

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA INTERCEPTADA PELO
CAFEIRO IRRIGADO POR MEIO DE UM PIVÔ CENTRAL
CONVENCIONAL**

NARA CRISTINA DE LIMA SILVA

**UBERLÂNDIA/MG
2015**

NARA CRISTINA DE LIMA SILVA

**QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA INTERCEPTADA PELO
CAFEIRO IRRIGADO POR MEIO DE UM PIVÔ CENTRAL
CONVENCIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luiz Assunção.

UBERLÂNDIA/MG

**INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Catalogação da Biblioteca do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia

S 586 q Silva, Nara Cristina de Lima.
Quantificação da água interceptada pelo cafeeiro irrigado por meio de um pivô central convencional. / Nara Cristina de Lima Silva. - 2015.
99 f.: il.

Orientador: Washington Luiz Assunção.
Tese (doutorado) Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Café - Cultivo - Teses. 2. Irrigação agrícola - Teses. 3. Plantas - Efeito sombra - Teses. I. Assunção, Washington Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD: 633.73

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

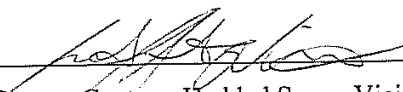
Programa de Pós-Graduação em Geografia

NARA CRISTINA DE LIMA SILVA

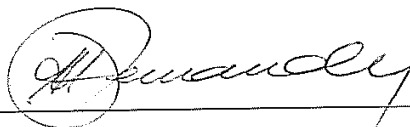
**“QUANTIFICAÇÃO DA ÁGUA INTERCEPTADA PELO CAFEIEIRO
IRRIGADO POR MEIO DE UM PIVÔ CENTRAL CONVENCIONAL”.**



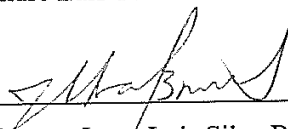
Prof. Doutor Washington Luiz Assunção (Orientador) - UFU



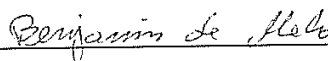
Prof. Doutor Gustavo Haddad Souza Vieira – IFES – Unidade Santa Tereza



Professor Doutor André Luis Teixeira Fernandes – UNIUBE –Uberaba



Professor Doutor Jorge Luis Silva Brito – UFU



Professor Doutor Benjamim de Melo – ICIAG - UFU

Data: 26 / 06 de 2015

Resultado: Aprovado

*Aos meus pais, irmãos, tios (as),
primos (as) e aos meus amigos, por
mais esta conquista na minha vida,*

OFEREÇO.

*Ao meu esposo, Leandro da Silva
Almeida e à minha tão esperada
primogênita Maria Fernanda,*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é um ato simples, mas que faz muito bem ao coração de quem o faz. Por isso, não poderia deixar de registrar aqui os meus agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus, que, por intermédio do seu Espírito Santo me conduziu em todas as etapas da realização deste curso.

À Santíssima Virgem Maria, mãe e advogada nossa, agradeço pelos “benefícios que todos os dias recebemos de vossas mãos liberais”.

Ao meu orientador, professor Dr. Washington Luiz Assunção, descobridor do “efeito sombra”, agradeço por confiar a mim a realização deste trabalho, pelo incentivo sempre constante ao longo deste curso e também pela valiosa ajuda e acompanhamento de todas as etapas desta pesquisa.

Aos proprietários e gerentes das Fazendas Paranavaí e Quilombo, agradeço pela permissão e apoio para a realização de testes e experimentos em suas propriedades.

Aos professores Dr. Benjamim de Melo (ICIAG/UFU) e Dr. Jorge Luís Silva Brito (IG/UFU), que participaram das bancas de projeto, qualificação e defesa da Tese, obrigada pelo acompanhamento constante durante a pesquisa. Aos outros membros da banca de defesa da Tese, Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira (IFES, Campus Santa Tereza) e Prof. Dr. André Luis Teixeira Fernandes (UNIUBE), obrigada por aceitarem o convite e contribuírem com o engrandecimento deste trabalho.

Ao meu esposo Leandro da Silva Almeida e aos estudantes do curso de Engenharia Agrônômica do IFTM-Câmpus Uberlândia: Glayton Carina Garcia Júnior, Luiz Pedro Barros Guimarães, Paulo Eduardo Oliveira Franco e Bruno Alves Borges. Obrigada pela valiosíssima ajuda nos trabalhos de campo.

À minha colega de trabalho, amiga-irmã, professora Me. Sueli Gomes de Lima (IFTM), pela sua valorosa contribuição nas revisões de português deste trabalho. Sou eternamente grata pela sua presença em minha vida. Da mesma forma, agradeço ao professor Danilo Custódio de Medeiros (IFTM) que gentilmente

contribuiu com a elaboração de desenhos esquemáticos, e ao professor Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães (FAMAT/UFU) pela inestimável ajuda na interpretação estatística dos dados.

Ao atual Coordenador do PPGEQ, Dr. João Cleps Júnior, outrora, Dr. Rosselvelt José Santos e aos funcionários da Secretaria de Pós Graduação em Geografia, pelo serviço e pelas informações prestadas ao longo deste período.

Ao Diretor Geral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro-IFTM- Câmpus Uberlândia, Dr. Ednaldo Gonçalves Coutinho, pelo período de licença concedido para a conclusão deste curso.

Por fim, sou grata a muitas outras pessoas, as quais não cabe nomear aqui, que me proporcionaram apoio e torcida; elas foram muito importantes nessa caminhada.

*[...] “O saber se aprende com os mestres.
A sabedoria, só com o corriqueiro da vida”.*

Cora Coralina - poetisa

RESUMO

Observações acerca do funcionamento de um pivô central convencional em campo ao irrigar uma lavoura cafeeira em idade adulta, possibilitaram identificar um acúmulo de água nos limites da região sombreada pelo dossel das plantas em detrimento da região central das entrelinhas. Esse fato seria justificado devido à interceptação de parte da lâmina de irrigação pelos cafeeiros o que foi denominado pelos autores de “efeito sombra”. Este trabalho teve como objetivo descrever, esquematizar e comprovar, experimentalmente, o “efeito sombra” além de constatar a possibilidade de economia de recursos hídricos e de energia elétrica em função deste fenômeno. O experimento foi realizado em área de 115,33 ha plantada com cafeeiro arábica (*Coffea arabica*), espaçamento de 4 m x 0,7 m, em toda a lavoura, sendo a metade da mesma ocupada pela cultivar Catuaí e a outra metade ocupada pela cultivar Mundo Novo. O pivô central operante na área possui 11 torres mais o vão em balanço cujo comprimento de toda a linha lateral soma 608,58 m. A descrição e a esquematização do “efeito sombra” foram realizadas com base em observações em campo e no entendimento do funcionamento do pivô central por meio de manuais técnicos. Para comprovação do “efeito sombra” utilizou-se estruturas de madeira revestidas por um filme plástico de 150 micras as quais foram posicionadas em locais estratégicos entre os vãos das 10 últimas torres do pivô central de modo a quantificar a água precipitada tanto sob a região sombreada pelo dossel das plantas quanto nas entrelinhas. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva e análise de variância. Constatou-se que as lâminas médias coletadas sob o dossel foram maiores e estatisticamente diferentes das lâminas coletadas nas entrelinhas para ambas cultivares sendo que a interceptação da lâmina de irrigação pelo cafeeiro causou, em média, a concentração de 30,4% desta lâmina nos limites do dossel das plantas e que não houve diferença estatística ao se comparar o maior ou o menor “efeito sombra” entre as cultivares cuja diferença na altura das mesmas era de, aproximadamente, 80 cm. Por fim, constatou-se a possibilidade de economia de recursos hídricos e de energia ao propor ajuste do temporizador do equipamento caso o produtor rural repensasse o manejo da irrigação em função do “efeito sombra”.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura irrigada; manejo da irrigação; “efeito sombra”.

