entre as lâminas 50% e 100% de evapotranspiração da cultura. SHIMADA et al. (2000) encontraram resultados semelhantes 44,46 grãos por plantas para o espaçamento de 0,60 m e 44,58 grãos por plantas com uma densidade de 8 plantas por metro linear. Já ARF et al. (2004), analisando o manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo do feijão em dois anos de avaliação verificaram no primeiro ano 54,5 grãos por plantas para a grade pesada e 48,7 no sistema plantio direto no segundo ano.

Tabela 13 - Valores médios do número de grãos por plantas nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Cobertura			CV (%)
	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	-	-	-	-
50	18,58bB	28,83bB	42,75aA	14,33
100	43,27aA	45,24aA	45,24aA	7,33
CV (%)	20,98	11,84	4,79	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

5.2.3 Números de grãos por vagens

Na Tabela 14 estão apresentados os valores médios do número de grãos por vagem (NGV), verifica-se de acordo com esses resultados que o NGV aumentou com as lâminas de irrigação. Segundo SORATTO et al. (2006), o número de sementes por vagem é uma característica varietal pouco influenciada pelo ambiente, no entanto, melhorando as condições de temperatura e umidade do solo promovidas pelo aumento na quantidade de água aplicada e acréscimo nos níveis de cobertura de solo, percebe-se ampliação no número de grãos por vagem. SANTOS et al. (2003) e ARF et al. (2004), observaram que o número de sementes por vagem foi influenciado pelas doses de N aplicadas em cobertura, indicando que uma melhor nutrição em N pode aumentar o número de óvulos fertilizados por vagem.

Tabela 14 - Valores médios do número de grãos por vagem nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Cobertura			CV (%)
	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	-	-	-	-
50	3,58abA	3,86aB	4,21aB	7,17
100	4,54aA	4,85aA	5,49aA	41,10
CV (%)	64,73	7,93	6,49	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

A partir dos resultados verifica-se que o maior de NGV 5,49 foi encontrado na maior lâmina de aplicação de água quando se utilizou 12 Mg ha⁻¹, enquanto que o menor valor foi de 3,58 no solo sem cobertura vegetal na reposição de 50% da lâmina de evapotranspiração da

cultura. BIZARI et al. (2009), estudando o consumo de água e produção de grãos pelo feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional na mesma área do experimento, encontraram valores em torno de 4 grãos por vagem.

O acréscimo do número de vagens por planta em função do aumento das lâminas de irrigação, também foi observado por MOREIRA et al. (1996), esses autores afirmaram que o número de grãos por vagem é o componente de produção mais afetado pela lâmina de água, segundo os autores isso acontece, principalmente quando a cultura está no período reprodutivo (florescimento), ou seja, a ocorrência de um déficit hídrico durante esse período irá provocar uma alta percentagem de abscisão das flores e o abortamento de óvulos, reduzindo, assim, o número de grãos por vagem da cultura.

Verifica-se ainda observando a Tabela 14 que em uma mesma lâmina não existe diferença significativa no número de grãos por vagem entre os níveis de cobertura utilizados, porém, em uma mesma condição de cobertura as três lâminas estudadas proporcionaram valores diferentes de número de grãos por vagem. Os maiores valores do número de grãos por vagem foram proporcionados com a aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura conciliado com 12 Mg ha⁻¹ de cobertura de solo, 5,49, 4,85 e 4,55 para 0, 6 e 12 Mg ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por ARF et al. (2004), e SHIMADA et al. (2000), esses autores verificaram valor médio de 4,88 NGV.

5.2.4 Produção de grãos

A produtividade de grãos foi influenciada pela quantidade de água aplicada, os diferentes cenários (0%, 50% e 100% da evapotranspiração da cultura) deram origem a produções que diferem entre si, como mostra os resultados apresentados na Tabela 15. Percebe-se que, tanto a lâmina correspondente a 50% da água evapotranspirada como na reposição de 100% da evapotranspiração da cultura, não houve diferença estatística na produtividade de grãos quanto ao cultivo no solo descoberto e com quantidade de cobertura equivalente a 6 Mg ha⁻¹, no entanto, elas diferiram estatisticamente entre si com a utilização de 12 Mg ha⁻¹ de cobertura morta sobre o solo.

A partir dos valores apresentados ainda na Tabela 15, verifica-se que mesmo reduzindo o fornecimento de água à metade, e, contudo, conduzindo a cultura com um

considerável percentual de cobertura sobre o solo (12 Mg ha⁻¹), a produção mostra-se dentro dos valores satisfatórios.

Tabela 15 - Produção média de grãos em kg ha⁻¹ nas diferentes lâminas de evapotranspiração na cultura do feijoeiro irrigado.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Cobertura			CV (%)
	0 Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	-	-	-	-
50	1,110bB	1,720bB	2,190aB	13,68
100	2,040bA	2,400bA	3,400aA	11,59
CV (%)	18,70	21,76	9,49	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

O valor máximo de produção média de grãos foi obtida na aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura com 12 Mg ha⁻¹ de cobertura morta sobre o solo, 3.700 kg ha⁻¹, como mostra a Tabela 15, esses resultados foram superiores aos verificados por BIZARI et al. (2009), os quais trabalhando com cobertura de solo equivalente a 8,7 Mg ha⁻¹ na mesma área onde ocorreu o experimento obtiveram produtividade igual a 2.337 kg ha⁻¹. REZENDE et al. (2002), analisando a uniformidade de aplicação de água, variáveis de produção e índice de área foliar da cultivar de feijão Iapar 57, encontraram a maior produtividade, 3.655 kg ha⁻¹ com espaçamento entre os aspersores de 18 x 18m, ou seja com a melhor qualidade de irrigação realizada. Já O. ARF et al. (2004), avaliando o manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo do feijão, obtiveram máxima produtividade com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, 2.020 kg ha⁻¹.

Em trabalho realizado por SORATTO et al. (2006), avaliando o desempenho do feijoeiro em função da aplicação do nitrogênio em cobertura no sistema plantio direto, perceberam correlação significativa entre a produtividade de grãos e os parâmetros biométricos da planta, esse fato se justifica, segundo os autores porque as plantas mais robustas com mais ramificações e que produzem maior número de estruturas reprodutivas acarretam maiores produtividades de grãos. No presente estudo também ficou evidente que nos tratamentos onde as plantas tiveram maior índice de área foliar e maior massa seca da parte aérea, proporcionaram maior número de vagem por planta e maior número de grãos por vagem, consequentemente maiores produtividades.

No tratamento em que não se fazia uso da irrigação (0% da lâmina de evapotranspiração da cultura) não foi registrada produtividade de grãos, pois as plantas conduzidas sob essa condição hídrica permaneceram pequenas durante quase todo o ciclo e, aproximadamente em agosto não resistiram ao longo período de seca e morreram. Cabe ressaltar que durante todo o ciclo da cultura do feijão ocorreu pouca precipitação pluviométrica sendo registrado, portanto, um longo período de 66 dias sem chover.

5.3 Temperatura do solo

A Figura 5 mostra a variação da temperatura (máxima, mínima e média) do ar, durante o período experimental, que compreendeu entre a semeadura e a colheita, um intervalo de 108 dias. O valor médio da temperatura máxima do ar foi de 32°C, já o valor da temperatura mínima do foi 18,7°C, durante o ciclo do feijão. De acordo com FANCELLI e DOURADO NETO (2007), a faixa ótima de temperatura do ar, considerada apta para o cultivo do feijão, é de 15°C a 29,5°C, segundo os autores essa faixa determina condições para um melhor desenvolvimento das plantas. Portanto, durante todo o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro, as temperaturas máxima e mínima estiveram relativamente próximas ao recomendado.

A temperatura média do ar durante todo o período experimental foi de 26,9°C e em alguns dias os valores médios de temperatura excederam a 28,0°C e sempre estiveram superiores a 16°C como mostra a Figura 5. Segundo DOURADO NETO e FANCELLI (2000), a temperatura média ideal para a cultura do feijão corresponde a 21,0°C. Portanto observa-se a partir da Figura 5 abaixo que, durante o período experimental, essa variável climática não foi um fator limitante para o desenvolvimento das plantas.

A temperatura do ar influencia na condição térmica do solo, dessa forma a temperatura do solo foi determinada durante todo o ciclo do feijoeiro, as leituras foram feitas as 9 e às 14 horas nos dias em que não se realizava irrigação e as análises dos resultados foram feitas para cada fase separadamente.

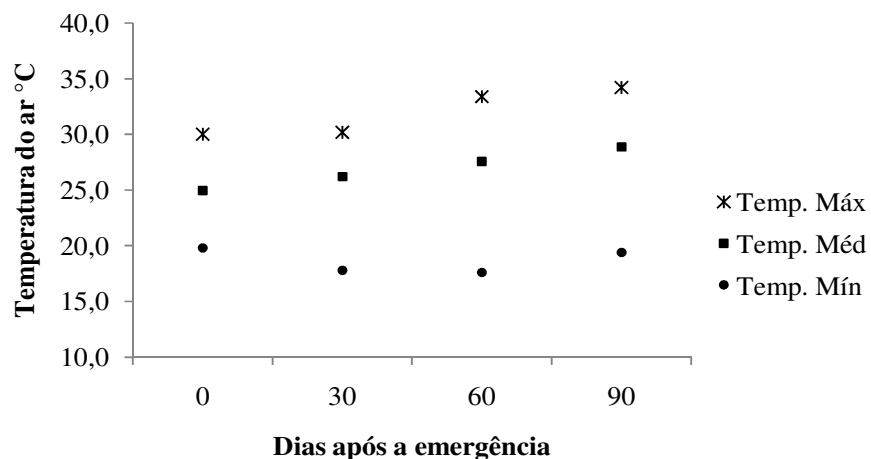


Figura 5 - Variação da temperatura máxima, mínima e média do ambiente, durante o período experimental, compreendido entre 01 de junho a 23 de setembro de 2010 – Campinas, SP, 2010.

Conforme análise dos resultados obtidos, verifica-se que a temperatura do solo varia em função das lâminas de irrigação que foram aplicadas, das profundidades estabelecidas para a avaliação e da condição de cobertura sobre o solo, dentro de cada fase de desenvolvimento do feijoeiro irrigado.

A análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 14 horas na fase de desenvolvimento vegetativo apresentada na Tabela 16 mostra que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades avaliadas para essa fase de desenvolvimento da cultura, verifica-se que, também foram significativas as interações entre lâmina e cobertura, cobertura e profundidade, no entanto, a interação entre lâmina e profundidade não foi significativa.

Tabela 16 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante às 9 horas na fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,115ns
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,2376ns
CV (%)	0,42

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Na fase de desenvolvimento vegetativo ainda não estão completamente formados o caule principal, os ramos e as folhas trifolioladas das plantas de feijão, dessa forma, a interceptação dos raios solares é baixa tornando-se perceptível a influência das lâminas de evapotranspiração aplicadas (0%, 50% e 100%), os níveis de coberturas (0, 6 e 12 Mg ha⁻¹) utilizados e as profundidades estudadas (0,0-0,05 e 0,0-0,15 m) na temperatura do solo. Durante essa fase de desenvolvimento da cultura a maior temperatura encontrada às 9 horas foi verificada no tratamento sem irrigação nas parcelas sem o uso de cobertura vegetal a 0,05 m de profundidade.

A partir dos valores mostrados na Tabela 17 verifica-se que houve diferença entre todos os fatores estudados, lâminas coberturas e profundidades. Percebe-se que o aumento dos níveis de cobertura sobre o solo promove diminuição na temperatura e observa-se também que a temperatura diminui com o aumento da quantidade de água aplicada e aumento da profundidade analisada.

Tabela 17 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de desenvolvimento vegetativo.

Causas de variação	Desenvolvimento vegetativo	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	18,55A
	50%	17,87AB
	100%	17,67B
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	19,29A
	6	17,72B
	12	17,09C
Profundidades (m)	0,0-0,05	18,42A
	0,0-0,15	17,64B
CV%	Lâmina	6,64
	Cobertura	4,55
	Profundidade	6,54

Na Tabela 18 estão apresentados os valores das interações entre as profundidades estudadas e os níveis de cobertura do solo, verifica-se a partir desses valores que houve diferença significativa entre os níveis de cobertura utilizados e que as menores temperaturas são proporcionadas por 12 Mg ha⁻¹, em média essa quantidade de cobertura sobre o solo manteve o solo com um gradiente de temperatura de aproximadamente 3°C inferior ao tratamento sem cobertura. RESENDE et al. (2005) verificaram uma redução de 3,5°C na temperatura do solo com cobertura morta em relação ao solo descoberto. Observa-se ainda que, à medida que aumenta a profundidade os valores de temperatura média, geralmente, diminuem.

Tabela 18 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo	
	Temperatura (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	20,47aA	18,11bA
6	17,76aB	17,65aB
12	17,03aC	17,15aC

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

A quantidade de água aplicada influencia na temperatura do solo, pois, como mostra os resultados apresentados na Tabela 19 os maiores valores de temperatura são encontrados no tratamento sem uso de irrigação e esses valores diminuem à medida que aumenta a lâmina aplicada. Observa-se que os maiores valores de temperatura são encontrados no solo sem cobertura e esse valor diminui à medida que aumenta a quantidade de cobertura morta depositada sobre o solo. Percebe-se também que não existe diferença estatística na temperatura do solo sem cobertura entre as três lâminas aplicadas, porém, quando se utiliza 6 Mg ha⁻¹ de cobertura morta sobre o solo, a temperatura foi significativamente diferente entre as três lâminas de evapotranspiração da cultura, já o nível de cobertura correspondente à 12 Mg ha⁻¹ promoveu resultados de temperatura do solo semelhante estatisticamente entre as lâminas de 50% e 100% da evapotranspiração da cultura diferindo apenas do tratamento sem o uso da irrigação.

Tabela 19 - Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	20,07aA	18,95aA	18,86aA
6	17,96aB	17,79bB	17,37cB
12	17,61aB	16,87bC	16,80bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 20 (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 14 horas na fase de desenvolvimento vegetativo, observa-se que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades avaliadas para essa fase de desenvolvimento da cultura. As interações entre lâmina e cobertura, lâmina e profundidade e entre cobertura e profundidade também foram significativas.

Tabela 20 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de desenvolvimento vegetativo às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,02*
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,9719ns
CV (%)	0,53

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Durante as 14 horas observa-se os maiores valores de temperatura do solo, no entanto, a fase de desenvolvimento vegetativo aconteceu entre os dias 16/06 a 20/07 compreendendo parte dos meses de junho e julho, período em que a temperatura máxima, mínima e média registradas a um metro de altura da superfície do solo foram 29,6°C, 17,6°C e 25°C, respectivamente.

De acordo com a Tabela 21 percebe-se que a temperatura mostrou-se diferente entre os três níveis de cobertura morta e entre as duas profundidades estudadas, conforme a Tabela 20 essa diferença também deveria acontecer entre as três lâminas 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura, no entanto, o teste estatístico utilizado (Tukey) não conseguiu demonstrar a diferença na temperatura proporcionada pelas lâminas aplicadas. Verifica-se ainda que a temperatura máxima do solo nessa fase de desenvolvimento da cultura ocorreu nas parcelas sem cobertura vegetal.

Tabela 21 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de desenvolvimento vegetativo.

Causas de variação	Desenvolvimento vegetativo	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	21,36A
	50%	20,72A
	100%	20,52A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	24,03A
	6	19,80B
	12	18,76B
Profundidades (m)	0,0-0,05	22,57A
	0,0-0,15	19,16B
CV%	Lâmina	15,13
	Cobertura	10,29
	Profundidade	12,58

Conforme os resultados apresentados na Tabela 22 verifica-se que à medida que aumenta a profundidade das avaliações no perfil do solo e maior é a camada de cobertura sobre a superfície, os valores da temperatura média no interior do solo diminuem. A maior temperatura foi observada no solo sem cobertura na profundidade de 0,05 m, de modo geral é na profundidade de 0,05 m que ocorrem as maiores variações de temperatura do solo esses resultados concordam com os encontrados por GASPARIM et al. (2005), nesse trabalho os autores afirmaram que o comportamento da temperatura do solo a 0,05 m é bastante semelhante com o comportamento a 0,02 m de profundidade, porém com amplitude visivelmente menor entre as condições de cobertura do solo.

Tabela 22 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	27,33aA	20,74bA
6	20,90aB	18,69bB
12	19,50aC	18,04bC

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

Na Tabela 23 estão apresentados os valores de temperatura do solo em função das três lâminas de evapotranspiração da cultura e dos três níveis de cobertura de solo, verifica-se a partir desses resultados que não houve diferença estatística significativa na temperatura para as três condições de cobertura do solo, 0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ entre as três lâminas estudadas. No tratamento sem uso de irrigação houve diferença significativa na temperatura do solo entre as três condições de cobertura do solo, sendo que o maior valor foi proporcionado no solo sem cobertura. Observa-se também que os menores valores de temperatura foram encontrados na aplicação de 100% da evapotranspiração da cultura e que as maiores temperatura foram verificadas no solo conduzido sem cobertura em todas as lâminas de irrigação.

Tabela 23 - Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura do solo na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	24,62aA	23,99aA	23,49aA
6	20,17aB	19,71aB	19,51aB
12	19,30 aB	18,46aC	18,54aB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

A Tabela 24 mostra a análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 9 horas na fase de florescimento, a partir dos resultados apresentados observa-se que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas e níveis de cobertura, no entanto, não ocorreram diferenças significativas entre as profundidades avaliadas para essa fase de desenvolvimento da cultura, verifica-se que a única interação significativa foi entre lâmina e cobertura.

Tabela 24 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de florescimento às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,395ns
Lâmina x cobertura	0,0003**
Lâmina x profundidade	0,2110ns
Cobertura x Profundidade	0,4763ns
Lâmina x cobertura x profundidade	0,5985ns
CV (%)	4,35

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

Na fase de florescimento, compreendida entre os dias 21/07 a 20/08, a temperatura do ar esteve elevada, o que ocasionaria temperaturas elevadas no interior do solo, no entanto, durante essa fase as plantas de feijoeiro alcançaram pleno desenvolvimento vegetativo nas lâminas de irrigação correspondentes a 50% e 100% de evapotranspiração da cultura e sombrearam o solo da área diminuindo conseqüentemente a temperatura nas profundidades estudadas, no tratamento em que não se fazia uso da irrigação as plantas permaneceram pequenas durante quase todo o ciclo e, aproximadamente em agosto as plantas conduzidas nesse tratamento não resistiram a seca prolongada e morreram, restando poucas plantas na área conduzida sem irrigação.

Em trabalho realizado por TREVISAN et al. (2002), os autores afirmaram que o sombreamento ocasionado pelas plantas de aveia reduz a incidência de radiação e absorção de energia para a evaporação, segundo os autores, devido à formação de um colchão de ar, que por possuir menor condutividade térmica, retarda o aquecimento do solo, ao analisar a Tabela 25 percebe-se que houve durante essa fase diferença significativa na temperatura do solo as 9 horas entre as lâminas que foram estudadas e entre as condições de cobertura proporcionadas ao solo, no entanto, não houve diferença entre as duas profundidades avaliadas.

Tabela 25 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de florescimento.