ABSTRACT

A center pivot irrigation system was observed to determine water accumulation under the canopy of mature coffee shrub at the expense of water falling on the central region between rows. This fact is justified given the irrigation depth intercepted by what is called the “shade effect.” The current study describes, schematizes and experimentally proves this “shade effect” and considers potential savings in water and electricity that are a consequence of this phenomenon. The experiment was carried out on a 115.33 ha plantation of *Coffea arabica* spaced 4m x 0.7m. Half of this area was planted with the cultivar Catuai and the other half with Mundo Novo. The center pivot irrigation system had 11 towers spread out over a 608.58 m cantilevered span. The description and schematization of the "shade effect" were based on field observations and understanding the center pivot function via technical manuals. The "shade effect" was investigated using wooden structures covered by plastic sheets (150 microns thick). The structures were positioned between the spans of the last 10 towers to measure irrigation levels both under the shrub canopy and between rows. Data were analyzed by descriptive statistics and analysis of variance. It was found that irrigation depths under the plant canopies were greater and statistically different from irrigation depths between rows for both cultivars. Specifically, plant interception caused, on average, a 30.4% concentration of the irrigation depth at the outer canopy edge. There was no statistical difference between the “shade effect” caused by either cultivar despite a height difference of approximately 80 cm. Finally, farmers could achieve water and energy savings by adjusting irrigation timing to take advantage of the “shade effect.”

KEYWORDS: Irrigated coffee plantations, irrigation management, “shade effect.”

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Principais áreas produtoras de café no Brasil..... 19
Figura 2	Produção de café no Brasil em 2014 por estado, em porcentagem de participação na produção total..... 19
Figura 3	Biomassas que ocupam o território brasileiro, sendo a área ocupada pelo bioma Cerrado, em destaque na cor marrom..... 20
Figura 4	Médias de produtividade de café no Brasil e nas regiões de cerrado no período de 2008 a 2014 e a previsão para o ano de 2015..... 21
Figura 5	Região do Cerrado Mineiro, Minas Gerais: primeiro selo de Denominação de Origem..... 23
Figura 6	Vista lateral de um pivô central..... 27
Figura 7	Motor elétrico (a), caixa elétrica de contatos (b) e painel principal (c)..... 27
Figura 8	Painel principal de controle do pivô central (a) e detalhe do temporizador (b)..... 28
Figura 9	Representação do movimento das torres do pivô central onde Θ é o ângulo de desalinhamento das torres (t)..... 29
Figura 10	Esquema da instalação de um pivô central em campo..... 31
Figura 11	Funcionamento do LEPA em campo, operando sobre linhas de cafeeiro aos oito meses de idade, Fazenda São Thomé, Pirapora-MG..... 33
Figura 12	Mapa de localização da área de estudo (Pivô P)..... 40
Figura 13	Precipitação média mensal em Araguari (MG) – 1975-2013..... 41
Figura 14	Linhas de cafeeiros da cultivar Catuaí (à esquerda) e da Cultivar Mundo Novo (à direita) indicadas por placas, em agosto de 2013..... 42
Figura 15	Aspecto da lavoura 11 dias antes da execução do experimento em campo..... 43

Figura 16	Emissores sobre a linha lateral (a) e detalhe do vão em balanço (b).....	44
Figura 17	Detalhe do emissor SUPER SPRAY ON TOP®.....	45
Figura 18	Detalhe da disposição dos coletores ao longo de um dos carreadores (R2) (a) e no momento da passagem da linha lateral sobre os coletores (b); detalhe do coletor (c) e localização dos raios (carreadores) R1 e R2 na área de estudo.....	47
Figura 19	Estruturas utilizadas para coleta da lâmina de irrigação em campo.....	48
Figura 20	Estruturas coletoras em campo, após passagem do pivô central (a) e detalhe de uma das estruturas posicionada sob o dossel (b).....	49
Figura 21	Representação do experimento executado em campo, considerando as áreas ocupadas pelas cultivares: Catuaí e Mundo Novo.....	50
Figura 22	Acúmulo de água nas extremidades das plantas após passagem do pivô central em uma lavoura cafeeira da variedade Mundo Novo, espaçamento de 4,20 m x 1,20 m e altura média das plantas de 2,60 m.....	52
Figura 23	Acúmulo de água nas extremidades das plantas após passagem do pivô central em uma lavoura cafeeira da variedade Mundo Novo, espaçamento de 3,0 m x 1,20 m e altura média das plantas de 2,25 m.....	53
Figura 24	Vista superior da distribuição de água no solo devido ao “efeito sombra” em lavoura cafeeira irrigada por um pivô central.....	54
Figura 25	Detalhe do emissor sobre a linha lateral sem (a) e com aspersão (b).....	56
Figura 26	Distribuição das lâminas coletadas ao longo dos raios R1 e R2	59

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1	Ranking dos principais produtos exportados e sua participação no agronegócio brasileiro com destaque para o café e seus produtos derivados..... 18
Tabela 2	Estatística descritiva das lâminas coletadas sob o dossel e nas entrelinhas considerando as duas cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo)..... 60
Tabela 3	Teste de Normalidade (Anderson-Darling) para o conjunto de dados coletados 61
Tabela 4	Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias e Teste T para comparação da lâmina de água coletada, tanto sob o dossel quanto na entrelinha, para ambas as cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo) 62
Tabela 5	Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias e Teste T para comparação do “efeito sombra” entre as cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo)..... 63
Tabela 6	Teste T para comparação da lâmina média coletada sob o dossel de ambas cultivares (Catuaí e Mundo Novo) com a LMC (29,02 mm) na área irrigada 65

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 REFERENCIAL TEÓRICO	16
1.1 A cafeicultura no Brasil - origem e produção.....	16
1.2 A cafeicultura no cerrado	20
1.3 A cafeicultura irrigada.....	24
1.4 Sistemas de irrigação por pivô central no Brasil.....	25
1.5 Descrição e funcionamento do pivô central	26
1.6 Pivô central convencional x LEPA.....	32
1.7 A interceptação de água pelas plantas e o “efeito sombra”	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Descrição e esquematização do “efeito sombra”	37
2.2 Comprovação do “efeito sombra” em campo	38
2.2.1 <i>Ajustes metodológicos preliminares para comprovação do “efeito sombra”</i>	38
2.2.2 <i>Localização e caracterização da área de estudo</i>	39
2.2.3 <i>Descrição técnica do pivô central</i>	43
2.2.4 <i>Avaliação da uniformidade de aplicação de água do pivô central</i>	45
2.2.5 <i>Metodologia utilizada para coleta de água em campo</i>	46
2.2.6 <i>Análise dos dados</i>	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1 Descrição e esquematização do “efeito sombra”	52
3.2 Comprovação do “efeito sombra” em campo	58
3.2.1 <i>Teste de Uniformidade do pivô central</i>	58
3.2.2 <i>Análises estatísticas dos dados - comprovação do “efeito sombra”</i>	60
3.2.3 <i>Economia de recursos hídricos e de energia</i>	66
CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	70
ANEXOS	77
APÊNDICES	96

INTRODUÇÃO

A expansão da cafeicultura em direção a novas fronteiras, a evolução dos sistemas de irrigação acompanhada de custos mais acessíveis dos equipamentos e a preocupação do cafeicultor com uma produção eficiente e que gere produtos de qualidade, são os principais fatores que tornam a irrigação do cafeeiro um tema de destaque nos últimos anos (SANTINATO et al., 2008).