Causas de variação	Florescimento	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	18,72A
	50%	17,39B
	100%	17,04B
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	18,34A
	6	17,61AB
	12	17,15B
Profundidades (m)	0,0-0,05	17,81A
	0,0-0,15	17,62A
CV%	Lâmina	5,93
	Cobertura	6,64
	Profundidade	7,17

Conforme a Tabela 26 a maior lâmina de aplicação de água, 100% da evapotranspiração da cultura, proporciona os menores valores de temperatura do solo, no entanto, não existe diferença nos valores de temperatura encontrados no tratamento onde se faz a reposição de 50% da lâmina evapotranspirada, observa-se também que não houve diferença estatística entre as lâminas 50% e 100% de evapotranspiração da cultura para as três condições de cobertura de solo, 0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, os valores de temperatura encontrados nestas duas lâminas foram semelhantes entre si e diferentes estatisticamente dos valores de temperatura verificados no tratamento sem o uso de irrigação.

Tabela 26 - Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e níveis de cobertura na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	20,46aA	17,61bA	17,06bA
6	18,18aB	17,49bAB	17,17bA
12	17,51aB	17,06bB	16,89bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Quanto às coberturas de solo utilizadas, houve diferença estatística entre o solo sem cobertura morta e os níveis de cobertura correspondentes 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ no tratamento onde não se aplicava irrigação e as três condições de cobertura do solo foram semelhantes estatisticamente na reposição de 100% da água evapotranspirada (Tabela 26).

Conforme a Tabela 27 a análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 14 horas na fase de florescimento observa-se que houve diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura e profundidades estudadas, verifica-se ainda que todas as interações foram significativas.

Tabela 27 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de florescimento às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0003**
Lâmina x profundidade	0,0001**
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,0001**
CV (%)	0,384

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

Como mostra a Tabela 28, as condições de cobertura do solo, 0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ proporciona variação na temperatura no interior do solo, assim como as três lâminas de irrigação utilizadas, 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura, observa-se que houve diferença significativa nos valores de temperatura entre as lâminas aplicadas, os níveis de cobertura do solo e entre as duas profundidades estudadas. De modo geral a temperatura no perfil do solo é influenciada pelos três fatores analisados.

Tabela 28 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de florescimento.

Causas de variação	Florescimento	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	22,34A
	50%	21,20AB
	100%	20,23B
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	23,39A
	6	20,77B
	12	19,61B
Profundidades (m)	0,0-0,05	22,58A
	0,0-0,15	19,93B
CV%	Lâmina	10,65
	Cobertura	8,49
	Profundidade	9,37

Analisando a Tabela 29 percebe-se que as lâminas de irrigação trazem valores diferenciados de temperatura do solo às 14 horas, no entanto, quando se observa os valores de temperatura encontrados no solo sem cobertura dentro das três lâminas estudadas, 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura, percebe-se que não existe diferença entre essas lâminas. Verifica-se também que na reposição de 50% e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura não houve diferença na temperatura no perfil do solo, ambas diferiram do tratamento sem reposição da água evapotranspirada. As diferenças na temperatura no perfil do solo são mais evidentes quando se altera os níveis de cobertura na superfície, por exemplo, houve diferença significativa entre o solo sem cobertura e as duas outras condições de cobertura de solo 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹.

Tabela 29 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	24,93aA	23,31 aA	21,94 aA
6	21,65aB	20,72abB	19,94bB
12	20,43aB	19,58abB	18,82bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada coluna não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Conforme mostra os resultados da Tabela 30 as três lâminas de reposição 0%, 50% e 100% da água evapotranspirada pela cultura proporcionam valores diferenciados de temperatura do solo, verifica-se que na profundidade de 0,05 m a temperatura do solo não foi diferente entre o tratamento sem aplicação de irrigação e a aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura, observa-se também que aumentando a profundidade os valores de temperatura diminuem nas três lâminas estudadas.

Tabela 30 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidade na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.

Profundidades (m)	Florescimento		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0,0-0,05	23,91aA	22,53abA	21,31bA
0,0-0,15	20,76aB	19,87abB	19,16bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre profundidade em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma profundidade.

A presença de cobertura morta sobre o solo promove redução substancial na temperatura no perfil do solo nas profundidades estudadas. Nas parcelas cultivadas sem cobertura morta verificou-se altas temperaturas na profundidade de 0,05 m, já nas condições de solo com 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, o efeito da palha evitou que o solo se aquecesse em proporções iguais ao solo descoberto. Como mostra a Tabela 31 as três condições de cobertura de solo são estatisticamente diferentes nas duas profundidades avaliadas. RESENDE et al. (2005) verificaram que os materiais utilizados como cobertura morta na cultura da cenoura foram igualmente eficientes e com resultados significativamente diferentes da ausência de cobertura na manutenção das características de temperatura e umidade do solo, segundo os autores os materiais utilizados no estudo, serragem, casca de arroz, maravalha e capim seco, mantiveram o gradiente de temperatura de aproximadamente 3,5°C inferior ao tratamento sem cobertura.

Tabela 31 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de florescimento da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	25,67aA	21,12bA
6	21,73aB	19,81bB
12	20,35aC	18,84bC

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha na não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

Os resultados das análises de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação), dos valores de temperatura do solo na fase de enchimento de grãos estão apresentados na Tabela 32. Observa-se que houve diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura e profundidades estudadas, verifica-se ainda que todas as interações foram significativas. O coeficiente de variação (CV%) na Tabela 32 evidencia que para temperatura no perfil do solo, as lâminas de irrigação aplicadas apresentaram baixa variabilidade com CV menor que 12% (0,25%).

Tabela 32 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de enchimento de grãos às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,0001**
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,0001**
CV (%)	0,25

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

A fase de enchimento de grãos durou aproximadamente 20 dias (20/08 a 10/09). Nessa fase de desenvolvimento da cultura as temperaturas máxima, média e mínima do ar a um metro de altura da superfície do solo foram, respectivamente, 33,4°C, 27,6°C e 17,6°C.

As três lâminas de reposição da água evapotranspirada pela cultura do feijoeiro irrigado mostram valores diferentes de temperatura no perfil do solo às 9 horas, assim como os três níveis de cobertura morta depositada sobre o solo proporcionou diferença na temperatura, já nas duas profundidades estudadas não houve diferença na temperatura do solo, como mostra os resultados apresentados na Tabela 33. De maneira geral na profundidade de 0,015 m em todas as fases estudadas a variação térmica foi sempre inferior a verificada na profundidade de 0,05m.

Tabela 33 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 9 horas na fase de enchimento de grãos.

Causas de variação	Enchimento de grãos	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	20,24A
	50%	18,41B
	100%	17,49C
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	19,35A
	6	18,69AB
	12	18,12B
Profundidades (m)	0,0-0,05	19,06A
	0,0-0,15	18,37A
CV%	Lâmina	3,95
	Cobertura	6,88
	Profundidade	7,10

Analisando a Tabela 34 verifica-se que houve diferença estatística significativa entre as três lâminas 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura, nota-se que houve diferença na temperatura do solo sem cobertura em relação às quantidades de coberturas correspondentes à 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ nos tratamento sem irrigação e na aplicação da lâmina de 50% da evapotranspiração da cultura, observa-se também que quando se realiza a reposição de 100% da água evapotranspirada a diferença acontece apenas com a utilização de 12 Mg ha⁻¹ de cobertura de solo. Tais dados salientam a importância da cobertura vegetal na diminuição da temperatura máxima do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por LEVIEN et al. (2005), esses autores verificaram a redução de 2°C na temperatura do solo quando se comparou solo sem cobertura em relação ao solo com 4 Mg ha⁻¹ e 8 Mg ha⁻¹.

Tabela 34 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de grãos		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	21,29aA	19,03 aB	17,71cA
6	20,06aB	18,35aB	17,65cA
12	19,37aB	17,85bB	17,13cB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

As três lâminas de evapotranspiração da cultura promoveram resultados estatisticamente diferentes de temperatura no perfil do solo, nas duas profundidades estudadas às 9 horas como mostra os resultados apresentados na Tabela 35, como era de se esperar o tratamento sem irrigação promoveu os maiores valores de temperatura no solo. Percebe-se de acordo com essa tabela que houve diferença entre as lâminas de água aplicadas e entre as três condições de cobertura de solo estudadas.

Tabela 35 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre às lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.

Profundidades (m)	Enchimento de grãos		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0,0-0,05	20,77aA	18,76bA	17,66cA
0,0-0,15	19,72aB	18,07bB	17,34cB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Os três níveis de cobertura do solo resultam em diferenciados valores de temperatura, percebe-se de acordo com a Tabela 36 que a 0,05 m de profundidade a temperatura do solo descoberto é superior aos valores de temperatura verificadas nas quantidades de cobertura de solo correspondentes à 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, a partir dos valores apresentados a diferença estatística é mais evidenciada entre 0 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, no entanto, os valores encontrados

mostram-se semelhantes entre as condições de cobertura equivalentes 0 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹. Observa-se que não houve diferença estatística entre as duas profundidades estudadas em todas as condições de cobertura do solo, Na profundidade de 0,15m os três níveis de cobertura do solo, 0 Mg ha⁻¹, 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ proporcionam valores de temperatura no perfil do solo estatisticamente semelhantes.

Tabela 36 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e as profundidades na fase de enchimento de grãos na cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de grãos	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	20,00aA	18,69aA
6	18,99aAB	18,39 aA
12	18,19aB	18,04 aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

De acordo com a Tabela 37 a análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 14 horas na fase de enchimento de grãos, verifica-se a partir dos resultados apresentados que houve diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura e profundidades estudadas, verifica-se ainda que todas as interações foram significativas durante essa fase de desenvolvimento da cultura, percebe-se também que os coeficientes de variação para esses três fatores avaliados tiveram baixa variabilidade com CV igual a 0,35%.

Tabela 37 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de enchimento de grãos às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,0001**
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,0001**
CV (%)	0,35

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

A avaliação dos valores de temperatura encontrados em função dos fatores estudados, lâminas de evapotranspiração da cultura, níveis de cobertura sobre o solo e as duas profundidades estudadas na fase de enchimento de grãos às 14 horas mostra de acordo com a Tabela 38 que houve diferença entre a reposição de 0% e 100% da água evapotranspirada, no entanto, quando se avalia as lâminas correspondentes à 50% e 100% da evapotranspiração da cultura percebe-se que há uma certa semelhança estatística na temperatura do solo encontrada nessas duas lâminas.

Tabela 38 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de enchimento de grãos.

Causas de variação	Enchimento de grãos	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	24,74A
	50%	23,39AB
	100%	21,60B
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	25,81A
	6	22,59B
	12	21,34B
Profundidades (m)	0,0-0,05	25,15A
	0,0-0,15	21,35B
CV%	Lâmina	12,66
	Cobertura	11,09
	Profundidade	10,94

Os três níveis de cobertura morta e as duas profundidades estudadas proporcionaram diferença na temperatura no perfil do solo às 14 horas, como mostra os resultados

apresentados na Tabela 39. De acordo com os resultados apresentados nessa tabela verifica-se que no solo descoberto não houve diferença estatística entre as três lâminas de evapotranspiração da cultura, observa-se também que na reposição de 0% e 50% da água evapotranspirada não houve diferença estatística para as coberturas 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, já a aplicação da lâmina correspondente a 100% de evapotranspiração da cultura, promoveu valores de temperatura inferiores aos valores encontrados nas outras duas lâminas aplicadas nas três condições de cobertura morta sobre o solo.

Tabela 39 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de grãos		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	27,96aA	25,86aA	23,61aA
6	23,80aB	22,66abB	21,30bAB
12	22,47aB	21,65aB	19,90bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Enquanto nas avaliações realizadas às 9 horas na fase de enchimento de grãos não houve diferença entre as profundidades estudadas, às 14 horas os valores de temperatura do solo foram diferentes entre as profundidades em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura, como mostra os resultados apresentados na Tabela 40. Percebe-se observando essa tabela que com o aumento da quantidade de água aplicada e da camada de cobertura sobre a superfície, os valores de temperatura média no interior do solo diminuem.

Ainda analisando a tabela 46 percebe-se que houve diferença nos valores de temperatura nas duas profundidades avaliadas, nas três lâminas de evapotranspiração da cultura, e, essas diferenças foram mais evidentes na profundidade de 0,15 m.

Tabela 40 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de enchimento de grãos da cultura do feijoeiro irrigado.

Profundidades (m)	Enchimento de grãos		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0,0-0,05	26,78Aa	25,18ABa	23,48Ba
0,0-0,15	22,71Ab	21,60Bb	19,73Cb

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre profundidade em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma profundidade.

Na Tabela 41 estão apresentados os valores das interações entre as profundidades estudadas e os níveis de cobertura do solo, a partir desses valores observa-se que houve diferença significativa entre as três condições de cobertura de solo utilizadas na profundidade de 0,05 m, no entanto, na profundidade de 0,15 m só houve diferença no solo sem cobertura, observa-se também que os valores de temperatura verificados nas duas profundidades diferem estatisticamente entre si e que as menores temperaturas são proporcionadas por 12 Mg ha⁻¹. A quantidade de cobertura 12 Mg ha⁻¹ sobre o solo proporcionou uma redução na temperatura do solo em quase 7°C inferior em relação ao tratamento sem cobertura na profundidade de 0,05 m, GASPARIM et al. (2005) estudando duas densidades de cobertura e solo nu verificaram que uma quantidade de cobertura correspondente à 8 Mg ha⁻¹ promoveu redução de 8,5°C na temperatura do solo em relação ao solo descoberto.

Tabela 41 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e as profundidades na fase de enchimento de grãos na cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de grãos	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	29,01aA	22,61bA
6	23,99aB	21,18bB
12	22,43aC	20,25bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

De acordo com a análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) apresentada na Tabela 42 para a temperatura às 9 horas na fase de maturação fisiológica, verifica-se que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades avaliadas para essa fase de desenvolvimento da cultura, verifica-se que, também foram significativas as interações correspondentes à lâmina e cobertura, lâmina e profundidade e cobertura profundidade, no entanto, a interação tripla entre lâmina, cobertura e profundidade não foi significativa.

Tabela 42 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de maturação fisiológica na temperatura às 9 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,0001**
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,1798ns
CV (%)	0,35

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

A maturação fisiológica teve início aproximadamente dia 10 de setembro, durante essa fase foram verificados os maiores valores de temperatura do ar obtida a um metro de altura do solo, os valores de temperatura máxima, média e mínima foram, respectivamente, 34,2°C, 28,9°C e 19,4°C e, a resposta a esse acréscimo de temperatura do ar foi um aumento nos valores de temperatura do solo.

Na maturação fisiológica as plantas começam a perder as folhas, com isso a interceptação dos raios solares pelas plantas é baixa, aumentando consideravelmente a temperatura do solo. Verifica-se de acordo com a Tabela 43 que a temperatura mostrou-se diferente entre as três lâminas 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura, os três níveis de cobertura morta e entre as duas profundidades, e como era de se esperar durante essa fase de desenvolvimento da cultura a maior temperatura encontrada às 9 horas foi verificada no tratamento sem irrigação nas parcelas sem o uso de cobertura vegetal a 0,05 m de profundidade.

Tabela 43 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades na temperatura às 9 horas na fase de Maturação fisiológica.

Causas de variação	Maturação fisiológica	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	21,30A
	50%	19,94B
	100%	18,78C
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	21,07A
	6	19,81B
	12	19,14B
Profundidades (m)	0,0-0,05	20,69A
	0,0-0,15	19,32B
CV%	Lâmina	5,79
	Cobertura	6,67
	Profundidade	6,93

Cabe ressaltar que durante as fases de enchimento de grãos e maturação fisiológica não ocorreu nenhuma precipitação pluviométrica, sendo registrado um longo período de veranico de 66 dias sem chover, dessa forma, no tratamento onde não se fazia reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura verifica-se elevação da temperatura no perfil do solo.

A temperatura no perfil do solo teve comportamento diferente em função das três lâminas de irrigação, observa-se a partir da Tabela 44 que a reposição de 100% da evapotranspiração da cultura promoveu os menores valores de temperatura no perfil do solo e que na reposição de 50% e 100% da água evapotranspirada não houve diferença estatística para as coberturas 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, verifica-se também que houve diferença significativa entre o solo descoberto e os níveis de cobertura morta 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura.

Tabela 44 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	22,47aA	21,06abA	19,69bA
6	21,15aB	19,75bB	18,55cB
12	20,28aB	19,02bB	18,11cB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Conforme mostra os resultados apresentados na Tabela 45 houve diferença estatística na temperatura do solo entre as três lâminas de reposição da água evapotranspirada 0%, 50% e 100%, na profundidade de 0,15 m, verifica-se que na profundidade de 0,05 m a temperatura no perfil do solo não foi diferente entre o tratamento sem aplicação de irrigação e a aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura, observa-se também que aumentando a profundidade os valores de temperatura diminuem nas três lâminas estudadas.

Tabela 45 – Valores da temperatura do solo às 9 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e profundidades na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.

Profundidades (m)	Maturação fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0,0-0,05	21,97aA	20,83aA	19,27bA
0,0-0,15	20,62aB	19,05bB	18,29cB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre profundidade em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma profundidade.

De acordo com a Tabela 46 verifica-se que as quantidades de cobertura correspondentes a 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ não promovem diferenças estatísticas significativas na temperatura do solo na profundidade de 0,05 m, a partir dos resultados observa-se que nas duas profundidades o solo descoberto proporcionou os maiores valores de temperatura no perfil do solo. Analisando a profundidade de 0,15 m percebe-se que só houve diferença no

solo sem cobertura, observa-se também que os valores de temperatura verificados nas duas profundidades diferem estatisticamente entre si e que as menores temperaturas são proporcionadas por 12 Mg ha⁻¹.

Tabela 46 – Valores da temperatura do solo em função das interações entre os níveis de cobertura e as profundidades às 9 horas na fase de maturação fisiológica na cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação fisiológica	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	22,19aA	19,96bA
6	20,39aB	19,24bAB
12	19,51aB	18,77aB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada coluna não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

A análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) para a temperatura às 14 horas na fase de maturação fisiológica apresentada na Tabela 47 mostra que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades avaliadas para essa fase de desenvolvimento da cultura, verifica-se que, também que todas as interações foram significativas.

Tabela 47 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores temperatura do solo durante a fase de maturação fisiológica às 14 horas no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Temperatura do solo
Lâmina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura	0,0001**
Lâmina x profundidade	0,0001**
Cobertura x Profundidade	0,0001**
Lâmina x cobertura x profundidade	0,0001**
CV (%)	0,38

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo

Verifica-se de acordo com a Tabela 48 que a temperatura mostrou-se diferente entre as três lâminas 0%, 50% e 100% de evapotranspiração da cultura e entre as duas

profundidades, no entanto, entre as quantidades de cobertura morta 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ não houve diferença estatística e como era de se esperar a maior temperatura encontrada às 14 horas foi verificada no tratamento sem irrigação nas parcelas sem o uso de cobertura vegetal à 0,05 m de profundidade.

Tabela 48 - Valores médios de temperatura do solo, das lâminas aplicadas, níveis de cobertura morta sobre o solo e profundidades às 14 horas na fase de maturação fisiológica.