Nas consideradas “novas fronteiras cafeeiras” como o oeste e sul da Bahia, nordeste de Minas Gerais e leste de Goiás, o predomínio é da irrigação tecnificada, com a utilização dos sistemas de pivô central e gotejamento. O sistema de pivô central é utilizado por cafeicultores empresariais, com predomínio de plantios superiores a 100 ha (SANTINATO; FERNANDES, 2002). O sistema de gotejamento, outrora utilizado somente em pequenas e médias propriedades, complementando áreas de pivô central, recentemente, teve seu uso estendido aos grandes empresários para uso de forma isolada em áreas planas ou de topografia não mecanizável (SANTINATO; FERNANDES, 2012).

Observações acerca do funcionamento do pivô central convencional, em campo, ao irrigar uma lavoura de café, em idade adulta, possibilitaram identificar um acúmulo de água na região delimitada pelo dossel do cafeeiro, ou seja, sob a região sombreada pelas plantas, em detrimento da região central das entrelinhas. Esse fato seria justificado devido à interceptação de parte da água advinda dos emissores pelas plantas o que foi denominado pelos autores de “efeito sombra”.

O sistema radicular pivotante do cafeeiro bem como suas raízes finas superficiais se localizam, em sua maioria (70 a 80%), até 30 a 40 cm de

profundidade do solo e até a projeção da copa (MATIELLO, et al., 2010). Portanto, a ocorrência do “efeito sombra”, sob o ponto de vista técnico, seria positivo, já que haveria interceptação de maior parte da água precipitada no local de maior concentração de raízes.

Em tese, este acúmulo de água na região sombreada pelas plantas, sugere que o pivô central convencional se comporte como um sistema “semilocalizado” pelo fato de grande parte da água precipitada ser interceptada e escorrer pelos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos do cafeeiro. Vale ressaltar que o “efeito sombra” não ocorreria se as plantas irrigadas não tivessem uma altura mínima. O “efeito sombra” já teria sido observado por Assunção (2002) ao pesquisar a cafeicultura irrigada no município de Araguari. No entanto, nenhum trabalho de pesquisa foi realizado para comprovação deste fenômeno.

O setor de irrigação é responsável por 54% da demanda consuntiva total dos recursos hídricos no Brasil seguido das vazões de retirada para fins de abastecimento humano urbano, industrial, animal e humano rural (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2015). O setor de irrigação, portanto, é responsável pela maior parte do uso consuntivo de água no Brasil, o que torna imprescindível o uso racional e sustentável da mesma para esse fim. Neste aspecto, uma vez confirmado o “efeito sombra”, o produtor rural que utiliza o pivô central convencional terá a oportunidade de repensar seu manejo de irrigação a favor de uma maior economia de recursos hídricos e de energia, com a vantagem de utilizar um equipamento com menores custos de instalação, quando comparado, por exemplo, ao uso de pivôs centrais equipados com emissores do tipo *Low Energy Precision Application* (LEPA), dentre outras vantagens.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi descrever, esquematizar e comprovar experimentalmente a interceptação de água aplicada por meio de um pivô central em uma lavoura cafeeira, ou seja, o “efeito sombra”. Além disso, teve como objetivo específico (ou secundário), constatar a possibilidade de economia de recursos hídricos e de energia quando se leva em consideração este fenômeno.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A cafeicultura no Brasil - origem e produção

O cafeeiro é uma planta de origem africana, perene, arbustiva, que pertence à família das Rubiáceas. As espécies *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café robusta) são as únicas espécies cultivadas em grande escala nas diversas regiões do mundo e representam, praticamente, 100% de todo o café comercializado (MATIELLO et al., 2010). As participações do café arábica e do café robusta são de 60% e de 40%, respectivamente, na produção mundial (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION-ICO, 2014).

Originário do sub-bosque de florestas no planalto da Etiópia (antiga Abissínia), o café arábica tem um ótimo desenvolvimento em clima tropical de altitude, com umidade e temperaturas amenas (19 °C a 22 °C). Este, devido ao excelente sabor e aroma, proporciona bebida de maior valor comercial, alcançando preços superiores aos preços do café robusta que possui maior teor de cafeína; no entanto, é uma bebida de menor qualidade, sendo muito usada nas misturas ou *blends* e na indústria de café solúvel. Nativo da bacia do rio Congo, região equatorial baixa da África Central, quente e úmida, o café robusta tem desenvolvimento apto, portanto, em regiões de temperatura bem mais elevadas (22 °C a 26 °C) que aquelas apropriadas ao café arábica (MATIELLO et al., 2010).

O café chegou ao Brasil, no estado do Pará, no ano de 1727, trazido da Guiana Francesa, pelo sargento-mor Francisco de Mello Palheta. As primeiras mudas de cafeeiro foram plantadas em Belém, em seguida, no Maranhão. Em 1760, as mudas foram introduzidas no Rio de Janeiro, expandindo-se pela encosta da Serra do Mar e atingindo, em 1780, o Vale do Paraíba. Como o solo e as condições

climáticas de quase todo o país eram favoráveis ao cultivo do cafeeiro, a cultura espalhou-se por grande parte do Brasil (ORMOND et al., 1999).

A partir da sua introdução no território brasileiro, o café teve rápida expansão em seu cultivo, sendo que, nos séculos XVIII e XIX, o Brasil se tornou o maior produtor mundial, liderando as exportações e garantindo recursos para o processo de industrialização. Em 1845, o país era responsável por 45% da produção mundial do grão (ORMOND et al., 1999). Desde o século XIX até os dias atuais, o café constitui-se, então, um importante produto na economia do país fazendo do Brasil o maior produtor e exportador deste produto.

A produção brasileira de café em 2014 foi de, aproximadamente, 45,3 milhões de sacas beneficiadas, sendo 32,3 milhões de sacas de café arábica e 13 milhões de sacas de café conilon. O Vietnã, segundo maior produtor do grão, produziu cerca de 29,3 milhões de sacas. Neste país predomina o cultivo de café conilon (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2015).

Considerando o peso da cultura na balança do agronegócio brasileiro, em 2014, o café ocupou o quinto lugar no ranking dos produtos mais exportados representando cerca de 6,9% das exportações (BRASIL, 2014), conforme Tabela 1.

A área total plantada no Brasil com a cultura do cafeeiro (arábica e conilon) totaliza 2,26 milhões de hectares. Desse total, 323,38 mil hectares (14,3%) estão em formação e 1,93 milhões de hectares (85,7%) estão em produção (CONAB, 2015). Na Figura 1 estão marcadas as principais áreas produtoras de café no Brasil.