Causas de variação	Maturação fisiológica	
	Temperatura do solo (°C)	
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	25,62A
	50%	24,11AB
	100%	22,82B
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	27,06A
	6	23,24B
	12	22,25B
Profundidades (m)	0,0-0,05	26,15A
	0,0-0,15	22,21B
CV%	Lâmina	12,69
	Cobertura	10,34
	Profundidade	10,61

A reposição das lâminas de evapotranspiração da cultura 0%, 50% e 100% trouxeram valores diferenciados de temperatura no perfil do solo às 14 horas como mostra os resultados apresentados na Tabela 49, verifica-se ainda que os valores de temperatura do solo foram diferentes entre as profundidades em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura. Percebe-se observando essa tabela que com o aumento da quantidade de água aplicada, os valores de temperatura média no interior do solo diminuem. Observa-se ainda que houve diferença nos valores de temperatura nas duas profundidades avaliadas nas três lâminas de evapotranspiração da cultura e essas diferenças foram mais evidentes na profundidade de 0,05m.

Tabela 49 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e as profundidades na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.

Profundidades (m)	Maturação fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0,0-0,05	27,86aA	26,03abA	24,56bA
0,0-0,15	23,38aB	22,19abB	21,09bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre profundidade em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma profundidade.

O aumento da quantidade de água aplicada tem influencia significativa na temperatura no interior do solo, observa-se que a temperatura no perfil do solo teve comportamento diferente em função das três lâminas de irrigação, verifica-se a partir da Tabela 50 que a reposição de 100% da evapotranspiração da cultura promoveu os menores valores de temperatura no perfil do solo e que na reposição de 50% e 100% da água evapotranspirada não houve diferença estatística para as coberturas 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, nota-se também que houve diferença significativa entre o solo descoberto e os níveis de cobertura morta 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura. Percebe-se observando essa tabela que com o aumento da quantidade de água aplicada e aumento os níveis de cobertura do solo os valores de temperatura média no interior do solo diminuem.

Tabela 50 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase de maturação fisiológica da cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Temperatura do solo (°C)		
0	28,94aA	27,16aA	25,08aA
6	24,45aB	23,05abB	22,22bB
12	23,47aB	22,12abB	21,16bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura

Nas duas profundidades estudadas não houve diferença estatística entre os níveis de cobertura correspondentes à 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, verifica-se que, a diferença existiu apenas quando se compara esses dois níveis de cobertura com o solo descoberto como mostra os valores apresentados na Tabela 51. Quando se analisa as profundidades percebe-se que percebe-se que elas são diferentes estatisticamente com a utilização dos três diferentes níveis de cobertura morta sobre o solo. Observa-se também que as menores temperaturas são proporcionadas por 12 Mg ha⁻¹, essa quantidade de cobertura proporcionou uma redução na temperatura do solo em quase 7°C inferior em relação ao tratamento sem cobertura na profundidade de 0,05 m e aproximadamente 3°C na profundidade de 0,15 m.

Tabela 51 – Valores da temperatura do solo às 14 horas em função da interação entre os níveis de cobertura e profundidades na fase de maturação fisiológica na cultura do feijoeiro irrigado.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação fisiológica	
	Temperatura do solo (°C)	
	Profundidade (m)	
	0,0-0,05	0,0-0,15
0	30,09Aa	24,03Ba
6	24,78Ab	21,69Bb
12	23,57Ab	20,93Bb

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma profundidade pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre profundidades em uma mesma cobertura.

5.4 Umidade TDR

O inverno do ano de 2010 foi seco e com baixa precipitação pluviométrica. Dessa forma, o período do ensaio (01/06/2010 a 23/09/2010) coincidiu com um período de baixa incidência de chuvas, resultando em um grande número de irrigações. A área onde a lâmina aplicada foi de 0% da evapotranspiração da cultura recebeu apenas 85,8 mm provenientes das no período. Os tratamentos onde se aplicava 100%, 50% e 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura receberam 237,08 e 133,04 mm provenientes da irrigação e mais 85,8 mm de chuva, totalizando 322,88 e 218,84, respectivamente.

Os resultados das análises de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação), dos valores de umidade do solo estão apresentados na Tabela 52. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre os horários de medida, as

lâminas aplicadas e os níveis de cobertura morta sobre o solo. As interações entre horário e lâmina, horário e cobertura e lamina e cobertura, foram significativas.

Observando os coeficientes de variação (CV%) na Tabela 52, constata-se que as lâminas de irrigação aplicadas proporcionaram valores de umidade do solo com baixa variabilidade com CV menor que 12% (1,735%).

Tabela 52 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade durante a fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Umidade do solo
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,02*
Lamina x cobertura	0,0001**
Horário x lâmina x cobertura	0,0476ns
CV (%)	1,735

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Em todo o ciclo da cultura do feijão no tratamento sem aplicação de irrigação os valores de umidade do solo nos horários correspondentes à antes e duas horas após o evento de irrigação foram sempre os mesmos, isso porque não se faz uso da irrigação e a única fonte de água é através de precipitação pluviométrica.

O nível de cobertura correspondente á 12 Mg ha⁻¹ proporcionou os maiores valores médios de umidade do solo nos três horários de avaliação antes, 2 horas depois e 24 horas após o evento de irrigação, quando comparado a 0 Mg ha⁻¹ e 6 Mg ha⁻¹ em todas as lâminas estudadas. OLIVEIRA et al. (2005) estudando as flutuações de temperatura e umidade do solo em função da cobertura encontrou resultado semelhante e afirmou que a perda de água foi facilitada pela maior exposição da superfície de evaporação e a maior temperatura registrada na superfície sem cobertura. O maior valor obtido foi na reposição de 100% da lâmina evapotranspirada, com valor de 36,67 %, sendo superior em 11% em relação ao solo sem cobertura. Essa diferença parece pequena, mas representa a diferença entre a umidade crítica para a cultura do feijoeiro (33%) e a umidade na capacidade de campo (36%).

Diferindo do observado nesse estudo, BORTOLUZZI e ELTZ (2000) estudando sobre o efeito mecânico da palhada de aveia preta sobre temperatura e teor de água no solo no

Paraná, não obtiveram efeitos significantes para o conteúdo de umidade no solo com a adição de palhada.

Os três fatores apresentados na Tabela 53, horário lâmina e cobertura, promovem influência significativa na umidade do solo durante a fase de desenvolvimento vegetativo da cultura do feijoeiro irrigado, a partir dos resultados mostrados nessa tabela observa-se que o horário em que se verifica a maior umidade no solo é duas horas após os eventos de irrigações. Percebe-se também que, a reposição de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura causa o maior percentual de umidade no solo e que a completa cobertura do solo com 12 Mg ha⁻¹ proporciona os maiores valores de umidade. CHIEPPE JUNIOR et al. (2007) estudando os efeitos dos níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado em sistema plantio direto, afirmou que o número de irrigações aumentou e o turno de rega diminuiu à medida que a cobertura do solo foi menor, os autores verificaram ainda que nos tratamentos com 50, 75 e 100% da cobertura foram aplicados as menores lâminas de água, apresentando maior eficiência do uso da água.

Tabela 53 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de desenvolvimento vegetativo.

Causas de variação	Desenvolvimento vegetativo	
	Umidade do solo (%)	
Horário	Antes	29,28 B
	2h depois	32,25 A
	24h depois	31,60 A
Lâminas	0%	29,60 B
	50%	31,18 A
	100%	32,35 A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0,0	29,79 B
	6,0	31,25 A
	12,0	32,19 A
DMS Tukey 5%	Horário	1,17
	Lâmina	1,23
	Cobertura	1,27

Na tabela 54 estão apresentados os valores da interação entre os horários de medida da umidade no solo e as lâminas de evapotranspiração da cultura, nota-se a partir dos resultados que o único horário em que não houve diferença entre as lâminas foi antes da irrigação, nesse horário os valores de umidade foram bastante semelhantes entre as três lâminas aplicadas, quando as medidas foram realizadas duas horas após o evento de irrigação a reposição das

lâminas de 50% e 100% da evapotranspiração da cultura promoveram umidade do solo superior ao tratamento sem aplicação de água com valores iguais à 32,09%, 34,47% e 28,77%, respectivamente, os três tratamentos foram diferentes entre si nesse horário de avaliação. Já as observações feitas 24 horas após os eventos de irrigação mostram que não houve diferença entre 50 e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura, no entanto, essas duas lâminas diferiram do tratamento sem o uso da irrigação.

Tabela 54 – Valores de umidade do solo em função da interação entre o horário de medida e as três lâminas estudadas na fase de desenvolvimento vegetativo.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Umidade do solo (%)		
0	28,77bA	28,77bC	29,86aB
50	29,26bA	32,09aB	32,21aA
100	29,84bA	34,47aA	32,76aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Os valores de umidade do solo em função dos três níveis cobertura 0 6 e 12 Mg ha⁻¹ estão apresentados na Tabela 55, verifica-se a partir dos resultados apresentados que a cobertura do solo no horário de avaliação antes da irrigação proporcionou diferença entre os três níveis de cobertura, o maior valor foi encontrado com a utilização de 12 Mg ha⁻¹. Duas horas após o evento de irrigação verifica-se que os tratamentos 0 e 6 Mg ha⁻¹ não diferem estatisticamente entre si, no entanto, ambos são diferentes do tratamento 12 Mg ha⁻¹, que nessa fase de desenvolvimento da cultura proporcionou os maiores valores de umidade, esses resultados concordam com os encontrados por STONE e MOREIRA (2000), os quais afirmam que a palhada presente na superfície atua na primeira fase do processo de evaporação da água no solo, reduzindo a taxa de evaporação diária, em razão da reflexão da energia radiante.

Tabela 55 – Valores umidade do solo em função da interação entre os horário de medida e os níveis de cobertura do solo na fase de desenvolvimento vegetativo.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Umidade do solo (%)		
0	28,06bC	30,62aB	30,39aB
6	29,44bB	32,36aAB	31,98aAB
12	30,36bA	33,77aA	32,44aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

A análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) apresentada na Tabela 56 evidencia que ocorreram diferenças significativas entre os horários, as laminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. As interações entre horário e lâmina, lâmina e cobertura foram significativas, no entanto, na interação horário e cobertura não houve interação significativa. Observou-se baixa variabilidade dos dados de umidade do solo com coeficientes de variação igual a 2,12%.

Tabela 56 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de de solo umidade durante a fase florescimento no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Umidade do solo
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,4775
Lamina x cobertura	0,001**
Horário x lâmina x cobertura	0,2521ns
CV (%)	2,212

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Os três níveis de cobertura do solo 0, 6 e 12 Mg ha⁻¹ não promoveram diferença significativa na umidade na fase de florescimento da cultura do feijoeiro como mostra a Tabela 57, verifica-se que houve diferença estatística entre as três lâminas de evapotranspiração da cultura, observa-se também a partir dos resultados mostrados que o horário em que se verifica a maior umidade no solo é duas horas após os eventos de irrigações.

Tabela 57 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de florescimento.

Causas de variação	Florescimento	
	Umidade do solo (%)	
Horário	Antes	25,33B
	2h depois	27,92A
	24h depois	27,05AB
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	23,62C
	50%	26,02B
	100%	30,66A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	26,08A
	6	26,63A
	12	27,60A
DMS Tukey 5%	Horário	2,09
	Lâmina	1,06
	Cobertura	2,16

Nota-se a partir dos resultados apresentados na Tabela 58 que houve diferença entre as lâminas em todos os horários de avaliação, verifica-se que antes da irrigação as lâminas correspondentes a 0 e 50% da evapotranspiração da cultura proporcionaram valores de umidade bastante semelhantes, 23,71 e 24,06%, respectivamente, quando as medidas foram realizadas duas horas e vinte e quatro horas após o evento houve diferença estatística entre todas as lâminas de evapotranspiração da cultura, os maiores valores de umidade do solo foram proporcionados com a reposição de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura em todos os horários de avaliação.

Ainda analisando a Tabela 58 percebe-se que no tratamento sem irrigação não houve diferença estatística na umidade do solo entre os horários avaliados, verifica-se que com a aplicação de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura não houve diferença entre os horários correspondentes a duas e vinte quatro horas após a irrigação, no entanto, diferiram da avaliação realizada antes do evento de irrigação, observa-se ainda que a reposição de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura proporcionou diferença em todos os momentos de avaliação.

Tabela 58 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horários de medida e as lâminas de evapotranspiração da cultura na fase de florescimento.

Florescimento			
Horário			
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Antes	2 horas depois	24 horas depois
Umidade do solo (%)			
0	23,71aB	23,71aC	23,47aC
50	24,06bB	27,63aB	26,40aB
100	28,23cA	32,44aA	31,31bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

De acordo com a Tabela 59 percebe-se que a cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ promoveu os maiores percentuais de umidade no solo, principalmente quando combinado com a reposição de 100% da lâmina evapotranspiração da cultura, verifica-se que houve diferença entre os três níveis de cobertura do solo no tratamento sem irrigação, percebe-se que o solo sem cobertura e com 6 Mg ha⁻¹ apresentaram valores de umidade semelhantes no tratamento onde se aplicava 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura. Nessa fase de desenvolvimento da cultura a reposição de 100% de evapotranspiração da cultura não proporcionou diferença estatística na umidade do solo entre as coberturas avaliadas.

Tabela 59 - Valores umidade do solo em função da interação entre os níveis de cobertura e as lâminas de evapotranspiração da cultura na fase de florescimento.

Florescimento			
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
Umidade do solo (%)			
0	22,90cA	24,87bB	30,48aA
6	23,69cB	25,98bAB	30,23aA
12	24,29cC	27,24bA	31,27aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Ainda analisando a Tabela 59 verifica-se que o solo sem cobertura e com 6 Mg ha⁻¹ trouxeram resultados de umidade diferentes em cada uma das lâminas estudadas, já o nível de cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ não apresentou diferença estatística entre as lâminas 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, no entanto diferiram do tratamento sem irrigação.

Na fase de enchimento de grãos a análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) apresentada na Tabela 60 evidencia que ocorreram diferenças significativas entre os horários, as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. A interação entre os horários de avaliação e lâminas estudadas foi significativa, no entanto, entre lâmina e cobertura, horário e cobertura e lâmina e cobertura não houve interação significativa. Observou-se baixa variabilidade dos dados de umidade do solo com coeficientes de variação igual a 2,12%.

Tabela 60 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade durante a fase enchimento de grãos no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Umidade do solo
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,4893ns
Lamina x cobertura	0,7634 ns
Horário x lâmina x cobertura	0,3897ns
CV (%)	2,313

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns = não significativo;

No estágio de enchimento de grãos, os tratamentos com as maiores quantidades de cobertura do solo apresentaram os maiores valores de umidade quando comparado ao tratamento sem cobertura, mostrando a sua importância da diminuição da evaporação da água no solo e conseqüentemente, propiciando maior disponibilidade de água para as plantas.

Da mesma maneira que no florescimento, nota-se pela tabela 61 que a umidade no solo nos três níveis de cobertura no enchimento de grãos não diferiu estatisticamente entre si, assim como também não houve diferença estatística entre os valores de umidade do solo nos horários de avaliação, já as lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura trouxeram valores de umidade que diferiram estatisticamente.

Tabela 61 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de enchimento de grãos.

Causas de variação	Enchimento de grãos	
	Umidade do solo (%)	
Horário	Antes	30,38A
	2h depois	30,77A
	24h depois	32,00A
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	26,45C
	50%	31,24B
	100%	35,45A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	30,61A
	6	30,84A
	12	31,71A
DMS Tukey 5%	Horário	2,52
	Lâmina	0,79
	Cobertura	2,54

Na fase de enchimento de grãos que ocorreu entre os dias 20/08 a 10/09, aconteceu o maior número de irrigações, pois durante esse período a umidade relativa do ar estava baixa média de 49,10% e não houve precipitação pluviométrica, observa-se de acordo com a Tabela 62 que durante esse estágio de desenvolvimento da cultura não houve diferença estatística no tratamento sem irrigação em todos os horários de avaliação e que com a reposição de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura, a umidade verificada antes e duas horas após a irrigação não foram diferentes estatisticamente, no entanto, diferiram da umidade verificada vinte e quatro horas após o evento de irrigação. Quando se aplicou 100% da lâmina de evapotranspiração verifica-se que não houve diferença estatística nos valores de umidade encontrados antes e vinte e quatro horas após o evento de irrigação.

Tabela 62 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horário de medida e as lâminas estudadas na fase enchimento de grãos.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Enchimento de grãos		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Umidade do solo (%)		
0	26,62aC	26,62aC	26,12aC
50	29,83bB	30,88bB	33,01aB
100	34,68bA	36,36aA	35,32bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

A análise de variância (valores de probabilidade > F e coeficientes de variação) apresentada na Tabela 63 evidencia que ocorreram diferenças significativas entre os horários, as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. Verifica-se que foram significativas as interações entre horário e lâmina, lâmina e cobertura, no entanto, a interação entre horário e cobertura não foi significativa.

Tabela 63 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores umidade do solo durante a fase maturação fisiológica no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Umidade do solo
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,1902ns
Lamina x cobertura	0,0004**
Horário x lâmina x cobertura	0,6325ns
CV (%)	2,212

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Verifica-se a partir dos valores apresentados na Tabela 64 que os três fatores apresentados, horário lâmina e cobertura, promovem influência significativa na umidade do solo, a partir desses resultados observa-se que o horário em que se verifica a maior umidade no solo é duas horas após os eventos de irrigações, porém não houve diferença estatística entre os três momentos de avaliação. Percebe-se também que, a reposição de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura causa o maior percentual de umidade no solo, observa-se contudo que existe diferença estatística entre as três lâminas de evapotranspiração da cultura, quanto aos níveis de cobertura do solo, observa-se que a completa cobertura do solo com 12 Mg ha⁻¹ proporciona os maiores valores de umidade, no entanto, não se verifica diferença estatística entre os três níveis de cobertura utilizadas.

Tabela 64 - Valores médios de umidade do solo, das lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta na fase de maturação fisiológica.

Causas de variação	Maturação fisiológica	
	Umidade do solo (%)	
Horário	Antes	25,58A
	2h depois	28,45A
	24h depois	27,00A
Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	0%	21,97C
	50%	27,04B
	100%	32,02A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	0	26,15A
	6	27,06A
	12	27,83A
DMS Tukey 5%	Horário	2,89
	Lâmina	1,24
	Cobertura	2,95

Na tabela 65 estão apresentados os valores da interação entre os horários de medida da umidade no solo e as lâminas de evapotranspiração da cultura, nota-se a partir dos resultados que houve diferença entre as lâminas de evapotranspiração da cultura em todos os horários de avaliação. Verifica-se que não houve diferença estatística na lâmina correspondente a 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura nas avaliações feitas duas horas e vinte e quatro horas após a irrigação, no entanto, esses valores de umidade diferiram da observação feita antes da irrigação. Já com a reposição da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura os valores de umidade diferentes entre os horários de avaliação.

Tabela 65 - Valores umidade do solo em função da interação entre os horários de medida e as lâminas de evapotranspiração da cultura na fase maturação fisiológica.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Maturação fisiológica		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Umidade do solo (%)		
0	21,91aC	22,05aC	21,97aC
50	24,88bB	29,04aB	27,19aB
100	29,94cA	34,26aA	31,85bB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Durante o período experimental, entre a semeadura do feijão (01/06/10) e a maturação fisiológica (10/09/10), a precipitação oriunda das chuvas foi 85,0 mm, e, essa baixa precipitação durante todo o ciclo das plantas prejudicou o desenvolvimento das plantas de feijão em todas as fases do ciclo da cultura no tratamento sem irrigação, outro fator de extrema importância na redução da umidade no perfil do solo e no desenvolvimento das plantas nesse tratamento foi a não ocorrência de chuvas durante 66 dias seguidos (16/07 a 21/09), compreendendo as fases de enchimento de grãos e maturação fisiológica. Ao longo da fase de maturação fisiológica foram verificados os maiores valores de temperatura do ar obtida a um metro de altura do solo, os valores de temperatura máxima, média e mínima foram, respectivamente, 34,2°C, 28,9°C e 19,4°C.

De acordo com os valores de umidade mostrados na Tabela 66, verifica-se que no tratamento sem irrigação a umidade do solo se encontra bastante abaixo da umidade crítica para a cultura do feijoeiro (33%), percebe-se que houve diferença estatística nesse tratamento entre os três níveis de cobertura utilizados, observa-se também que a única lâmina que não proporcionou diferença entre as coberturas utilizadas foi a reposição de 100% da lâmina de evaporação da cultura. De maneira geral a cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ foi a que promoveu maiores valores de umidade no perfil do solo em todas as lâminas estudadas.

Tabela 66 - Valores umidade do solo em função da interação entre as lâminas de evapotranspiração da cultura e os níveis de cobertura na fase maturação fisiológica.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Umidade do solo (%)		
0	21,53cB	25,17bB	31,72aA
6	21,94cAB	27,27bAB	31,96aA
12	22,44cA	28,68bA	32,74aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

5.5 Decomposição

O total de água fornecida durante o ensaio foi 322,88 mm, 218,84 mm e 85,80 mm para os tratamentos onde se aplicava 100%, 50% e 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura, respectivamente, destes apenas 85,8 mm foram provenientes de precipitação pluviométrica e o restante (237,08 e 133,04 mm) foram procedentes de irrigação para os tratamentos 100% e 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura. A área onde a lâmina aplicada foi 0% da evapotranspiração da cultura recebeu apenas a água proveniente das chuvas, 85,8mm. Na figura 6 encontra-se a quantidade de aplicada pela irrigação assim como a quantidade de água proveniente das chuvas durante o durante o ciclo do feijão.

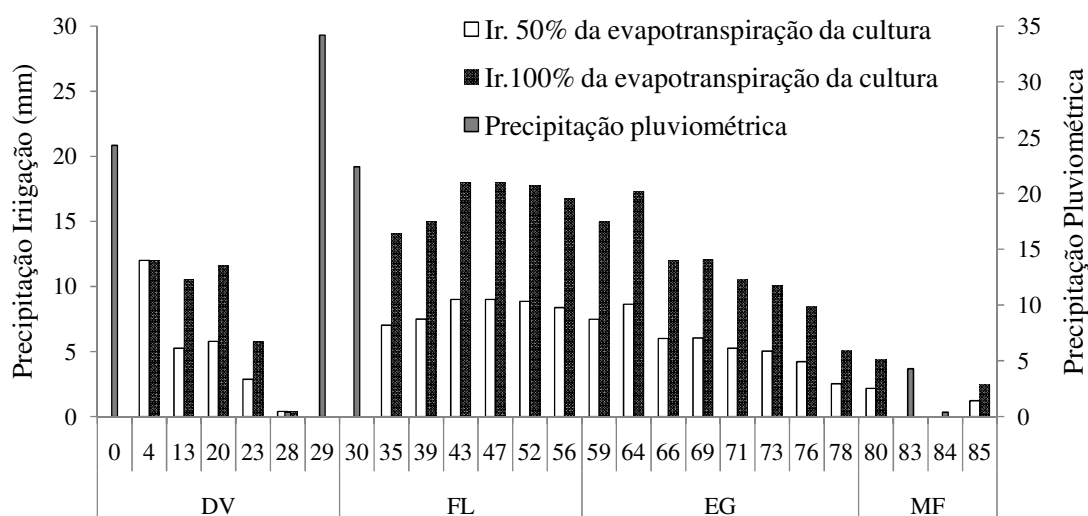


Figura 6 - Precipitação e irrigação na cultura do feijoeiro de inverno, para os tratamentos 0%, 50% e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

A lâmina de água aplicada no estágio inicial da cultura foi igual para os tratamentos, no valor de 24mm distribuídos nos primeiros 16 dias após a sementeira, oriundos de precipitações pluviométricas. As precipitações pluviométricas e irrigações realizadas desde a emergência das plantas (16/06/2010) até a colheita (23/09/2009) estão apresentadas na Figura 5 acima.

A irrigação foi conduzida de maneira a suprir a evapotranspiração da cultura do feijoeiro com base em leituras diárias da lâmina de água evaporada no Tanque Classe A, no entanto, essa forma de manejo da irrigação fez com que a umidade do solo estivesse, em alguns momentos durante o ciclo da cultura, acima da capacidade de campo no tratamento em

que se aplicava 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura, como mostra a Figura 7 abaixo.

Já no tratamento onde se fazia a reposição de 50% da lâmina de evapotranspiração da cultura em quase todo o período experimental a umidade do solo esteve abaixo da capacidade de campo, no entanto, verifica-se que a quantidade de cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ nesse tratamento (50% da lâmina de evapotranspiração da cultura), promove maiores valores de umidade no solo. Observa-se ainda que na área experimental onde não se aplicava irrigação (0% da evapotranspiração da cultura), a umidade no solo esteve sempre abaixo da capacidade de campo, na verdade a umidade nessa área esteve bem abaixo inclusive da umidade crítica.

Verifica-se, portanto, que a umidade do solo esteve em níveis adequados para estimular a atividade biológica satisfatória e decompor o resíduo de milho, ao longo do período experimental, principalmente, no tratamento onde se aplicava 100% da lâmina de evapotranspiração.

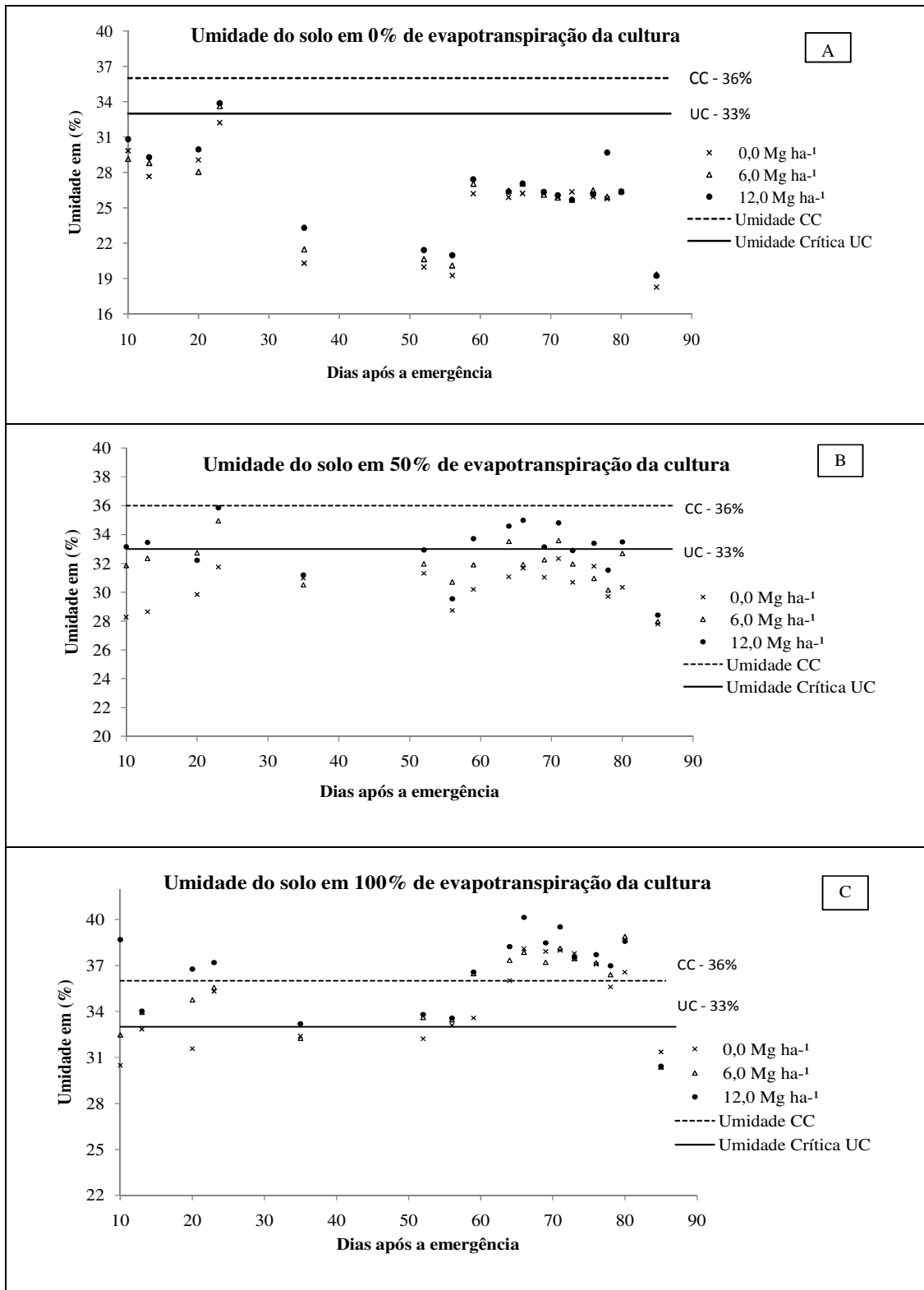


Figura 6 - Umidade do solo 2 horas após da irrigação ao longo do ciclo do feijoeiro irrigado na nos tratamentos A-0%, B-50% e C-100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de decomposição da cobertura morta de milho estão apresentados na Tabela 67. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre as lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro irrigado. A interação lamina x cobertura foi significativa aos 45, 60 e 75 DAE, no entanto, essa interação não foi significativa aos 15 e 75 DAE.

Tabela 67 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de decomposição (cm) durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Causas da variação	Decomposição					
	Períodos de avaliação					
	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE
Lamina	0,004**	0,0005**	0,0001**	0,0001**	0,0002**	0,0002**
Cobertura	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Lamina x cobertura	0,71 ns	0,01**	0,04*	0,001**	0,2 ns	0,03*
CV (%)	2,7	23,23	22,17	23,29	25,69	25,69

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

A Tabela 80 mostra as variações temporais de decomposição das quantidades equivalentes a 6 e 12 Mg ha⁻¹, 59,97 e 116,98 g, respectivamente, para os tratamentos onde se aplicava 100%, 50% e 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura durante o ciclo da cultura do feijão, percebe-se a partir dos resultados que quanto maior a lâmina de aplicação de água, mais intensa é a decomposição da cobertura morta. Com a aplicação da maior lâmina de evapotranspiração da cultura (100%), percebe-se uma queda de 19,72 g no primeiro período de avaliação, esse fato se justifica porque nesse período as plantas são pequenas e a incidência de luz e quantidade de água de irrigação sobre a cobertura morta depositada sobre o solo é máxima, proporcionando dessa forma maiores taxas de decomposição, verifica-se ainda com os resultados apresentados na Tabela 80 que a quantidade do material decresce com o acréscimo na lâmina de água aplicada.

Tabela 68 - Valores médios da decomposição da cobertura morta de milho nas diferentes lâminas de evapotranspiração (0%, 50% e 100% da água evapotranspirada) na cultura do feijoeiro irrigado.

1 ° período - 15 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas (%)	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	51,65bA	102,21aA	1,61
50	48,86bAB	100,62aA	2,08
100	45,64bB	97,26aA	5,61
CV (%)	3,06	3,34	-
2 ° período - 30 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	48,47bA	101,84aA	3,15
50	46,93bA	91,63aB	7,36
100	44,38bA	87,21aB	2,05
CV (%)	4,11	4,34	
3 ° período - 45 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	45,15bA	95,83aA	2,78
50	43,76bA	90,18aA	2,04
100	35,97bB	76,05aB	8,51
CV (%)	5,51	4,23	-
4 ° período - 60 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	42,03bA	92,06aA	4,19
50	38,97bAB	84,49aA	4,43
100	33,75bB	70,42aB	8,00
CV (%)	6,49	4,81	-
5 ° período - 75 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	36,70bA	88,20aA	1,21
50	32,27bB	77,52aAB	12,33
100	24,24bB	69,52aB	6,53
CV (%)	10,11	6,78	-
6 ° período - 90 Dias após a emergência			
Tratamento	Cobertura		CV (%)
Laminas	6 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
0	32,00bA	80,73aA	2,58
50	26,04bA	67,61aB	7,18
100	20,11bB	65,34aB	9,67
CV (%)	9,40	5,25	-

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre coberturas em uma mesma lâmina.

De maneira geral em todos os períodos de avaliação nota-se diferença estatística nos valores de material remanescente após a decomposição nas lâminas de aplicação de água,

especialmente entre as lâminas 0 e 50% em relação á 100% da evapotranspiração da cultura (Tabela 68).

Observa-se que no início das avaliações a decomposição do resíduo de milho é mais acentuada, inclusive no tratamento sem a aplicação da irrigação, vale ressaltar que nesse período, compreendido entre 15 dias após a emergência, ocorreu precipitação pluviométrica de 24,3 mm e a temperatura média do ar foi de 25°C. BERTOL et al. (1998) também verificaram maior taxa de decomposição dos resíduos vegetais no início do período experimental em relação ao final, o mesmo foi observado por BERTOL et al. (2004), os quais analisando a decomposição do resíduo do milho e variáveis relacionadas, constataram decomposição no início do experimento 42% superior a do período final. Nesse trabalho os autores ressaltaram a importância de se estimar o período de tempo necessário para a quase completa decomposição dos resíduos vegetais, especialmente no sistema de semeadura direta, com vistas em planejar rotações de culturas mais adequadas e compatíveis com os sistemas de manejo conservacionistas do solo, ou seja, planejar, adotar, dentro do possível, rotações de culturas cujos resíduos persistam o maior período de tempo possível sobre o solo.

No final do ciclo do feijoeiro, no tratamento sem irrigação, onde se iniciou com 116,98 g de palhada de milho, essa quantidade foi reduzida a 80,73 g o que representa 69,02% do material depositado no início do experimento, verifica-se, portanto, uma perda de 30,98% de massa de material vegetativo, para o tratamento onde se aplicava 50% da lâmina evapotranspirada pela cultura do feijão a perda foi de 42,2% e 44, 14% na reposição de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura. Nota-se dessa forma que a irrigação aumentou consideravelmente a taxa de decomposição da cobertura morta sobre o solo (Tabela 68).

TORRES et al. (2005) utilizando a mesma metodologia do presente ensaio para avaliar a decomposição de várias espécies de cobertura morta com 2,5 Mg ha⁻¹ de resíduos deixados sobre o solo, observaram as maiores perdas de massa dos restos culturais de milho e soja nos primeiros 42 dias de instalação das coberturas no campo.

Na Tabela 69 estão apresentados a constante de decomposição (k) e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) das quantidades de cobertura 58,97 g e 116,98 g equivalentes a 6 e 12 Mg ha⁻¹, respectivamente, depositadas sobre o solo e submetidas as três lâminas de aplicação de água (0%, 50% e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura), a partir dos resultados verifica-se que, uma maior lâmina de aplicação de água condiciona maiores valores da constante de

decomposição e uma menor quantidade de dias para a completa decomposição das duas quantidades de cobertura estudadas. As quantidades de cobertura apresentaram constantes de decomposição relativamente baixa e tempo de meia-vida relativamente alto no tratamento sem irrigação, pois, enquanto a quantidade 58,97 g (6 Mg ha⁻¹) apresentou maior tempo de meia-vida, 115 dias aproximadamente nesse tratamento, essa mesma quantidade de cobertura morta apresentou tempo de meia-vida igual a 87 e 63 dias nos tratamentos em que se fazia a reposição de 50 e 100% da água evapotranspirada, verifica-se portanto, influência significativa do aumento da quantidade de água sobre a decomposição do material vegetal depositado na superfície do solo.

Os resultados encontrados no presente estudo concordam com os verificados por TORRES et al. (2008), os quais analisando a dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado em dois anos agrícolas (2000/01 e 2001/02), observaram menor taxa de decomposição no segundo ano de ensaio devida a baixa precipitação pluvial.

Tabela 68 – Parâmetros da equação $X=X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de matéria seca inicial $X_0=58,97g$ no tratamento equivalente a 6,0 Mg ha⁻¹ e $X_0=116,98g$ em 12,0 Mg ha⁻¹, constante de decomposição (k) e tempos de meia-vida $t(1/2)$ para a palhada de milho incubada na superfície do solo durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Variáveis	Lâminas de evapotranspiração da cultura					
	0%		50%		100%	
	6,0Mg ha ⁻¹	12,0Mg ha ⁻¹	6,0Mg ha ⁻¹	12,0Mg ha ⁻¹	6,0Mg ha ⁻¹	12,0Mg ha ⁻¹
k(g.dia ⁻¹)	0,006	0,004	0,008	0,005	0,011	0,006
t(1/2)	115	173	87	139	63	115

Em estudo de decomposição de várias espécies vegetais, BOER et al. (2008) indicaram a cultura do milho, cultivar ADR 500 e capim pé de galinha como boas opções para plantio em safrinha, para a formação de palha e cobertura do solo por apresentarem maiores coberturas do solo e menores taxas de decomposição. TORRES et al. (2008) afirmaram que dentre as todas as coberturas, as gramíneas foram as que apresentaram maior $T_{1/2}$, o que segundo os autores pode ser explicado pela maior relação C/N.

Da mesma forma que no presente ensaio, como mostra a Figura 8, a quantidade depositada sobre a superfície do solo influencia na decomposição, ou seja, as maiores quantidades demoram maior período de tempo para se decompor e isto pode contribuir para um maior armazenamento de água e menores valores de temperatura do solo na condução da cultura. A partir dos valores mostrados nessa figura percebe-se que as maiores constantes de

decomposição são conferidas á menor quantidade de cobertura 58,97 g (6 Mg ha⁻¹) nos tratamentos onde se aplica as maiores quantidades de água, em ordem crescente temos os valores da constante de decomposição para os tratamentos onde se aplicava 0%, 50% e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura: 0,006 ln (g.g⁻¹) tempo de meia-vida de 115 dias , 0,008 ln (g.g⁻¹) tempo de meia-vida 87 dias e 0,011 ln (g.g⁻¹) com tempo de meia-vida de 63 dias para 6,0Mg ha⁻¹, respectivamente.

De modo geral o tempo de meia-vida variou de 115 a 63 dias para a decomposição de metade da cobertura morta sobre o solo na quantidade equivalente à 6 Mg ha⁻¹ nas três lâminas de evapotranspiração da cultura (0%, 50% e 100%), já a quantidade correspondente a 12 Mg ha⁻¹ teve um tempo de meia-vida variando de 173 a 115 dias para que ocorresse a decomposição de metade dessa quantidade de cobertura morta.