A participação de cada estado na produção de café está apresentada na Figura 2.

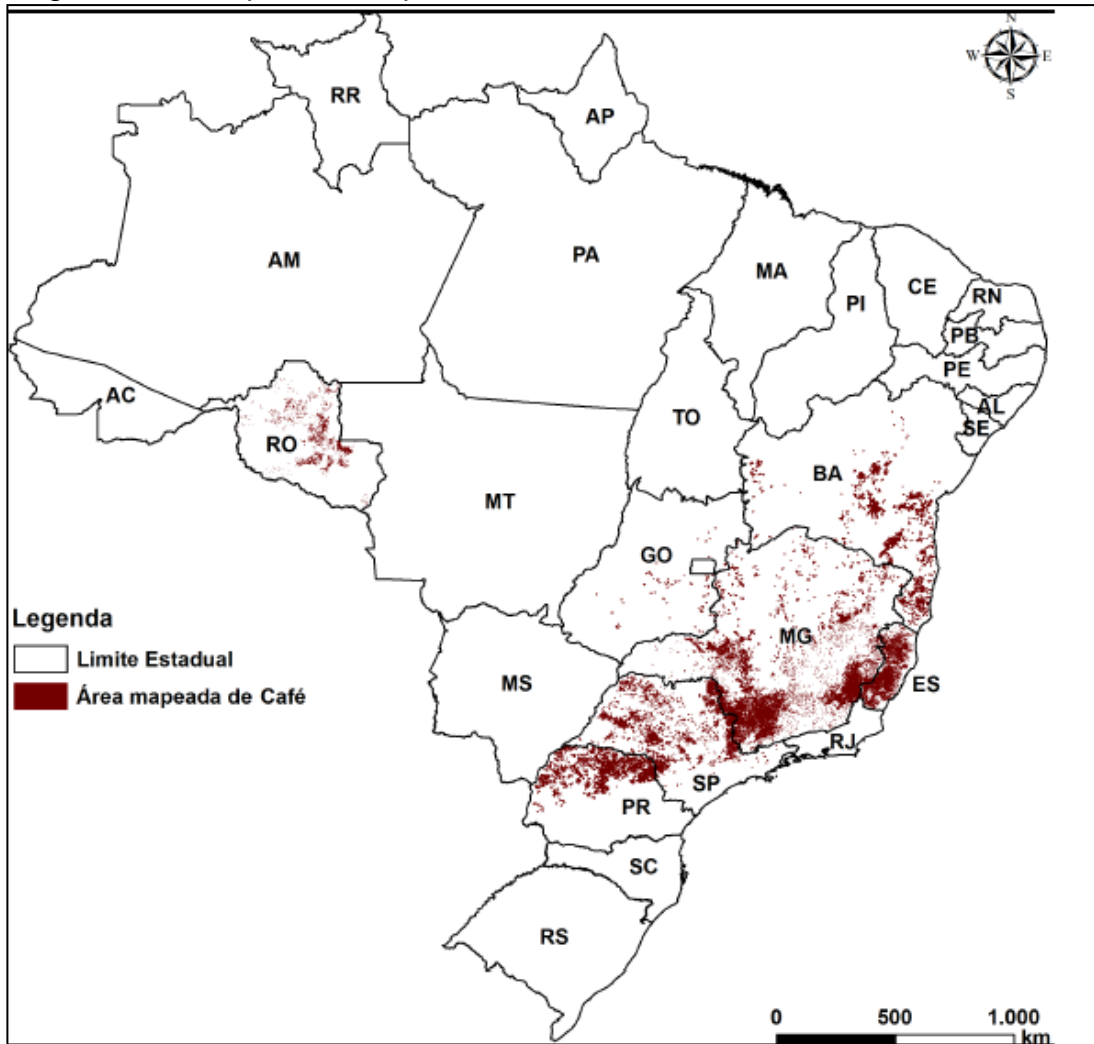
Tabela 1 - Ranking dos principais produtos exportados e sua participação no agronegócio brasileiro, com destaque para o café e seus produtos derivados

PRINCIPAIS PRODUTOS EXPORTADOS	2014	
	US\$ MIL	%
COMPLEXO SOJA	31.403.497	32,5%
CARNES	17.429.297	18,0%
COMPLEXO SUCROALCOOLEIRO	10.366.872	10,7%
PRODUTOS FLORESTAIS	9.950.706	10,3%
CAFÉS	6.661.875	6,9%
CAFÉ VERDE	6.041.101	6,2%
CAFÉ SOLÚVEL	563.324	0,6%
CAFÉ TORRADO & MOÍDO	11.603	0,0%
OUTROS EXTRATOS, ESSENCIAIS, CONCENTRADOS	45.831	0,0%
CAS CAS, PELÍCULAS DE CAFÉ E SUCEDANEOS	16	0,0%
CEREAIS, FARINHAS E PREPARAÇÕES	4.641.435	4,8%
COUROS, PRODUTOS DE COURO E PELETERIA	3.449.009	3,6%
FUMO E SEUS PRODUTOS	2.501.868	2,6%
SUCOS	2.168.269	2,2%
FIBRAS E PRODUTOS TÊXTEIS	1.841.766	1,9%
FRUTAS (INCLUI NOZES E CASTANHAS)	841.296	0,9%
ANIMAIS VIVOS (EXCETO PESCADOS)	742.199	0,8%
CHÁ, MATE E ESPECIARIAS	485.415	0,5%
BEBIDAS	428.043	0,4%
LÁCTEOS	346.184	0,4%
CACAU E SEUS PRODUTOS	337.424	0,3%
PESCADOS	207.219	0,2%
DEMAIS PRODUTOS	2.945.507	3,0%
TOTAL:	96.747.881	100,00

Fonte: adaptado de BRASIL (2014).

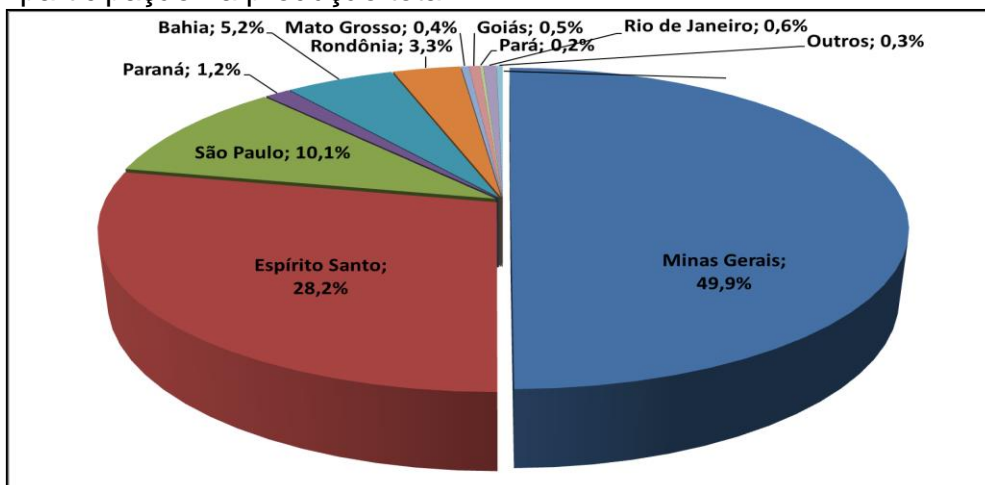
Com dimensões continentais, o país possui uma variedade de climas, relevos, altitudes e latitudes que permitem a produção de vários tipos e qualidades de cafés. A cafeicultura brasileira apresenta-se, portanto, bastante diversificada, com particularidades regionais e de grande importância na geração de empregos, de recursos e de divisas (FERNANDES et al., 2012).