No presente ensaio percebe-se que as perdas de massa da palhada de milho tem relação com a quantidade de água aplicada, e foram encontrados valores de perda de massa da ordem de 30,69, 42,2 e 44,14% para 6 Mg ha⁻¹ na aplicação de 0, 50 e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura, respectivamente. Verifica-se portanto, que a umidade do solo em níveis satisfatórios favorece a atividade microbológica e também a decomposição da cobertura morta de milho durante o ensaio. DE BONA et al. (2006) também verificaram efeito da irrigação no aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica do solo. Nesse estudo os autores perceberam que a irrigação aumentou a taxa de decomposição da matéria orgânica em 19% no solo sob plantio convencional e em 15% no solo sob plantio direto, segundo os autores esse aumento deveu-se à maior disponibilidade de água para a microbiota heterotrófica.

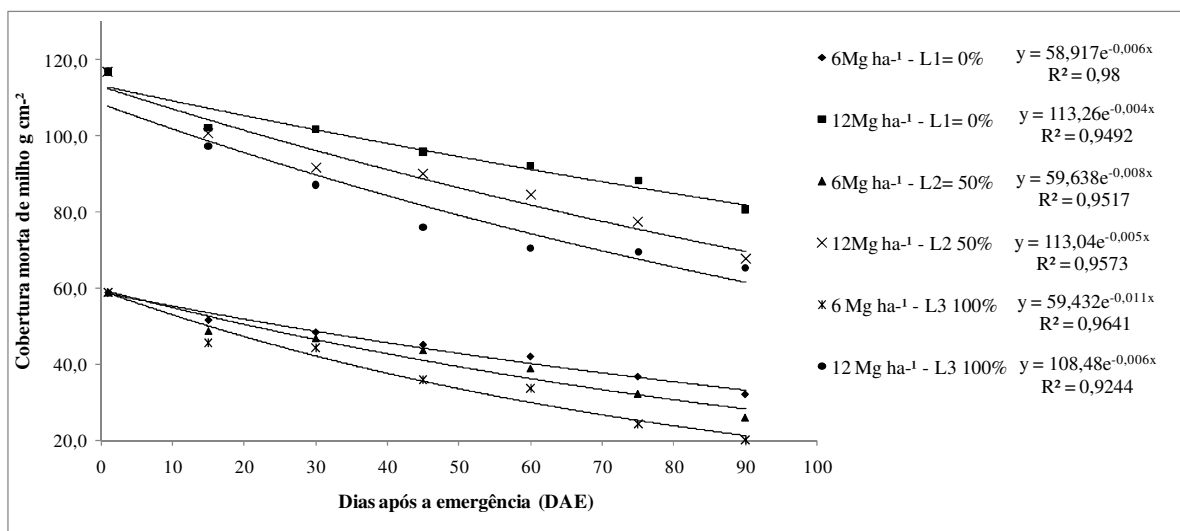


Figura 7 - Decomposição da cobertura morta de milho em três lâminas de evapotranspiração ao longo do ciclo da cultura do feijão irrigado.

Além do clima, das condições de umidade do solo e da composição química do material, outras propriedades têm sido apontadas como reguladoras da decomposição das diferentes coberturas vegetais. Segundo VANLAUWE et al. (1997) citado por ESPINDOLA et al (2006), ainda não existe um consenso em relação ao melhor indicador de decomposição da cobertura morta sobre o solo e, de acordo com esses autores, em consequência desse impasse, várias propriedades têm sido adotadas e apontadas como regulador da decomposição de resíduos vegetais, tais como: relação C:N, teores de extratos totais, lignina e hemicelulose, para tanto foram realizadas análises dos teores dessas propriedades e estão apresentadas na Tabela 69.

As coletas para as avaliações dos teores de extratos totais, lignina e holocelulose foram realizadas em três períodos considerados importantes no desenvolvimento do feijoeiro, a primeira foi aos 30 dias após a emergência (DAE) das plantas de feijão, no desenvolvimento vegetativo, a segunda aos 60 DAE, durante o florescimento/enchimento de grãos e a terceira foi feita na fase de maturação fisiológica do feijoeiro. Os resultados apresentados na Tabela 69 são percentuais reais dos teores de extratos totais, lignina e holocelulose presente na cobertura morta de milho (58,97 g – 6 Mg ha⁻¹ e 116,94 g – 12 Mg ha⁻¹) nos três tratamentos de aplicação de água, 0%, 50% e 100% da evapotranspiração da cultura.

Tabela 69 – Características da cobertura morta de milho incubada na superfície do solo durante o ciclo do feijoeiro irrigado.

Variáveis (%)	0%		50%		100%	
	1° Período de avaliação					
	6 Mg ha ⁻¹	12Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12Mg ha ⁻¹	6 Mg ha ⁻¹	12Mg ha ⁻¹
Extratos totais	12,03	10,87	11,87	11,53	9,08	11,92
Lignina Total	18,16	19,46	17,99	19,59	18,90	19,28
Holocelulose	69,81	69,67	70,14	68,88	72,02	68,80
2° Período de avaliação						
Extratos totais	10,26	10,25	10,09	10,06	10,01	10,65
Lignina Total	18,82	18,26	22,31	22,79	26,23	24,16
Holocelulose	70,92	71,49	67,6	67,15	63,76	65,19
3° Período de avaliação						
Extratos totais	9,82	7,78	8,89	9,94	11,52	10,48
Lignina Total	26,4	23,83	28,14	25,88	26,13	27,49
Holocelulose	63,78	68,29	62,97	64,18	62,35	62,03

A decomposição da cobertura morta ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro relaciona-se diretamente com a disponibilidade de água e temperatura do solo. A partir dos resultados apresentados na Tabela 80, verifica-se que não há uma relação entre os períodos de avaliação e os teores de extratos totais, lignina e holocelulose. Porém no terceiro período verificou-se os menores valores de holocelulose nas três lâminas aplicadas, principalmente na aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura, outro aspecto importante é que no segundo período foram verificados os maiores valores de lignina total em todas as lâminas estudadas.

Estudando a decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas nas estações seca e chuvosa do ano, ESPINDOLA et al. (2006) relataram que foi possível estabelecer que os teores de celulose mostraram-se intimamente relacionados com a velocidade de decomposição dos resíduos nas duas estações, os autores encontraram valores de lignina e hemicelulose bem inferiores, 12,05% para o amendoim forrageiro e 8,80% para a vegetação espontânea, em relação aos observados no presente ensaio, no entanto, trabalharam com leguminosas e não com gramíneas.

5.6 Retenção de água na palha

A retenção de água pela cobertura foi analisada separadamente nas quatro fases de desenvolvimento da cultura. Durante o desenvolvimento vegetativo, que durou

aproximadamente 35 dias (16/06 a 20/07), foram realizados quatro eventos de irrigação totalizando 20,95 mm.

A lâmina de água aplicada no estágio inicial de desenvolvimento da cultura desde o plantio, 01/06/2010, até metade do estágio de desenvolvimento vegetativo, 28/06/2010, foi igual para todas as áreas, com o objetivo de que as plantas se estabelecessem igualmente em todos os tratamentos. A partir desse dia, 28/06/2010, quando as plantas já estavam com 12 dias de plano crescimento vegetativo, a aplicação de água via irrigação foi diferenciada formando então os três tratamentos que seriam estudados: 0%, 50% e 100% da evapotranspiração da cultura e a partir de então foram realizadas as avaliações de retenção de água nas diferentes quantidades de palhada de milho.

As plantas cultivadas no solo sem cobertura e nas parcelas com 6 Mg ha⁻¹ não apresentaram o mesmo desempenho quanto ao crescimento como as cultivadas na quantidade de cobertura igual a 12 Mg ha⁻¹, dessa forma, a quantidade de água que chega ao solo e à cobertura depositada na superfície do solo é menor em 12 Mg ha⁻¹. Em todas as lâminas de evapotranspiração da cultura, à medida que se aumentou os níveis de cobertura depositada sobre o solo verificou-se acréscimo no índice de área foliar, na altura e na matéria seca das plantas, assim como os maiores valores para os componentes de produção foram observados nas plantas cultivadas com 12 Mg ha⁻¹ (ver Tabela 6). Dessa forma percebe-se que a retenção de água pela palhada na fase de desenvolvimento vegetativo sofreu influência da interceptação da água de irrigação proporcionada pelo dossel da cultura.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de retenção de água em duas quantidades diferentes de palha de milho em três horários avaliados, estão apresentados na Tabela 70.

Tabela 70 – Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha de milho durante a fase de desenvolvimento vegetativo no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Retenção de água na palha
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,0001**
Lamina x cobertura	0,0001**
Horário x lâmina x cobertura	0,0001**
CV (%)	10,01

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre os horários, as lâminas e as coberturas. Quanto às interações foram significativas: horário e lâminas aplicadas, horário e cobertura, lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo. A interação tripla horário, lâmina e cobertura também foi significativa na fase desenvolvimento vegetativo (Tabela 70).

O horário que promove a maior retenção de água pelas coberturas é duas horas após o evento de irrigação e a quantidade de cobertura que concentra uma maior quantidade de água retida nesse horário é 6 Mg ha⁻¹. Vinte e quatro horas após a irrigação a quantidade de cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ é a que promove maior permanência de água retida. A menor perda de água no maior percentual de cobertura deve-se ao fato de o volume de água permanecer mais tempo retido nos resíduos retardando a velocidade de escoamento e facilitando a infiltração, fatos esses concordantes com CARVALHO et al. (1990) que avaliando a eficácia das doses e formas de manejo dos resíduos culturais de trigo na redução da erosão hídrica, verificaram que a cobertura proveniente desses resíduos vegetais proporcionam melhores condições de infiltração de água no solo.

Analisando a Tabela 71 observa-se que não houve diferença estatística na retenção de água pela cobertura morta entre as lâminas de irrigação aplicadas correspondentes a 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, verifica-se também que 6 Mg ha⁻¹ promoveu maior retenção de água, no entanto, não se verifica diferença estatística entre os valores encontrados. Quanto aos horários como era de se esperar o horário que proporciona maior retenção de água pela palha é duas horas após o evento de irrigação.

Tabela 71 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de desenvolvimento vegetativo.

Causas de variação	Desenvolvimento vegetativo	
	Retenção de água pela palha (%)	
Horário	Antes	62,94B
	2h depois	165,60A
	24h depois	58,92B
Lâmina	0%	12,18B
	50%	137,42A
	100%	137,87A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	6	105,27A
	12	86,37A
DMS Tukey 5%	Horário	60,48
	Lâmina	54,14
	Cobertura	48,77

A análise estatística realizada para desdobrar os dados apresentada na Tabela 72, mostra que a quantidade 6 Mg ha⁻¹ de palha armazenou 75,02% e 188,91% de umidade em percentual antes e duas horas após o evento de irrigação, respectivamente, esse armazenamento foi superior ao da quantidade correspondente à 12 Mg ha⁻¹ nos mesmos horários de avaliação, os quais foram 50,87% e 142,29%, respectivamente, no entanto, o armazenamento de água por essas duas coberturas não diferem estatisticamente entre si a 5 % de probabilidade.

Tabela 72 – Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e os níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
6	75,02bA	188,91aA	51,88bA
12	50,87bA	142,29aA	65,97abA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Na Tabela 73 os valores de água retida foram apresentados em mm e conforme esses resultados pode-se constatar a capacidade de retenção de água das duas quantidades de cobertura vegetal (6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹) na fase de desenvolvimento vegetativo, nota-se que

a maior lâmina de água retida 2,16 mm foi duas horas após o evento de irrigação em 6 Mg ha⁻¹ de palha, verifica-se também que não existe diferença estatística significativa entre as duas quantidades de cobertura morta. Em trabalho realizado por ARREOLA TOSTADO (1996) também utilizando palha de milho, comprovou que 4 Mg ha⁻¹ foi capaz de armazenar 1,7 mm de água, já SAVABI e STOTT (1994) trabalhando com o mesmo tipo de palhada encontraram valores de 1,4 mm de água retida na palha.

Tabela 73 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e os níveis de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (mm)		
6	0,86bA	2,16aA	0,59bA
12	0,58bA	1,56aA	0,75abA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Antes da irrigação a cobertura vegetal presente na superfície do solo já tinha retido certo percentual de umidade, como era de se esperar, o horário de maior retenção de água pela cobertura vegetal é duas horas após a irrigação. Percebe-se entre os horários avaliados, a existência de diferença estatística significativa nas duas quantidades de palha, pode-se notar, por exemplo, que 24 horas depois do evento de irrigação essa água é perdida por evaporação ou por drenagem, passando a fazer parte do sistema solo-planta-atmosfera (Tabela 73).

De acordo com a Tabela 74 a maior quantidade de água retida foi verificada com a aplicação da lâmina 100% da evapotranspiração da cultura duas horas após o evento de irrigação. Observa-se que antes da irrigação na lâmina correspondente a 50% da evapotranspiração da cultura, as pesagens mostraram uma maior quantidade de água armazenada nas quantidades de palha avaliadas, isso se justifica pelo fato de que a palha presente nesse tratamento perde e retém água com maior facilidade do que o tratamento onde se aplicava 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura, e, como todas as pesagens antes da irrigação eram realizadas logo pela manhã, verifica-se certa quantidade de água armazenada nesse tratamento proveniente possivelmente do orvalho da noite que antecedia o evento de irrigação, como foi anteriormente explicado.

Tabela 74 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas de aplicação de água na fase de desenvolvimento vegetativo.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
0	14,22abC	14,69aB	7,63bC
50	113,33bA	232,62aA	66,31bB
100	61,28cB	249,49aA	102,83bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Ainda analisando a Tabela 75 contata-se que antes da irrigação existe diferença estatística significativa entre as três lâminas aplicadas, já no horário correspondente a duas horas após o evento de irrigação não houve diferença estatística entre as lâminas 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, e decorridas vinte e quatro horas após o evento de irrigação verifica-se que a lâmina correspondente a 100% da aplicação proporciona maior quantidade de água retida nas quantidades de palha estudadas.

Na Tabela 75 estão apresentados os valores de água retida na palha em função das lâminas aplicadas, nota-se a partir desses valores que a lâmina que promoveu maior retenção de água pela palha foi 100% da evapotranspiração da cultura duas horas após o evento de irrigação.

Tabela 75 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário e as lâminas na fase de desenvolvimento vegetativo.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Desenvolvimento vegetativo		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (mm)		
0	0,16bC	0,17aB	0,09bC
50	1,29bA	2,65aA	0,76bB
100	0,70cB	2,75aA	1,06bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Observando ainda a tabela 76 percebe-se que existe diferença estatística significativa entre as coberturas no horário antes da irrigação, verifica-se também que nesse horário a maior

retenção ocorre na lâmina de aplicação de 50% da evapotranspiração da cultura com valor igual a 1,29 mm, observa-se que decorridas vinte e quatro horas após o evento de irrigação no tratamento onde se aplicava a lâmina correspondente a 100% da evapotranspiração, ocorre permanência de água retida na palha por mais tempo nesse horário. Antes da irrigação nota-se diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre todas as lâminas avaliadas.

Conforme a Tabela 76 observa-se que a retenção de água nas coberturas, nas três lâminas avaliadas não diferem estatisticamente, no entanto, percebe-se uma leve superioridade na retenção de água pela quantidade de palha de 6 Mg ha⁻¹ em relação à 12 Mg ha⁻¹, 156,04 e 118,8%, respectivamente, nota-se também que entre as lâminas 50 e 100% não existe diferença estatística para as duas coberturas, já quando se observa a aplicação de 0% da lâmina de evapotranspiração essa é diferente estatisticamente das outras duas lâminas estudadas.

Tabela 76 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de aplicação de água e as coberturas estudadas na fase desenvolvimento vegetativo.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Desenvolvimento vegetativo		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Retenção de água pela palha (%)		
6	15,57Ab	156,04aA	144,20aA
12	8,79bB	118,8aA	131,53aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores de retenção de água pela palha na fase de florescimento nos horários avaliados estão apresentados na Tabela 77, esses resultados evidenciam que ocorreram diferenças significativas entre os horários, as lâminas e as coberturas. Quanto às interações foram significativas: horário e lâminas aplicadas, horário e cobertura, lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta sobre o solo, no entanto a interação tripla correspondente a horário, lâmina e cobertura não foi significativa na fase desenvolvimento vegetativo.

Tabela 77 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha de milho durante a fase de florescimento no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Retenção de água na palha
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0046*
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,02*
Lamina x cobertura	0,0001**
Horário x lâmina x cobertura	0,051ns
CV (%)	1,735

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

De maneira geral o horário que promove a maior retenção de água pelas coberturas é duas horas após o evento de irrigação e a quantidade de cobertura que concentra maior quantidade de água nesse horário é 6 Mg ha⁻¹. Em trabalho realizado por FONTANA (2007), onde a autora estuda a retenção de água da chuva na palha no cultivo de milho e de feijão em 2, 4 e 6 t ha⁻¹ de palha, verificou que houve maior retenção de água na maior quantidade de palha, no entanto, vale ressaltar que as plantas neste experimento foram conduzidas numa mesma condição de cobertura de solo e o dossel vegetativo era o mesmo, a única variação era na quantidade de palha depositada nas telas no meio do plantio. Já as avaliações realizadas vinte e quatro horas após a irrigação mostram que a quantidade de cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ é a que promove maior permanência de água retida.

Na Tabela 78 estão apresentados os valores médios da retenção de água pela palha em três horários diferentes de avaliação conduzidos sob três lâminas de evapotranspiração da cultura do feijão, observa-se através desses valores que não houve diferença estatística na retenção de água pela cobertura morta entre as lâminas de irrigação aplicadas correspondentes a 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, verifica-se também que 6 Mg ha⁻¹ promoveu maior retenção de água, no entanto, não se verifica diferença estatística entre os valores encontrados, quanto aos horários, como era de se esperar o horário que proporciona maior retenção de água pela palha é duas horas após o evento de irrigação.

A diferença na quantidade de água retida e armazenada entre os percentuais de cobertura nessa fase de desenvolvimento da cultura é mínima e o teste estatístico utilizado não foi sensível para demonstrar essa diferença entre as coberturas como mostra na Tabela 78.

Tabela 78 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de florescimento.

Causas de variação	Florescimento	
	Retenção de água pela palha (%)	
Horário	Antes	66,67B
	2h depois	172,38A
	24h depois	70,75B
Lâmina	0%	6,80C
	50%	100,03B
	100%	202,99A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	6	99,43A
	12	107,11A
DMS Tukey 5%	Horário	75,37
	Lâmina	54,02
	Cobertura	57,47

A maior retenção de água pela palha foi proporcionada quando se aplicou 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura às duas horas após o evento de irrigação, proporcionando uma retenção de 327,90%, nota-se que há diferença estatística significativa desse horário em relação aos outros horários de avaliação, quando se observa vinte e quatro horas após a irrigação, percebe-se que essa lâmina proporciona permanência de água retida nas coberturas avaliadas (Tabela 79).

Tabela 79 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horários de avaliação e as lâminas de aplicação de água na fase de florescimento.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Florescimento		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
0	8,71aC	8,71cA	4,83aC
50	67,25bB	182,42aB	50,42bB
100	124,06bA	327,90aA	157,00bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

A retenção observada na Tabela 80 duas horas após o evento de irrigação é sempre superior aos demais horários, motivo pelo qual ainda não teve uma drenagem ou evaporação desse volume de água. Observa-se que o tratamento 6 Mg ha⁻¹ duas horas após a irrigação

absorveu uma maior quantidade de água do que o tratamento 12 Mg ha⁻¹, 185,37 e 159,40% respectivamente, isso pode ser justificado pelo fato de que nessa fase as plantas das parcelas cultivadas com uma quantidade maior de palha, 12 Mg ha⁻¹, estão com um alto índice de área foliar (ver Tabela 6) o que promove maior interceptação da água pelas folhas das plantas diminuindo a quantidade de água que entra em contato com a palha presente no solo, diferente das parcelas onde se utiliza 6 Mg ha⁻¹, o qual apresenta menor índice de área foliar, portanto maior quantidade de água chega à cobertura presente no solo.

Quando se observa 24 após o evento de irrigação, verifica-se que a quantidade de palha correspondente a 12 Mg ha⁻¹ tem maior quantidade de água retida, nota-se portanto, que maiores quantidades de cobertura morta levam maior tempo para perder por evaporação ou drenagem a água retida. SILVA (2004) estudando parametrização e modelagem do balanço hídrico em sistema plantio direto no cerrado brasileiro, observou que a evaporação de água para as menores quantidades de palhada, 1, 4 e 8 t ha⁻¹, varia entre 80% e 100%. Já para as quantidades mais elevadas, 12 t ha⁻¹ e 16 t ha⁻¹, o autor verificou aconteceu evaporação próxima dos 60%, concordando então com os resultados encontrados nesse ensaio, de que maiores quantidades de cobertura morta levam maior tempo para perder a água retida.

Tabela 80 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de florescimento.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
6	57,46bA	185,37aA	55,45bA
12	75,89aA	159,40aA	86,05aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Em trabalho realizado por SILVA et al. (2006) analisando a velocidade de perda de água pelos resíduos em função da evapotranspiração potencial, os autores afirmaram que em todas as quantidades de milho a perda quase total da umidade foi verificada no final do dia, concordando com FIDELING et al. (2003). Esses autores afirmaram ainda que quanto maior for a quantidade de palha mais tempo será necessário para a perda completa da umidade.

Como se pode observar nos valores da Tabela 81, constatou-se maior lâmina de água retida na quantidade de palha correspondente a 6 Mg ha⁻¹. Esse fato é discordante do encontrado por MACIEL e VELINE (2005) e FONTANA (2007), que verificaram que as maiores lâminas de água são retida pelas maiores quantidades de palha, embora as condições de realização desses estudos foi diferente das condições de realização do presente trabalho.

Tabela 81 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de florescimento.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (mm)		
6	0,63bA	2,10 aA	0,61bA
12	0,83aA	1,78 aA	0,68 aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Ainda a partir da Tabela 81 percebe-se que a maior lâmina de água retida ocorreu duas horas após o evento de irrigação 2,10 mm na quantidade de palha correspondente a 6 Mg ha⁻¹, porém não há diferença estatística entre as coberturas nos horários estudados.

Os resultados apresentados na Tabela 82 evidenciam que sem o uso da irrigação, ou seja, no tratamento de 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura, a quantidade de cobertura correspondente a 6 Mg ha⁻¹ tem mais água retida do que 12 Mg ha⁻¹, nas outras lâminas estudadas não há diferença estatística entre as coberturas avaliadas.

Tabela 82 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de aplicação de água e as coberturas estudadas na fase de florescimento

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Florescimento		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Retenção de água pela palha (%)		
6	12,80bA	102,93abA	182,55aA
12	0,79cB	97,13bA	223,42aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores retenção de água pela cobertura morta nos horários avaliados estão apresentados na Tabela 83. Os resultados obtidos mostram que ocorreram diferenças significativas nos horários, lâminas e coberturas. Observa-se também que existe interação significativa entre todas as combinações.

Tabela 83 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha (%) durante a fase de enchimento de grãos no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Retenção de água na palha
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,0001**
Lamina x cobertura	0,0001**
Horário x lâmina x cobertura	0,0001**
CV (%)	9,39

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Na tabela 84 estão apresentados os valores médios da retenção de água pela palha em três horários diferentes de avaliação conduzidos sob três lâminas de evapotranspiração da cultura do feijão, observa-se através desses valores que houve diferença estatística na retenção de água pela cobertura morta entre as lâminas de irrigação aplicadas correspondentes a 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, verifica-se também que a aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura promove a maior retenção de água pela palha 295,99%. Mais uma vez o teste utilizado não foi sensível para demonstrar a diferença entre as coberturas.

Tabela 84 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de enchimento de grãos.

Causas de variação	Enchimento de grãos	
	Retenção de água pela palha (%)	
Horário	Antes	98,71B
	2h depois	251,50A
	24h depois	115,83B
Lâmina	0%	7,84C
	50%	162,21B
	100%	295,99A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	6,0	166,64A
	12,0	144,05A
DMS Tukey 5%	Horário	103,25
	Lâmina	73,59
	Cobertura	81,86

Ainda analisando a Tabela 84, nota-se que a quantidade de cobertura correspondente a 6 Mg ha⁻¹ promoveu maior retenção de água, no entanto, não se verifica diferença estatística entre os valores encontrados, quanto aos horários, como era de se esperar o horário que proporciona maior retenção de água pela palha é duas horas após o evento de irrigação.

A Tabela 85 mostra a interação entre horário cobertura, a partir da mesma percebe-se que a cobertura correspondente a 6 Mg ha⁻¹ apresentou maior retenção antes e duas horas após o evento de irrigação, 100,50 e 288,25%, respectivamente, no entanto, não houve diferença estatística entre os dois níveis de cobertura nos três horários estudados na fase enchimento de grãos.

Tabela 85 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase enchimento de grãos.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de Grãos		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
6	100,57bA	288,25 aA	111,10abA
12	96,84aA	214,75 aA	120,56 aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

Durante a fase de enchimento de grãos a frequência de irrigações foi maior do que nos outros momentos do ciclo do feijoeiro, promovendo maior umidade retida pela palha nas duas

lâminas de água aplicadas, 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, respectivamente, nos três horários de avaliação (Tabela 86). Verifica-se que, nessa fase houve diferença estatística significativa a nível de 1% de probabilidade entre as duas coberturas nos três horários de observação.

Tabela 86 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas estudadas na fase enchimento de grãos.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Enchimento de Grãos		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
0	10,76aC	10,76aC	2,01bC
50	84,22bB	296,49aB	105,91bB
100	201,14bA	447,26aA	239,57bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

De acordo com a Tabela 87, verifica-se que na fase de enchimento de grãos não houve diferença estatística significativa entre as duas coberturas nas três lâminas de evapotranspiração da cultura. Observa-se também que aplicando 100% da lâmina de evapotranspiração a retenção de umidade é maior em 6 Mg ha⁻¹, chegando a um valor igual a 326,70%.

Tabela 87 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de água aplicadas e as coberturas estudadas na fase enchimento de grãos.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Enchimento de Grãos		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Retenção de água pela palha (%)		
6	10,46cA	162,74bA	326,70aA
12	5,22cA	161,67bA	265,28aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), dos valores retenção de água pelos dois níveis de cobertura morta na maturação fisiológica estão

apresentados na Tabela 88. Os resultados obtidos evidenciam que ocorreram diferenças significativas nos horários, lâminas e coberturas, observa-se também que teve diferença significativa em todas as interações.

Tabela 88 - Valores de Probabilidade > F, coeficiente de variação (CV%) para os valores de retenção de água na palha (%) durante a maturação fisiológica no ciclo do feijoeiro irrigado.

Causa de variação	Retenção de água na palha
Horário	0,0001**
Lamina	0,0001**
Cobertura	0,0001**
Horário x lâmina	0,0001**
Horário x cobertura	0,0001**
Lamina x cobertura	0,0001**
Horário x lâmina x cobertura	0,0001**
CV (%)	10,23

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns= não significativo.

Em 6 Mg ha⁻¹ concentra-se a maior quantidade de água retida antes da irrigação na lâmina de aplicação correspondente à 100% da evapotranspiração da cultura, como já foi explicado acima o motivo para esse fato é que essa quantidade de palha ganha e perde água com mais facilidade do que 12 Mg ha⁻¹ e, como as pesagens eram realizadas logo pela manhã, a palha já se encontrava com um grande percentual de umidade, quanto ao alto valor de retenção verificado duas horas após o evento de irrigação em 6 Mg ha⁻¹ é que as plantas cultivadas sob essa quantidade de cobertura são menos desenvolvidas, dessa forma, nessas parcelas o contato da água de irrigação com a palha é maior do que em 12 Mg ha⁻¹, o que justifica esse resultado.

Na Tabela 89 estão apresentados os valores médios da retenção de água pela palha em três horários diferentes de avaliação conduzidos sob três lâminas de evapotranspiração da cultura do feijão, observa-se através desses valores que houve diferença estatística na retenção de água pela cobertura morta entre as lâminas de irrigação aplicadas, verifica-se também que a aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura promove a maior retenção de água pela palha 279,79%. Nessa fase de desenvolvimento da cultura a quantidade de cobertura correspondente à 12 Mg ha⁻¹ promoveu maior retenção de água, no entanto, não se verifica diferença estatística entre os valores encontrados, quanto aos horários, como era de se esperar

o horário que proporciona maior retenção de água pela palha é duas horas após o evento de irrigação.

Tabela 89 - Valores médios de retenção de água, nas lâminas aplicadas e níveis de cobertura morta em três horários de avaliação na fase de de maturação fisiológica.

Causas de variação	Maturação fisiológica	
	Retenção de água pela palha (%)	
Horário	Antes	134,41AB
	2h depois	229,00A
	24h depois	86,30B
Lâmina	0%	28,84C
	50%	141,07B
	100%	279,79A
Cobertura (Mg ha ⁻¹)	6	170,07A
	12	129,74A
DMS Tukey 5%	Horário	98,83
	Lâmina	70,39
	Cobertura	73,32

A maturação fisiológica é o último estágio de desenvolvimento do feijoeiro, as plantas nesse período de desenvolvimento apresentam quedas das folhas aumentando dessa forma a quantidade de água que chega à cobertura morta presente no solo. Durante essa fase são realizadas poucas irrigações, nota-se, porém grande quantidade de água retida duas horas após os eventos de irrigação (Tabela 90) no tratamento onde se aplicava 100% da lâmina de evapotranspiração, como foi explicado acima esse fato se justifica pela menor quantidade de folhas presente nas plantas.

Tabela 90 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as lâminas de aplicação de água na maturação fisiológica.

Lâmina (% de evapotranspiração da cultura)	Maturação Fisiológica		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
0	37,42aC	37,42aC	11,69bC
50	118,64bB	226,45aB	78,13cB
100	247,16bA	423,13aA	169,09bA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre lâminas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura.

De acordo com a Tabela 91 percebe-se que não houve diferença entre as coberturas nos três horários de observação, no entanto, ao analisar os horários de avaliação verifica-se que eles promovem diferença na retenção de umidade na cobertura correspondente à 6Mg ha⁻¹, já para a cobertura correspondente à 12 Mg ha⁻¹ não houve diferença estatística entre os horários avaliados.

Tabela 91 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na maturação fisiológica.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação Fisiológica		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (%)		
6	161,24ABa	263,82Aa	85,14Ba
12	107,57Aa	194,18Aa	87,46Aa

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura

A maior retenção de lâmina de água pela palha na fase de maturação fisiológica foi duas horas após o evento de irrigação, assim como aconteceu em todas as outras fases de desenvolvimento da cultura, nesse horário de observação em 6 Mg ha⁻¹ a lâmina de água retida foi de 4,01 mm (Tabela 92). Percebe-se também menor quantidade de lâmina retida vinte e quatro horas após o evento de irrigação nesse percentual de cobertura, no entanto os valores de retenção de água nas duas quantidades de cobertura não diferem estatisticamente entre si a nível de 1% de probabilidade.

Tabela 92 - Valores médios da lâmina de água retida na palha (mm) em função da interação entre os horário de avaliação e as coberturas estudadas na fase de maturação fisiológica.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação Fisiológica		
	Horário		
	Antes	2 horas depois	24 horas depois
	Retenção de água pela palha (mm)		
6	1,94abA	4,01aA	1,47bA
12	1,25aA	2,73aA	1,25aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura

Observa-se pela Tabela 93 que a aplicação de 100% da lâmina de evapotranspiração promove maior retenção quando se utiliza 6 Mg ha⁻¹ de cobertura morta, assim como o observado quando não se faz uso da irrigação essa quantidade de cobertura também promove maior retenção de umidade.

Tabela 93 - Valores médios do percentual de umidade retida na palha (%) em função da interação entre as lâminas de água aplicadas e as coberturas estudadas na fase de maturação fisiológica.

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Maturação Fisiológica		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
	Retenção de água pela palha (%)		
6	42,03bA	125,22bA	342,93aA
12	15,64bB	156,92aA	216,65aB

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre cobertura em uma mesma lâmina pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre lâminas em uma mesma cobertura.

Na Tabela 94 estão apresentados os valores de lâminas retidas em mm na palhada de milho no decorrer de todo o ciclo da cultura, verifica-se a partir desses valores que a quantidade de cobertura correspondente à 6 Mg ha⁻¹ em todas as fases de desenvolvimento da cultura concentra a maior quantidade de água retida duas horas após o evento de irrigação. FONTANA (2007), avaliando a retenção de água da chuva na palha, no solo e dossel vegetativo verificou que a maior quantidade de água retida foi observada na parcela com maior quantidade de palha, segundo a autora a retenção de água na palha foi maior na fase inicial da cultura, diminuindo com o seu desenvolvimento, no entanto, como já foi explicado acima o fato de que a maior quantidade de água retida foi verificada na quantidade de cobertura correspondente a 6Mg ha⁻¹ pode acontecer devido à velocidade de ressecamento dessa quantidade de material, outro fato também percebido durante as avaliações é que as plantas cultivadas nessas parcelas não se desenvolverem como as cultivadas nas parcelas com 12 Mg ha⁻¹ de cobertura, apresentando menor área foliar, e dessa forma, maior quantidade de água consegue chegar a cobertura morta sobre o solo.

Observa-se através desses valores que não houve diferença estatística na retenção de água entre as duas quantidades de cobertura morta estudadas. Quanto aos horários verifica-se diferença estatística significativa nas avaliações realizadas duas horas após os eventos de

irrigação em todos os estádios de desenvolvimento da cultura para os tratamentos de 50 e 100% da evapotranspiração da cultura, e como era de se esperar, o horário que proporciona maior retenção de água pela palha é duas horas após o evento de irrigação.

De modo geral os maiores valores de lâmina de água retida foram determinados com a aplicação de 100% da água que a cultura exige, sendo que o maior valor armazenado foi 7,68 mm em 6 Mg ha⁻¹ na fase de maturação fisiológica duas horas após o evento de irrigação, ROSOLEM et al., (2003) também verificaram que aumentando a quantidade de água aplicada há um aumento da quantidade de água retida, os autores afirmaram ainda que a retenção de água na palha deve estar relacionada com a composição de cada espécie, principalmente com relação aos teores de celulose, lignina e outros.

Tabela 94 - Lâmina de água retida em mm nas duas quantidades de cobertura avaliadas 6 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, em duas lâminas de irrigação (50% e 100% de evapotranspiração da cultura), três horários de observação antes da irrigação (A), duas horas depois (2h) e vinte e quatro horas após o evento de irrigação (24h) em todo o ciclo de desenvolvimento da cultura do feijoeiro irrigado

Coberturas (Mg ha ⁻¹)	Lâmina de água retida (mm)								
	0% de evapotranspiração da cultura			50% de evapotranspiração da cultura			100% de evapotranspiração da cultura		
	Desenvolvimento Vegetativo								
	A	2h	24h	A	2h	24h	A	2h	24h
6	0,20aA	0,20aA	0,10aA	1,69bA	3,04aA	0,62bA	0,67cA	3,21aA	1,05bA
12	0,11aA	0,11aA	0,07aA	0,90bA	2,28aA	0,90bA	0,73bA	2,50aA	1,03bA
	Florescimento								
	A	2h	24h	A	2h	24h	A	2h	24h
6	0,11aA	0,11aA	0,03aA	0,78bA	2,35aA	0,40bA	1,01bA	3,86aA	1,39bA
12	0,00aA	0,00aA	0,00aA	0,76bA	1,82aA	0,75bA	1,83aA	3,63aA	2,20aA
	Enchimento de grãos								
	A	2h	24h	A	2h	24h	A	2h	24h
6	0,01aA	0,01aA	0,00aA	0,65bA	3,27aA	0,77bA	2,16bA	4,97aA	2,32bA
12	0,00aA	0,00aA	0,00aA	0,69aA	2,72aA	1,26aA	2,14aA	4,00aA	2,57aA
	Maturação Fisiológica								
	A	2h	24h	A	2h	24h	A	2h	24h
6	0,61aA	0,67aA	0,27aA	1,50bA	3,67aA	1,03bA	3,70bA	7,68aA	3,11bA
12	0,53aA	0,53aA	0,00aA	1,62aA	3,39aA	1,62aA	1,83aA	4,26aA	2,28aA

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula em cada linha não diferem estatisticamente entre coberturas em um mesmo horário de medida pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre horários em uma mesma cobertura

5.7 Eficiência do uso da água (EUA)

O total de água fornecida durante o ensaio foi 322,88 mm, 218,84 mm e 85,80 mm para os tratamentos onde se aplicava 100%, 50% e 0% da lâmina de evapotranspiração da cultura, respectivamente, destes apenas 85,80 mm foram provenientes de precipitação pluviométrica. A área onde a lâmina aplicada foi 0% da evapotranspiração da cultura recebeu apenas a água proveniente das chuvas, 85,80 mm.

O manejo da irrigação pelo Tanque Classe A combinado com uma quantidade de cobertura correspondente a 12 Mg ha⁻¹ proporcionaram valores de umidade do solo acima da capacidade de campo durante todo o período experimental na área onde se fazia reposição 100% da água evapotranspirada pela cultura. A condição de umidade proporcionada por essa lâmina, nesse percentual de cobertura de solo promoveu as maiores produtividades do feijoeiro irrigado e conseqüentemente os maiores valores de EUA.

A eficiência do uso da água relaciona a produção total pela quantidade de água aplicada, de acordo com os valores apresentados na Tabela 95, percebe-se que os maiores valores de EUA, 22,66 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, foram promovidos com a reposição de 100% da lâmina de água evapotranspirada utilizando-se 12 Mg ha⁻¹, esse valor foi superior ao encontrado por BIZARI et al. (2009), 10,47 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, no entanto, a quantidade de cobertura morta utilizada por esses autores, 8,7 Mg ha⁻¹, foi 3,3 Mg ha⁻¹ inferior a utilizada no presente ensaio, e vale a pena ressaltar que esse máximo valor de eficiência do uso da água foi verificado na reposição de 100% da lâmina evapotranspirada, que de acordo a Figura 6 acima, proporcionou em todo o período do ensaio umidade do solo acima da capacidade de campo. Percebe-se, porém que se reduzir a quantidade de cobertura morta para 6 Mg ha⁻¹ nessa mesma lâmina de aplicação de água, a EUA reduz-se a menos da metade da verificada em 12 Mg ha⁻¹, 10,75 Kg ha⁻¹ mm⁻¹.