Figura 1 - Principais áreas produtoras de café no Brasil



Fonte: CONAB (2013).

Figura 2 - Produção de café no Brasil em 2014 por estado, em porcentagem de participação na produção total



Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

1.2 A cafeicultura no cerrado

O Cerrado brasileiro ocupa, predominantemente, o Planalto Central com 2,04 milhões de km², equivalente a aproximadamente 24% do território nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2004a). Constituindo o segundo maior bioma do País, o Cerrado ocupa a totalidade do Distrito Federal (100%) além dos estados de Goiás (97%), Tocantins (91%), Maranhão (66%), Mato Grosso do Sul (61%), Minas Gerais (57%), Mato Grosso (40%), Piauí (37%), São Paulo (33%), Bahia (27%) e Paraná (2%) (SANO et al., 2010). Na Figura 3 está apresentado o mapa de biomas do Brasil, sendo a área ocupada pelo bioma Cerrado, em destaque na cor marrom.

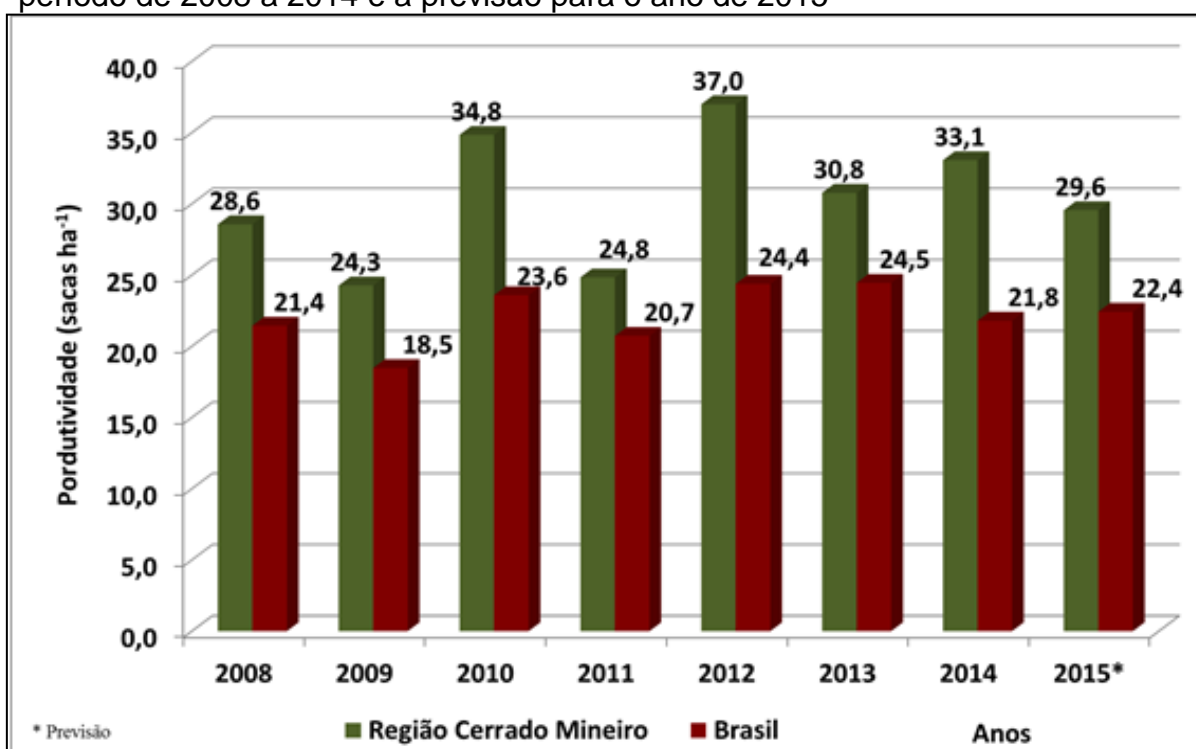
Figura 3 - Biomas que ocupam o território brasileiro, sendo a área ocupada pelo bioma Cerrado, em destaque na cor marrom



Fonte: IBGE, 2004b.

Em termos de agricultura, predominam neste bioma os extensos plantios de soja, milho, feijão, algodão, café e cana-de-açúcar. A cafeicultura, em especial, é caracterizada por apresentar produtividade acima da média nacional nos últimos anos (Figura 4) e utilizar, de maneira mais eficiente, insumos agrícolas, irrigação, genótipos apropriados e mecanização, dentre outras práticas.

Figura 4 - Médias de produtividade de café no Brasil e nas regiões de cerrado no período de 2008 a 2014 e a previsão para o ano de 2015



Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

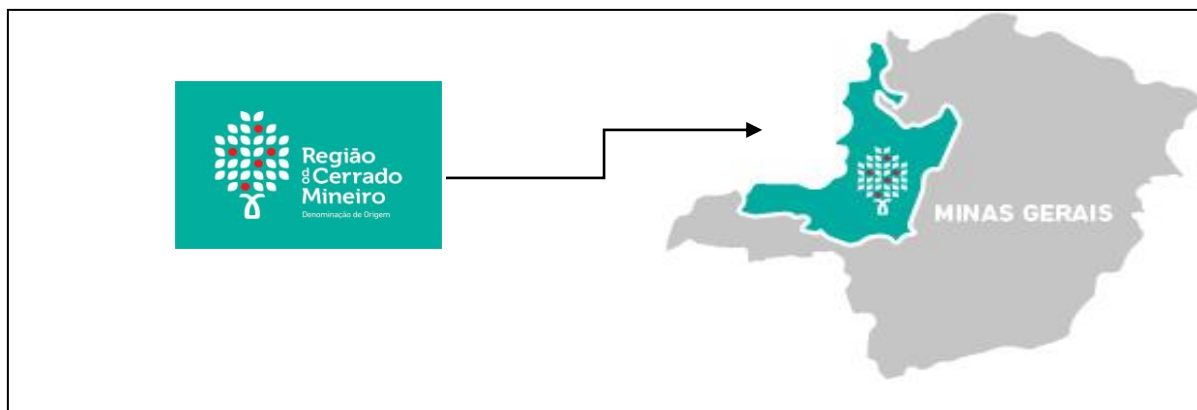
Dado o destaque da cafeicultura em regiões onde predomina o bioma Cerrado no estado de Minas Gerais (Figura 4), em 1995, as regiões produtoras de café deste estado foram delimitadas com a finalidade de instituir certificados de origem. Assim, foram delimitadas quatro regiões: Região do Sul de Minas, Região dos Cerrados de Minas, Região das Montanhas de Minas e Região do Jequitinhonha de Minas (MINAS GERAIS, 1995).

A Indicação de Procedência e a Denominação de Origem são modalidades de certificação que já existem em vários países, e constituem a Indicação Geográfica que é uma das formas mais eficazes de proteger e assegurar a origem de um produto elaborado em uma determinada região.

A Indicação de Procedência se refere ao nome geográfico de um país, de uma cidade, de uma região ou de uma localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço. Já a Denominação de Origem se refere ao nome geográfico de um país, uma cidade, uma região ou uma localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devem exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais (clima, solo, relevo, altitude, etc) e humanos (BRASIL, 1996). Em outras palavras, para obtenção da Denominação de Origem deve haver uma clara ligação estabelecida entre o produto, o território e o talento do homem, ou seja, o “saber-fazer” (TARABAL, 2013).

Assim, a região do Cerrado Mineiro, delimitada pelos paralelos 16°37' a 20°13' de latitude e 45°20' a 49°48' de longitude, abrangendo 55 municípios localizados no Alto Paranaíba, no Triângulo Mineiro, em parte do Alto São Francisco e do Noroeste de Minas foi constituída a primeira região produtora de café demarcada no Brasil. Em 2005, a região foi pioneira na obtenção da Indicação de Procedência e no ano de 2013, obteve o primeiro selo de Denominação de Origem para café concedida no país (MINAS GERAIS, 1995; TARABAL, 2013) cujo selo está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Região do Cerrado Mineiro, Minas Gerais: primeiro selo de Denominação de Origem



Fonte: adaptado de Região do Cerrado Mineiro (2014).

A região demarcada do Cerrado Mineiro abrange cerca de 170 km² e caracteriza-se por regiões de altiplano, com altitude que varia de 820 a 1.100 m, sujeitas a geada de baixa intensidade e estações climáticas bem definidas (verão quente e úmido e inverno ameno e seco) com possibilidade de produção de bebida fina (MINAS GERAIS, 1995; TARABAL, 2013).

Nessa região, utiliza-se cultivares da espécie *Coffea arabica*, sendo seu sabor diferenciado dos demais. As características básicas da bebida são: aroma intenso, com notas aromáticas entre caramelo e nozes; delicada acidez cítrica, que é a mesma da laranja; bebida encorpada com finalização achocolatada e de longa duração (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ORIGENS PRODUTORAS DE CAFÉ-ABOP CAFÉ, 2014). Em função da extensa localização geográfica, da variação de sua altitude e das características de solo, o sabor do Café do Cerrado pode variar em cada microrregião.

No entanto, em diversas regiões de cultivo do café arábica, incluindo regiões do Cerrado Mineiro, cuja condição climática é marcada pela irregularidade na distribuição das precipitações ao longo do ano e a ocorrência de secas prolongadas, a irrigação torna-se uma prática necessária.

1.3 A cafeicultura irrigada

No Brasil, a irrigação do cafeeiro foi iniciada por volta de 1946, por meio de experimentações e de pesquisas realizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). No entanto, a irrigação do cafeeiro assumiu grande importância somente a partir de 1984 com a viabilização técnica e econômica da instalação da cultura em regiões consideradas marginais quanto ao déficit hídrico, tanto para café arábica quanto para café robusta (FERNANDES; SANTINATO, 2003; SANTINATO et al., 2008).

A cafeicultura irrigada ocupa, no Brasil, 240.000 ha, estando a maioria desta área localizada em regiões de Cerrado, representando cerca de 10% da área plantada e mais de 25% da produção de café total no País (FERNANDES, et al., 2012). Destes 10%, de 4,5 a 5,0% concentram-se em Minas Gerais, 3,0 a 3,5% no Espírito Santo, de 1,0 a 1,5% na Bahia e de 0,5 a 1,0%, em Goiás (SANTINATO et al., 2008).

Apesar do maior emprego da irrigação ocorrer em regiões cafeeiras onde existem restrições hídricas em períodos extensos do ano, é grande também a implantação de sistemas de irrigação em áreas climaticamente adaptadas à cafeicultura. Neste caso, o uso da irrigação tem permitido vantagens competitivas, proporcionando maior produtividade da lavoura e melhor qualidade do produto final (VICENTE, 2005).

Como foi observado por Arêdes et al. (2007) em estudo comparando os sistemas produtivos de café não-irrigado e irrigado em uma região com índices pluviométricos favoráveis ao cultivo do grão no município de Viçosa, Minas Gerais, o benefício econômico gerado pela elevação do nível de produtividade da lavoura

devido à adoção de sistemas de irrigação foi maior que os custos gerados pela utilização desses sistemas. Embora eleve o custo total de produção, a produção irrigada diminui o custo médio de produção por saca e eleva o retorno econômico, reduzindo o tempo de recuperação do capital investido e o risco da atividade.

Os sistemas de irrigação mais utilizados na cafeicultura irrigada são os de aspersão (convencional, em malha e pivô central) e os localizados (gotejamento e modificados) (FERNANDES et al., 2012). Modernamente, estão em uso pivôs centrais que aplicam a água de forma eficiente e com reduzido custo de energia, ou seja, os chamados *Low Energy Precision Application* (LEPA). Para a irrigação localizada, o sistema mais utilizado é o gotejamento, havendo, porém, regiões que utilizam a microaspersão, na forma de emissores chamados *microjets* (SANTINATO; FERNANDES, 2012). Cada um desses sistemas tem suas vantagens e limitações e suas peculiaridades de funcionamento, porém Mantovani (2000) relata que o sistema de irrigação por pivô central tem propiciado bons resultados na cafeicultura irrigada.

1.4 Sistemas de irrigação por pivô central no Brasil

O pivô central foi desenvolvido por Frank Ziback, quando era fazendeiro no Colorado, Estados Unidos. Após diversas adaptações, o sistema foi patenteado em 1952, mas, até 1960 seu uso não estava consolidado. A partir de 1961 começou a ser empregado com mais frequência. Em 1973, somente nos Estados Unidos, já se irrigavam 800.000 ha por meio deste equipamento (BERNARDO et al., 2008).

O pivô central chegou ao Brasil na década de 1970, onde se consagrou como sistema de irrigação nas décadas seguintes, impulsionado, sobretudo, por programas governamentais como o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste), PROFIR (Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação) e o PRONI

(Programa Nacional de Irrigação), dado o custo relativamente baixo de operação, a facilidade de operação e a alta eficiência no uso da água (SCHMIDT et al., 2004).

A maior concentração de pivôs centrais está presente em municípios situados no oeste do Estado de Minas Gerais (Mesorregiões Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba), sudeste do Estado de Goiás (Mesorregiões Sul e Leste Goiano), no Distrito Federal, no oeste do Estado da Bahia (Mesorregião Extremo Oeste Baiano), no Estado de São Paulo (Mesorregiões de Ribeirão Preto, Campinas e Bauru), no leste do Estado de Alagoas (Mesorregião do Leste Alagoano) e no Sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul (Mesorregião Sudoeste de Mato Grosso do Sul), regiões com clima quente, chuva mal distribuída ao longo do ano e altas produtividades de diversas culturas agrícolas (LANDAU et al., 2013).

Levantamentos realizados por Toledo et al., (2011), ao mapear os sistemas de pivôs centrais no estado de Minas Gerais, identificaram 3.781 unidades, ocupando uma área total de aproximadamente 254.875 ha. Considerando a margem de erro, quando se utiliza imagens de satélite (inferior a 5%), o número total de pivôs no estado de Minas Gerais variaria de 3682 a 4060. De acordo com os autores, dentre os 853 municípios do estado de Minas Gerais, 180 apresentaram áreas irrigadas por pivô central. Três municípios destacaram-se por apresentarem números acima de 100 equipamentos: Paracatu, Unaí e Rio Paranaíba, sendo 495, 459 e 197 o número de pivôs centrais instalados, respectivamente.