JUNQUEIRA et al. (2004) estudando a eficiência do uso da água para a cultivar carioquinha obtiveram valor de 14,12 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, valor este inferior em 37% ao máximo valor encontrado no presente ensaio com a cultivar Pérola.

Ainda analisando a Tabela 95, percebe-se que a aplicação de metade da lâmina evapotranspirada pela cultura combinada com um valor considerável de cobertura morta sobre o solo, 12 Mg ha⁻¹, promove altos valores de EUA 16,82 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, observa-se também que nessa mesma lâmina de evapotranspiração da cultura a EUA foi superior quando se utilizou 6

Mg ha⁻¹, 12,29 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, em relação a verificada na reposição de 100% da lâmina evapotranspirada com a mesma quantidade de cobertura morta sobre o solo, ou seja, mesmo com a redução da quantidade de água fornecida, porém, mantendo o solo com uma quantidade de cobertura morta considerável, tem-se maiores valores de eficiência do uso da água.

Tabela 95 – Valores de eficiência do uso da água em Kg ha⁻¹ mm⁻¹ de gãos por hectare .

Cobertura (Mg ha ⁻¹)	Eficiência do uso da água Kg ha ⁻¹ mm ⁻¹		
	Lamina (% de evapotranspiração da cultura)		
	0%	50%	100%
0	-	5,55	9,40
6	-	12,29	10,75
12	-	16,82	22,66

Não é de agora a realização de trabalhos que relacionam a cobertura morta presente na superfície do solo com a eficiência do uso da água, PEREIRA (2000) trabalhando com diferentes níveis de cobertura de solo sobre o manejo da irrigação e produtividade da cultivar Pérola em sistema plantio direto, encontrou valores de EUA iguais a 7,36, 9,01, 9,90 Kg ha⁻¹ mm⁻¹ em função das respectivas porcentagens de cobertura morta no solo, 50%, 75% e 100%, no presente ensaio, os menores valores de EUA foram verificados no solo descoberto 5,55 e 9,40 Kg ha⁻¹ mm⁻¹, para as respectivas quantidades de lâminas de irrigação aplicadas, 50% e 100% da lâmina de evapotranspiração da cultura.

É importante informar que geralmente a quantidade de matéria seca (cobertura morta) oriunda das plantas de milho variam geralmente em torno de 8 Mg ha⁻¹ (SILVA et al. 2006), no presente ensaio promoveu-se uma quantidade de cobertura de 12 Mg ha⁻¹.

6. CONCLUSÃO

De modo geral, considerando todas as variáveis estudadas conclui-se que:

- A reposição de toda a lâmina de água que a cultura exige (100% da evapotranspiração), juntamente com a condição de solo correspondente à 12,0 Mg ha⁻¹ promove melhor desempenho das plantas no que se refere aos parâmetros biométricos e produtividade satisfatória. No entanto, essa quantidade de água aplicada aumenta consideravelmente a decomposição da cobertura morta depositada sobre o solo.
- A aplicação de 50% da água evapotranspirada pela cultura combinado com uma quantidade de cobertura morta equivalente a 12 Mg ha⁻¹ proporciona resultados satisfatórios de produtividade do feijoeiro irrigado, consequentemente, menor custo de irrigação e maior eficiência do uso da água.
- Os níveis de cobertura morta na superfície ao longo do ciclo da cultura alteram a temperatura e umidade do solo promovendo crescimento diferenciado das plantas e afetam os componentes de produção e os parâmetros biométricos da cultura.

7. RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu uma série de reflexões que, almejando-se a continuidade deste trabalho, devem ser deixadas como recomendações. Dentre elas pode-se ressaltar:

- Com os resultados obtidos percebe-se a necessidade de fracionar ainda mais o número de lâminas aplicadas, visando determinar qual proporcionaria melhor eficiência do uso da água, ao invés da utilização de apenas três lâminas de evapotranspiração da cultura (0, 50 e 100%). Evidencia-se a importância de avaliar a eficiência do uso da água promovida pelas lâminas correspondentes à 25%, 65%, 75% e 85% da água evapotranspirada pelo feijoeiro irrigado, combinando um maior número de lâminas com diferentes níveis de cobertura de solo.
- Em experimentos futuros deve-se utilizar quantidades variadas de cobertura morta, por exemplo, 7, 8, 9 e 10 Mg ha⁻¹, as quais se aproximam das condições reais de cobertura de solo promovida por restos vegetais de culturas anteriores. Desta forma, poderá verificar dentre essas quantidades de cobertura qual promoveria uma melhor conservação de umidade do solo e também melhores características hidrotérmicas estimulando o desenvolvimento das plantas e aumentando a produtividade do feijoeiro irrigado.
- No decorrer do ensaio experimental verificou-se também maior incidência de plantas daninhas nas parcelas cultivadas em solo descoberto. Para tanto, recomenda-se analisar a relação existente entre as diferentes quantidades de cobertura de solo com a incidência de plantas invasoras.

Dessa maneira, verifica-se um cenário promissor para a economia de água aplicada nos cultivos agrícolas, onde surge a necessidade de se incluir uma nova relação, água-cobertura-solo-planta-atmosfera, a qual deve ser estudada com mais detalhes servindo de base para a utilização conjunta das técnicas, plantio direto e irrigação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; SHIBATA, J.K. Effects of water stress on growth and yield of indeterminate dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Field Crop Research**, Chapingo, México, v.20, p.81-93, 1989.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M. **Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Topicais**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/estabel_cultura.htm>. Acessado em: 13 de setembro de 2010.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.601- 612, 2003.

ALVARENGA, R. C.; W. A. L. CABEZAS, J. C.; CRUZ, D. P. S. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, 22 (208): p.25-36, 2001.

ÂNGULO FILHO, R.; CUNHA, C.A.H. da; RUDORFF, B.F.T.; MOREIRA, M.A. Comportamento espectral da cultura do feijão (IAC – Carioca80) irrigado com diferentes lâminas de água. In: SIMPÓSIO BRASOLEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu,Paraná. **Anais ... Fóz do Iguaçu**: INPE, p.3-10, 2001.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.;BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 131-138, 2004.

ARREOLA TOSTADO, J.M. **Étude et modélisation de l'effet des pailis sur le bilan hydrique**: le cas de semis direct sous pailis au Mexique. 82p. Dissertation (Diplôme d'Études Approfondies) - Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 1996.

ASRAR, G.; KANEMASU, E.T.; YOSHIDA, M. Estimates of leaf area index from spectral reflectance of wheat under different cultural practices and solar angle. **Remote Sensing of Environment**, n.17, p.1-11, 1985.

AZEVEDO, J.A. **Efeito de diferentes lâminas de água e de doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 85p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1984.

BENINCASA, M.M. P.; BENINCASA, M.; LATANZE, R.J.; JUNQUETTI, M.T.G. Método não-destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). **Científica**, Jaboticabal, v.4, n.1, p.43-48, 1976.

BERGAMASCHI, H. **perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo e demanda evaporativa**.

204p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1984.

BERNADES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, 1987, p12-48.

BERTOL, I.; CIPRANDE, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.22, p.705-712, 1998.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.369-375, 2004.

BIZARI, D.R.; MATSURA, E.E.; ROQUE, M.W.; SOUZA, A.L.; MESTAS, R.M.V. Variabilidade temporal da umidade do solo nos sistemas plantio direto e plantio convencional irrigados por aspersão na cultura do feijão de inverno. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006b, João Pessoa. **Resumos...João Pessoa**, p.123, 2006b.

BIZARI, D.R.; MATSURA, E.E.; ROQUE, M.W.; SOUZA, A.L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2073-2079, 2009.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNIKZUK, L. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.369-374, 1990.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; FILHO, A.C.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p.843-851, 2008.

BORKERT, C.M., C. A.; GAUDÊNCIO, J. E.; PEREIRA, L.R.; PEREIRA, A. OLIVEIRA JÚNIOR. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p:143-153, 2003.

BORTOLUZZI, E.C.; ELTZ, F.L.F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura e teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.449- 457, 2000.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGEM, M. S.; GONÇALVES, S. L.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SERÁ, T.; CHAVES, J. C. D.; KOGUISHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p.486 - 494, 2001.

CARLESSO, R.; JADOSKI, S.O.; MAGGI, M.F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D. Efeito da lâmina de irrigação na senescência foliar do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.4, 2007.

CARMO, D.A.S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. *In: SIMPOSIO SOBRE CERRADO*, 7, Brasília, 1989. **Anais...** Planaltina: Embrapa, CPAC, p. 87-97, 1997.

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n. 2, p. 227-234, 1990.

CASER, D.V.; CAMARGO, A.M.M.P. de; BUENO, C.R.F.; CAMARGO, F.P. de; ÂNGELO, J.A.; OLIVETTE, M.P.de A.; FRANCISCO, V.L.F. dos S. Previsões e estimativas das safras agrícolas do Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2010/11, Intenção de Plantio, e Levantamento Final, Ano Agrícola 2009/10. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.40, n.11, nov., 2010.

CASTRO, J.L.; FACHINI, C.; BARROS, V.L.N.P.; JUNIOR, E.U.R. O Feijão no Agronegócio Brasileiro. *In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO*, 6. 2007. Campinas. **Resumos**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 250p. (Documentos IAC, 79).

CERETTA, C.A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO*, 2.,1998Iju, RS. **Anais...** Passo Fundo RS, Editora aldeia Norte, p.49-62, 1998.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.163-172, 2002.

CHIEPPE JÚNIOR, J.B.; PEREIRA, A.L.; STONE, L.F.; MOREIRA, A.E.K. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento da cultura do feijoeiro irrigado, em sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.2, p.177-184, 2007.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station. 142p. Bulletin, 670, 1942.

DE BONA, F.D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.911-920, 2006.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. *In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.). O meio ambiente e o plantio direto*. Brasília: Embrapa SPI, p. 29-48, 1977.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo; plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ; Londrina: Iapar, 268p 1990.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A.H. **Field response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO. Irrigation and Drainage, 1984. 144p. (Paper, 24).

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Nutrição, adubação e calagem. In: **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, cap.2, p. 49-85, 2000.

ELTZ, F.M.L.; ORLOWSKI, E. ROLOFF, G. Efeito de sistema de preparo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 203p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa produção da informação, 2006. 163p.

EMBRAPA. **Análise da cultura do feijão no contexto mundial**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2008/081222.htm>> Acesso em: 12 jun. 2010a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Feijão pérola é mais resistente e tem alta produtividade**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/1996/julho/bn.2004-11-25.6708888229/>> Acesso em: 12 jun. 2010b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Introdução e importância econômica**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasulMG/index.htm>> Acesso em: 04 jun 2010c.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijão**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>> Acesso em: 04 jun 2010d.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. & URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.321-328, 2006.

FABIAN, A.J., CORÁ, A.J.; TORRES, J.L.R.; PEREIRA, MG; LOOS, A. Produção e Decomposição de Fitomassa de Plantas de Cobertura em Plantio Direto no Cerrado. In: XVII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, Rio de Janeiro-RJ, 2008. **Anais...** Rio de Janeiro-RJ, SBCS/EMBRAPA Solos-RJ, 2008. CD-ROM.

FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 359-368, 1995.

FANCELLI, A.L. **Cultura do Feijão**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1987. 138p.

FANCELLI, A.L. **Tecnologia da produção do milho para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, Depto. de Agricultura, 1994. 223p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Feijão: **Estratégias de Manejo para Alta Produtividade**. Piracicaba. FEALQ/ESALQ/USP. 224p. 2007.

FINDELING, A.; CHANZY, A.; DE LOUVIGNY, N. Modeling water and heat flows through a mulch allowing for radiative and long distance convective exchanges in the mulch. **Water Resources Research**, Austin, v.39, p.1-12, 2003.

FONTANA, V.S. **Retenção de água da chuva na palha, solo e dossel vegetativo de milho e feijão**. 102p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Santa Maria, 2007.

FORMAGGIO, A.R. **Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão**. 161p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C.; LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes regimes de irrigação sobre o rendimento do feijoeiro na região norte de Minas Gerais. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto Feijão: relatório 77/78**. Belo Horizonte, p.28-30, 1979.

GASPARIM, E.; RICIERI, R.P.; SILVA, S. de L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, no 1, p. 107-115, 2005.

GEPTS, P.; FERNADÉZ, F. **Etapas de desarrollo de La planta de frijol comum (Phaseolus vulgaris L.)**. Cali: CIAT, 1982.10p.

GOMES, A.A.; ARAÚJO, A.P.; ROSSYELLO, R.O.P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa, características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1927-1937, 2000.

GOMES, H.P. **Engenharia de Irrigação**. Hidráulica dos Sistemas Pressurizados Aspersão e Gotejamento. 2ed. Campina Grande, Edufpb, 1997.

GONÇALVES, S.L. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30°C no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L), cultivado na safra das águas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.99-107, 1997.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B. da; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na Região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1229-1236, 2000.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro irrigado. II: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.213-218, 2002.

GUIMARÃES, C. M.; BRUNINI, O.; STONE, L. F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca (I. Densidade e eficiência radicular). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 393-399, 1996.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. 129p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.211-218, 1984.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sala de imprensa: **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1665&id_pagina=1> Acesso em 04 de dez 2010.

JADOSKI, S.O.; CARLESSO, R.; MELO, G.L.; RODRIGUES, M.; FRIZZO, Z. Manejo da irrigação para maximização de grãos do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v.8, n.1, p.1-9, 2003.

JAUER, A.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O.A.; LUDWIG, M.P.; FARIAS, J.R. Análise de crescimento da cultivar de feijão Pérola em quatro densidades de semeadura. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.10, p.1-12, 2003.

JUNQUEIRA, A.M.; ANDRE, R.G.B.; PINHEIRO, F.M.A. Consumo de água pelo feijoeiro comum, cv. Carioca. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p.51-56, 2004.

KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies vegetais de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, 2006.

KOCHAHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. **Implantação e Manejo do sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000 36p. (Embrapa Trigo, Documento, 20).

LAL, R. Mulching effects on runoff, soil erosion and crop response on alfisols in western Nigeria, **Journal of Sustainable Agriculture**, v.11, p.135-154, 1998.

LEVIEN, R.; GAMERO, C.A. & FURLANI, C.E.A. Temperaturas do solo e do ar durante o desenvolvimento do milho em diferentes condições de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., Canoas, 2005. **Anais**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. CDROM.

LIBARDI, V.C. **Efeitos dos diferentes níveis de irrigação e do déficit hídrico na produção do feijoeiro**. 49p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. Sistema Plantio Direto: Bases para o Manejo da Fertilidade do Solo. São Paulo, ANDA, 2004. 110 p. Disponível em < http://www.anda.org.br/portug/livrostecnicos/lt_spd.pdf>. Acessado em: 02/10/2010.

LOUREIRO, B.T.; MACHADO, P.B.; DENICULI, W.; et al. Efeito de diferentes lâminas de água sobre a produtividade do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, Viçosa, v.37, n.211, p.215-226, 1990.

LUCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Potafos, P.1-11, 1987.

MACIEL, C.D.G.; VELINI, E.D. Simulação do caminhamento da água da chuva e herbicidas em palhadas utilizadas em sistema de plantio direto. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v.23, p. 471-481, 2005.

MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.13, n.2, p.55-60, 1978.

MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, E.N. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão. **Turrialba**. Turrialba, v.29, n.4, p.269-273. 1979.

MALUF, J.R.T. DA CUNHA, G.R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M.; CAIAFFO, M.R. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3 (nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.468-476, 2001.

MAÑAS, F.M.S.O.; Valero, J.A.J. *Agronomia Del Riego*. Madrid; Mundi-Prensa, 1993.732p.

MEDEIROS, G.A. **Influência do manejo de um latossolo roxo sobre a eficiência do uso da água e produção do feijoeiro irrigado**. 184p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.

MEIRA, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.383-388, abr., 2005.

MELLO, I. Workshop sobre o sistema plantio direto no Estado de São Paulo. / (org) Sonia Carmela Falci Dechen. Piracicaba: Fundação Agrisus; FEALQ; Campinas: Instituto Agronômico, 206 p, 2007.

MENEZES, L. A. S. **Alterações de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura.** 2002. 73f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MONTEIRO, P.F.C. **Efeitos das lâminas de irrigação e da adubação nitrogenada no comportamento espectral da cultura do feijão.** 182p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto.** 90p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MOREIRA, J.A .A, STONE, L.F., SILVA, S.C., SILVEIRA, P.M. **Irrigação do feijoeiro no Sistema Plantio Direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999a. 31p. (Circular técnica, 33).

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F. Sistema radicular do feijoeiro afetado pelo preparo do solo e pela lâmina de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. **Resumos...**Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.3, p.1746-1748, 1995.

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L.F.; SILVA, S.C.; SILVEIRA, P.M. **Irrigação do feijoeiro no Sistema Plantio Direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999a. 31p. (Circular técnica, 33).

MOODY, J.E.; SHEAR, G.M.; JONES JUNIOR, J.N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of American Procedure**, Madison, v.6, n.7, p.516, 1961.

MOREIRA, J.A.A.; SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafós, p.465-522, 1996.

MOUHOUCHE, B, RUGET, F., DELÉCOLLE, R. Effects of water stress applied at different phenological phase on yield components of dwarf bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Agronomie**, v.18, p. 197-205, 1998.

MULLER, A. G. **Comportamento térmico do solo e do ar em alface (*Lactuca sativa* L.) para diferentes tipos de cobertura do solo.** 77 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

MUZILLI, O. A fertilidade do solo no sistema plantio direto: bases para o manejo sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO

SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, p. 1-17. 2000.

NASCIMENTO, J.L.; STONE, L.F.; OLIVEIRA, L.F.C. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.31, n.2, p.159-161, 2001.

NOVAK, M.; CHEN, W.; HARES, M. Simulating the radiation distribution within a barley straw mulch. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.102, p.173-186, 2000.

OLIVEIRA AP; CARDOSO MO; BARBOSA LJN; SILVA JEL; MORAIS MS. Resposta do feijão-vagem a P2O5 em solo arenoso com baixo teor de fósforo. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 23: p.128-132, 2005.

OLIVEIRA, R.B. LIMA, S.S.J.; REIS, F.E.; PEZZOPANE, E.M.; SILVA, A.F. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. capixaba precoce). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.3, p.343-350, 2008.

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 317-322, 1990.

ORTOLANI, A.A.; PINTO, H.S. Temperatura do solo. In: MONIZ, A.C. Coord. **Elementos de Pedologia**, São Paulo: Polígono, p.59-76, 1972.

PAVANI, L.C.; LOPES, A.da S.; PEREIRA, G.T. Desenvolvimento da cultura do feijoeiro submetida a dois sistemas de manejo de irrigação e cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.31, p.453-459, 2009.

PAZ, V.P.S.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.S.; et al. Efeito de diferentes níveis de irrigação e do déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, Campina Grande, 1997. **Resumos**. Campina Grande: CBEA, 1997.