1.5 Descrição e funcionamento do pivô central

O pivô central consiste, basicamente, em uma série de tubulações de distribuição (linha lateral) onde são instalados os emissores ou *sprays*. Estas tubulações são suportadas por uma série de torres metálicas triangulares, e são

movimentadas por meio de rodas pneumáticas ao redor de um ponto central denominado ponto do pivô. Para suportar o vão livre da linha lateral entre torres adjacentes, existe uma estrutura de treliças e tirantes que mantém a tubulação a uma determinada altura do solo. Essa altura, também denominada de altura livre, varia de 2,7 m a 6,0 m, dependendo da cultura a ser irrigada (LIMA, 2009). Na Figura 6, é mostrada a vista lateral de um pivô central aportando as estruturas descritas anteriormente.

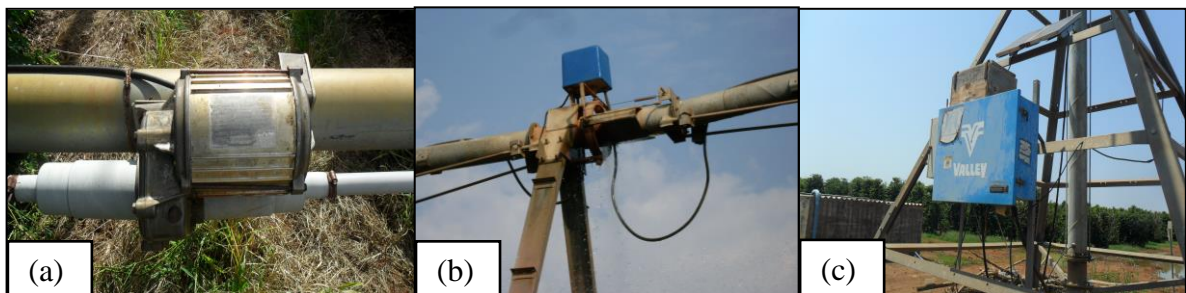
Figura 6 - Vista lateral de um pivô central



Fonte: adaptado de SANTOS (2012).

Atualmente, a movimentação das torres ocorre por dispositivo elétrico, ou seja, cada torre tem, na base, um motor elétrico blindado (motorreductor) de baixa potência (0,5 a 1,5 CV) que transmite o movimento por um eixo cardã aos redutores de rodas. Na parte superior da torre, ficam alojadas as caixas elétricas de controle que têm por função controlar o alinhamento ou controlar o deslocamento das torres. No ponto do pivô, existe o painel principal onde se controla todo o funcionamento da máquina (MATIELLO et al., 2009; SANTOS, 2012) (Figura 7).

Figura 7. Motor elétrico (a), caixa elétrica de contatos (b) e painel principal (c)



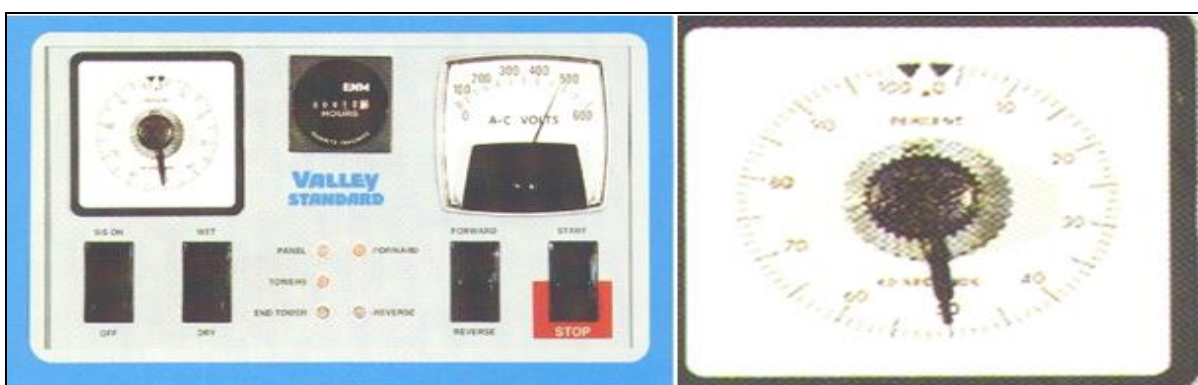
Fonte: A autora (2013).

Em média, o comprimento do raio do pivô pode variar de 200 a 800 m, sendo muito comum o comprimento variar de 400 a 600 m (BERNARDO et al., 2008).

As áreas irrigadas entre as torres aumentam à medida que se distancia do ponto do pivô numa relação proporcional ao quadrado do comprimento do raio. O custo de cada vão é praticamente o mesmo, independente da posição (SANTOS, 2012). Assim, quanto maior for o equipamento, menor o custo por unidade de área irrigada.

O controle de velocidade é realizado por um mecanismo chamado relê cíclico (temporizador) dado pelo comando do painel principal de controle, localizado no ponto do pivô (Figura 8).

Figura 8 - Painel principal de controle do pivô central (a) e detalhe do temporizador (b)

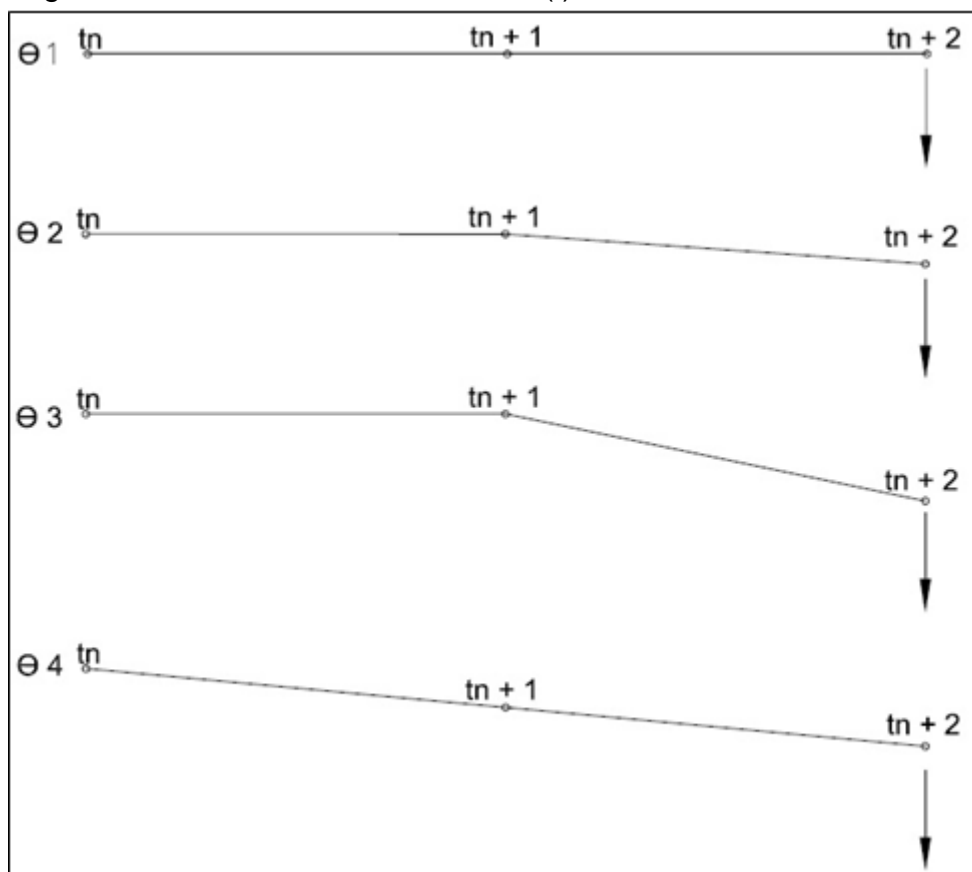


Fonte: Catálogo de Produtos Valley (2003).