PELÁ, A., M. S. SILVA, L. A. DA COSTA, C. J. DA SILVA, C. ZUCARELI, L. D. DECARLI & U. F. MATTER. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 53 (1) p: 26-33, 1999.

PEREIRA, A.R. e MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas, Instituto Agrônomo, 33p. (Boletim técnico, 114), 1987.

PEREIRA, A.L. **Efeito de níveis de cobertura do solo sobre o manejo da irrigação, a produtividade, a temperatura do solo e crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), no sistema plantio direto**. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Unesp, 2000.

RAGGI, L.A.; BERNARDO, S. AND GALVÃO, D.G. 1972. Efeito do turno de rega em três fases do ciclo do feijoeiro. *Seiva*. vol. 32, p.34-43.

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; MONTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

REZENDE, R.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P.S.L.; FRIZZONE, J.A.; TORMENA, C.A.; BERTONHA, A. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.24, n.5, p.1.553-1.559, 2002.

REZENDE, F.V.; SOUZA, L.S.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.100-105, 2005.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; AZEVEDO, H.M. de. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, p.263-268, 2003.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C. e FOLONI, J. S. S.. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 27, no. 2, p. 355-362. 2003.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro In: **Encarte do Informações Agronômicas**, n.68, dezembro 1994. 16p.

ROSTON, M.; BULISANI, E.A. feijão. Campinas Coordenadoria de assistência técnica integral. 1988. 16p. (Instrução Prática. n.219).

SÁENZ, C.M.S. **Decomposição de Resíduos de Milho e Atributos Físico-Hídricos do solo sobre Plantio Direto em Área Cultivada com Feijão Irrigado na Região de Campinas**, 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SALET, R.L.; VARGAS, L.K.; ANGHINONI, E. A. Porque a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2, 1997, Passo Fundo, RS **Anais...** Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, p.217,1997.

SALTON, J.C. **Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade do solo**. 91p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

SANTOS, R.Z.; ANDRÉ, R.G.B. Consumo de água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p543-548, 1992.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.1265-1271, 2003.

SAS. **Statistical analysis system: SAS STAT USER'S GUIDE:** version 6. 4.ed. New York:, 890p. 1990.

SATURNINO, H.M. ; LANDERS, J.N. (Eds.) **O meio ambiente e o plantio direto.** Brasília : EMBRAPA-SPI, 116p. 1997.

SATURNINO, H.M. Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados. Informe agropecuário, v.22, p. 5-12, 2001.

SAVABI, M.; STOTT, D. Plant residue impact on rainfallinterception. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.37, p.1093-1098, 1994.

SCOPEL, E. **Le semis direct avec paillis de résidus dans la région de V. Carranza au Mexique:** intérêt de cette technicque pour améliorer l'alimentation hidrique du maïs pluvial en zones à pluviométrie irrèguliére. 334p. Thése (Doctorat).- Institut Nacional Agronomique Paris Grignon, Paris. 1994.

SEDIYAMA, G. C.; PRATES, J. E. O microclima: possibilidades de modificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 39-47, 1986.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, London, v.52, n.5, p.591-611, 1965.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n.2, p. 181-187, 2000.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7 p.103-106,1983.

SINGH, S. e SINGH, J.S. Microbial biomass associated with ware-stable aggregates in forest, savannah and cropland soils of a seasonally dry tropical region, India. **Soil Biol. Biochem.**, 27:1027-1033, 1995.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C.; CARLOS, J.A.D. Adubação verde em cítrus. Jaboticabal: Funep, 1999. 37 p.

SILVA, W. C. M.; NASCIMENTO, M. F.; RICIERI, R. P. Influência da temperatura do solo na cultura da alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001. Foz do Iguaçu. **Anais...Foz do Iguaçu:** SBEA, 2001. 1 CD-Rom.

SILVA, F.A.M. **Parametrização e modelagem do balanço hídrico em sistema plantio direto no cerrado brasileiro**. 218p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2004.

SILVA, F.A.M.; PINTO, H.S.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.717-724, 2006.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.391-399, 2006.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. UFV, Viçosa: p.181-220, 1998.

SILVEIRA, P.M.; SILVEIRA NETO, A.N.; STONE, L.F.; OLIVEIRA, L.F.C. Produtividade do feijoeiro irrigado sob diferentes sistemas de preparo do solo e de rotação de culturas. **Bioscience journal**, Uberlândia, v.22, n.1, p.45-52, 2006.

SINGH, S.P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, v.35, p.118-124, 1995.

SORATTO, R.P.; DE CARVALHO, M.A.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p. 259-265, 2006.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; MUNIZ, J. A. Altura de plantas e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, 2003.

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. Experiência de laboratório de hidráulica, irrigação e drenagem da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP no uso da técnica da TDR. In: Matsura, E.E.; Javarez Junior, A.; Gomes, E.P.; Souza, C.F. (eds.). **Aplicações técnicas de TDR na agricultura**. Campinas: FEAGRI/UNICAMPI, p.147-176, 2001.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 91) em um Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá**, v.26, n.3, p.347-352, 2004.

SOUZA, M.A.; LIMA, M.D.B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca comum. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.4, p.550-557, 2010.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M.G. **A Variabilidade genética do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.L): aplicações nos estudos das interações simbióticas e patogênicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 59 p. (Embrapa- Agrobiologia. Documentos, 126), 2000.

STONE, L. F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.35 p. 835-841, 2000.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.473-481, 2001.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5), 1985.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p.1995.

TEIXEIRA NETO, M. L. **Efeito de espécies vegetais para cobertura, no sistema plantio direto na região dos cerrados, sobre as propriedades do solo**. 151 p. Dissertação (Mestrado) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

TEIXEIRA, R.I.; BORÉM, A.; SILVA, A.G.; KIKUTI, H. Fontes de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p. 255-259, 2008.

TIAN, G.; KANG, B.T. & BRUSSAARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions – decomposition and nutrient release. **Soil Biololgy & Biochemistry**. Burlington, 24:1051-1060, 1992.

THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biol. Biochem**, 25:1351-1361, 1993.

TOMMASELLI, J.T.G.; BACCHI, O.O.S. Calibração de um equipamento TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.9, p. 1145-1154, 2001.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v.16, n.3, p.574-582, 1980.

TORRES, J.L.R. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP. 2003.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; Dinâmica do potássio nos resíduos de vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1609-1618, 2008.

TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, p.107-113, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C. & FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J.; PAULA, J.C. Efeito da temperatura do ar e precipitação pluviométrica na decomposição de plantas de cobertura do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., Gramado, 2007, **Anais...** Gramado-RS, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. CD-ROOM.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.421-428, 2008.

TREVISAN, R.; HERTER, F.G.; PEREIRA, I.S. Variação da amplitude térmica do solo em pomar de pessegueiro cultivado com aveia preta (*Avena* sp.) e em sistema convencional. **Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, p.155-157, 2002.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. J. B.; FERREIRA, D. F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência. Agrotecnologia**. Lavras, v. 23, n. 3, p. 515-528, 1999.

VANLAUWE, B.; DIELS, J.; SANGINGA, N. & MERCKX, R. Residue quality and decomposition: An unsteady relationship? In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., eds. Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International, 1997. p.157-166.

VAN SOEST, P.J & WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal Assosiation. Off Agr. Chemistry.**, 51:780-785, 1968.

VIEIRA, C. TRAZILBO J. P. J, BORÉM A. **Feijão**. 2º Edição, Editora UFV, 600p, 2006.

VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Efeitos de métodos de irrigação sobre a produção e a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 100-105, 1998.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**, New York, Academic, Cap.2, p.319-344, 1980.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. 1191-1197, 1997.

WIEDER, R. K. & G. E. LANG. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Washington, v.63, n.6, p.1636-1642, 1982.

WUTKE, E. B. et al. Propriedades do solo e o sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.621-633, 2000.

WUTKE, E.B.; DE MARIA, I.C.; MARTINS, A.L.M.; CANTARELLA, H. Cuidados com a cultura do feijoeiro em plantio direto **O Agrônomo**, Campinas v.54, n.1, p.23-24, 2002.

9. APÊNDICE

Tabela 1. Valores de número de plantas e número de vagens por planta na cultura do feijoeiro irrigado sob sistema plantio direto, ano 2010.

	Número de plantas					Número de vagens			
	Lâminas	Coberturas	Repetição	N plantas		Lâminas	Coberturas	Repetição	Nv
0%(1)	1	1	1	0,000	0%(1)	1	1	1	0,000
	1	1	2	0,000		1	1	2	0,000
	1	1	3	0,000		1	1	3	0,000
	1	2	1	0,000		1	2	1	0,000
	1	2	2	0,000		1	2	2	0,000
	1	2	3	0,000		1	2	3	0,000
	1	3	1	0,000		1	3	1	0,000
	1	3	2	0,000		1	3	2	0,000
	1	3	3	0,000		1	3	3	0,000
50%(2)	2	1	1	16,929	50%(2)	2	1	1	5,112
	2	1	2	13,197		2	1	2	3,658
	2	1	3	12,514		2	1	3	6,056
	2	2	1	17,030		2	2	1	7,606
	2	2	2	19,739		2	2	2	6,861
	2	2	3	18,714		2	2	3	6,152
	2	3	1	17,220		2	3	1	9,593
	2	3	2	15,218		2	3	2	9,862
	2	3	3	20,178		2	3	3	9,822
100%(3)	3	1	1	14,542	100%(3)	3	1	1	10,578
	3	1	2	17,539		3	1	2	8,265
	3	1	3	14,439		3	1	3	8,927
	3	2	1	15,837		3	2	1	10,022
	3	2	2	14,548		3	2	2	9,750
	3	2	3	17,569		3	2	3	9,049
	3	3	1	19,687		3	3	1	14,852
	3	3	2	19,000		3	3	2	15,640
	3	3	3	20,500		3	3	3	13,075

Tabela 2. Valores de número de grãos por vagens e número de grãos por planta na cultura do feijoeiro irrigado sob sistema plantio direto, ano 2010.

	Número de grãos/vagens			
	Lâminas	Coberturas	Repetição	Ng/v
0%(1)	1	1	1	0,000
	1	1	2	0,000
	1	1	3	0,000
	1	2	1	0,000
	1	2	2	0,000
	1	2	3	0,000
	1	3	1	0,000
	1	3	2	0,000
	1	3	3	0,000
50%(2)	2	1	1	3,694
	2	1	2	3,211
	2	1	3	3,847
	2	2	1	4,199
	2	2	2	3,852
	2	2	3	3,524
	2	3	1	4,284
	2	3	2	4,103
	2	3	3	4,237
100%(3)	3	1	1	4,253
	3	1	2	10,814
	3	1	3	4,390
	3	2	1	4,348
	3	2	2	4,714
	3	2	3	4,559
	3	3	1	4,739
	3	3	2	5,216
	3	3	3	4,592

	Número de grãos/planta			
	Lâminas	Coberturas	Repetição	Ng/p
0%(1)	1	1	1	0,000
	1	1	2	0,000
	1	1	3	0,000
	1	2	1	0,000
	1	2	2	0,000
	1	2	3	0,000
	1	3	1	0,000
	1	3	2	0,000
	1	3	3	0,000
	50%(2)	2	1	1
2		1	2	12,724
2		1	3	24,597
2		2	1	33,495
2		2	2	28,426
2		2	3	24,571
2		3	1	43,398
2		3	2	42,632
2		3	3	42,254
100%(3)		3	1	1
	3	1	2	38,716
	3	1	3	43,232
	3	2	1	44,327
	3	2	2	47,929
	3	2	3	43,471
	3	3	1	44,327
	3	3	2	47,929
	3	3	3	43,471

Tabela 3. Valores de perda de massa da cobertura de milho na cultura do feijoeiro irrigado sob sistema plantio direto, ano 2010.

Períodos de decomp.	Repetições	Lâmina 0%		Lâmina 50%		Lâmina 100%	
		6t	12t	6t	12t	6t	12t
1 (0 DAE)	r1	58,94	116,91	58,99	116,91	58,97	116,97
	r2	58,93	116,91	58,96	116,97	58,98	116,98
	r3	58,96	116,9	58,96	116,97	58,98	116,99
2 (15 DAE)	r1	52,58	103,38	49,44	102,56	46,44	100,58
	r2	51,13	101,56	49,56	98,76	47,32	99,98
	r3	51,23	100,3	47,58	100,55	43,17	91,23
3 (30 DAE)	r1	49,06	102,69	47,88	89,18	44,69	87,86
	r2	46,61	99,97	45,06	86,36	45,81	86,03
	r3	49,74	105,85	49,86	99,35	42,63	87,73
4 (45 DAE)	r1	43,87	95,56	43,95	90,16	38,49	75,88
	r2	41,62	96,5	43,36	90,01	34,42	82,51
	r3	46,97	95,43	46,97	90,38	35,01	69,77
5 (60 DAE)	r1	40,82	94,53	43,67	87,93	35,84	69,63
	r2	38,59	90,91	42,5	80,99	31,72	76,3
	r3	34,51	90,75	39,92	84,56	33,68	65,34
6 (75 DAE)	r1	35,01	88,58	38,21	80,21	21,98	73,69
	r2	37,03	87,7	29,73	68,06	26,74	67,5
	r3	38,07	88,32	38,86	84,3	24	67,38
7 (90 DAE)	r1	33,88	80,5	34,08	68,11	19,42	66,38
	r2	32,11	81,52	26,65	64,08	19	64,45
	r3	30,02	80,16	30,39	70,65	21,92	56,19

Tabela 3. Valores de umidade do solo nos diferentes estádios da cultura do feijoeiro irrigado sob sistema plantio direto, ano 2010.

Lamina (mm)	Cobertura	Horários	Repetição	Umidade (%)			
				DV	FL	EG	MF
0%(1)	1	1	1	26,85	23,40	26,23	15,31
	1	1	2	27,05	23,46	25,89	14,66
	1	1	3	26,69	23,34	25,86	17,20
	2	1	1	27,09	24,25	26,16	17,15
	2	1	2	27,57	24,14	25,97	14,55
	2	1	3	27,68	23,97	25,94	14,86
	3	1	1	28,37	24,70	27,84	16,02
	3	1	2	28,24	24,68	27,67	15,33
	3	1	3	28,28	24,70	27,80	16,84
50%(2)	1	1	1	21,43	23,55	27,86	20,59
	1	1	2	22,65	23,52	28,95	21,36
	1	1	3	22,73	24,35	29,72	20,23
	2	1	1	24,12	25,29	29,79	20,78
	2	1	2	23,94	25,40	29,29	22,27
	2	1	3	22,79	25,10	29,33	18,51
	3	1	1	24,88	26,55	29,46	22,62
	3	1	2	24,75	24,65	28,99	23,69
	3	1	3	23,82	25,45	30,85	23,92
100%(3)	1	1	1	23,62	28,54	32,88	26,06
	1	1	2	23,54	29,82	34,71	26,77
	1	1	3	23,66	28,96	33,13	24,28
	2	1	1	25,13	28,36	33,87	24,74
	2	1	2	23,99	29,27	35,43	26,59
	2	1	3	25,20	28,38	34,28	27,18
	3	1	1	24,73	28,97	35,10	26,80
	3	1	2	24,75	29,97	35,68	27,29
	3	1	3	24,68	29,64	33,97	27,36
0%(1)	1	2	1	32,43	23,40	26,25	15,31
	1	2	2	32,57	23,46	26,02	14,66
	1	2	3	31,69	23,34	25,93	17,20
	2	2	1	33,17	24,25	26,23	17,15
	2	2	2	34,09	24,14	26,00	14,55
	2	2	3	33,66	23,97	26,02	14,86
	3	2	1	34,11	24,70	27,79	16,02
	3	2	2	33,57	24,68	27,74	15,33
	3	2	3	33,94	24,70	27,85	16,84
50%(2)	1	2	1	30,02	26,74	32,48	22,50
	1	2	2	31,13	26,42	31,84	20,55
	1	2	3	34,09	28,82	32,85	21,26
	2	2	1	34,84	28,41	33,05	25,32
	2	2	2	34,75	28,26	33,08	25,24
	2	2	3	35,27	27,11	32,79	23,94
	3	2	1	35,54	29,92	34,28	27,16
	3	2	2	36,34	28,46	34,40	26,06
	3	2	3	35,69	29,45	33,78	26,19
100%(3)	1	2	1	35,80	33,60	35,88	30,52
	1	2	2	36,52	33,80	36,67	30,03
	1	2	3	33,58	32,83	34,40	28,74
	2	2	1	36,19	31,93	36,13	26,54
	2	2	2	35,93	32,53	36,64	30,50
	2	2	3	34,63	32,43	36,37	30,57
	3	2	1	37,00	32,94	37,40	37,24
	3	2	2	38,15	34,91	37,55	28,25
	3	2	3	36,42	33,98	36,45	30,74
0%(1)	1	3	1	31,50	23,33	26,10	15,31
	1	3	2	30,68	23,37	26,05	14,66
	1	3	3	30,50	23,26	26,08	17,20
	2	3	1	32,20	24,02	26,26	17,15
	2	3	2	32,63	23,92	26,14	14,55
	2	3	3	33,98	23,64	25,98	14,86
	3	3	1	33,31	24,37	26,14	16,02
	3	3	2	33,87	24,24	26,17	15,33
	3	3	3	34,72	24,40	26,36	16,84
50%(2)	1	3	1	31,24	25,55	28,35	19,52
	1	3	2	31,54	25,69	30,06	19,32
	1	3	3	31,86	26,86	32,10	20,35
	2	3	1	33,49	27,14	31,10	22,96
	2	3	2	34,20	27,01	30,68	22,87
	2	3	3	33,19	26,68	29,69	20,64
	3	3	1	34,30	28,68	32,39	26,24
	3	3	2	34,30	27,63	30,19	22,98
	3	3	3	35,09	29,23	32,40	24,34
100%(3)	1	3	1	32,46	31,69	35,18	28,61
	1	3	2	32,94	31,86	34,55	28,86
	1	3	3	32,24	30,55	34,46	26,08
	2	3	1	35,00	31,72	34,39	27,28
	2	3	2	34,02	31,87	35,46	28,20
	2	3	3	34,80	32,49	34,97	28,68
	3	3	1	36,37	32,79	36,00	28,90
	3	3	2	35,10	31,97	36,28	26,50
	3	3	3	35,52	32,89	35,44	28,38

Fotos do ensaio



1) Detalhe da área experimental com cobertura morta de milho; 2) Limpeza da área e preparação das parcelas para o plantio; 3) parcela cultivada com o feijoeiro sem irrigação e com 12 Mg ha⁻¹; 4) parcela cultivada com irrigação e com 6 Mg ha⁻¹; 5) Detalhe da parcela cultivada com 50% da lâmina de evapotranspiração e com 6 Mg ha⁻¹; 6) detalhe do funcionamento do sistema de irrigação.



7) detalhe da caixa utilizada para avaliar a decomposição; 2) detalhe do saquinho de decomposição “litter bag”; 9); Detalhe da parcela cultivada com 50% da lâmina de evapotranspiração e com 0 Mg ha⁻¹;10) Detalhe da parcela cultivada com 100% da lâmina de evapotranspiração e 0 Mg ha⁻¹.