O movimento do pivô central inicia-se na última torre, que propaga uma reação em cadeia, a começar da penúltima até a primeira torre. Caso o controle de velocidade de um pivô central seja estipulado em 100%, por exemplo, significa que o motor da última torre ficará em funcionamento 100% do tempo, promovendo movimento contínuo desta torre. Com o seu movimento, ela promoverá o seu desalinhamento progressivo em relação à penúltima torre, e quando o ângulo de desalinhamento atingir um limite preestabelecido, um dispositivo mecânico-elétrico

acionará o motor da penúltima torre, que se movimentará até atingir de novo o alinhamento. Em seguida, esta irá avançar e ultrapassar a última torre, causando novo desalinhamento, devido à menor distância radial. Novamente, o dispositivo mecânico-elétrico será acionado e o motor desta torre será desligado. Esse processo, ilustrado na Figura 9, é contínuo e se propaga para as demais torres. Se o sistema de alinhamento falhar e alguma unidade desalinhar excessivamente, um dispositivo de segurança será acionado e o sistema parará automaticamente (MATIELLO et al., 2009; SANTOS, 2012).

Figura 9 - Representação do movimento das torres do pivô central onde Θ é o ângulo de desalinhamento das torres (t)



Fonte: Adaptado de MATIELLO et al. (2009).

Uma vez que a linha lateral opera em círculos, cuidados especiais devem ser tomados no projeto hidráulico, a fim de se obter uma aplicação de água uniforme

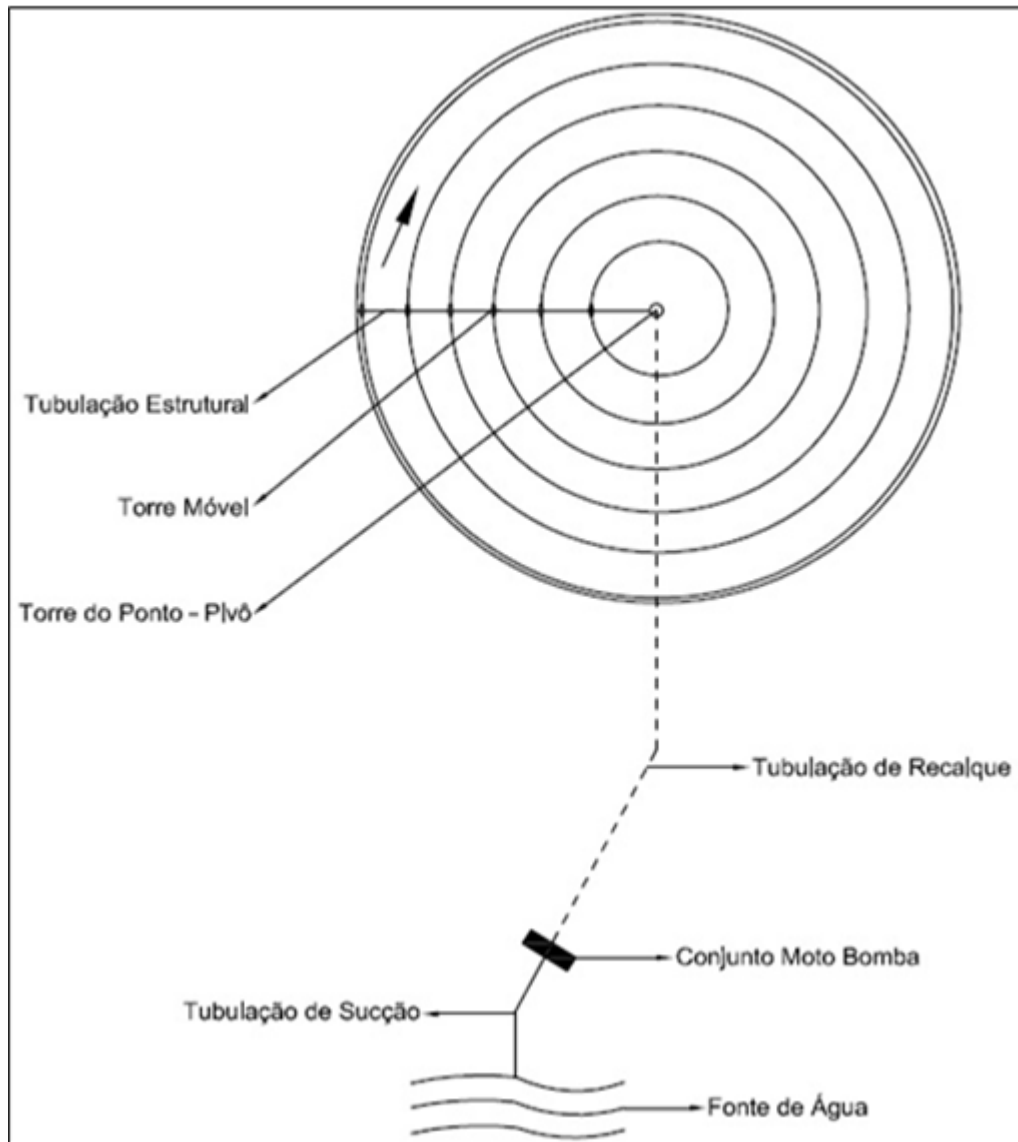
sobre a área. Os “*sprays*” ou aspersores localizados próximos ao centro da linha lateral cobrem áreas menores do que aqueles localizados próximos ao extremo da mesma, o que significa que a descarga de água dos primeiros aspersores na linha lateral deve ser menor, aumentando em direção à extremidade. A aplicação de água é feita ao longo da tubulação que passa por estes aspersores, espaçados regular ou irregularmente conforme o sistema empregado (LIMA, 2009).

O tipo e a quantidade de aspersores ou emissores variam de acordo com o comprimento do sistema, sendo o uso desses dispositivos dependentes das condições locais de solo, topografia e custos de energia. Normalmente, para que a intensidade de aplicação de água na extremidade do equipamento não ultrapasse a velocidade de infiltração de água no solo, há a necessidade de se utilizar emissores ou aspersores com raio de alcance maior que aqueles localizados próximos ao centro do pivô (LIMA, 2009).

A adutora de conexão entre a tomada d’água e o pivô central é composta de tubulação de sucção, ligação de pressão ou saída de bomba e tubulação de recalque com diâmetro dimensionado de acordo com a vazão do sistema, comprimento da linha, perda de carga e pressão de serviço. Devido ao custo e vida útil, os materiais mais utilizados para tubulação de recalque são: aço zincado e PVC (policloreto de vinila) (LIMA, 2009). Na Figura 10, está representado o esquema de instalação de um pivô central em campo.

O acionamento do conjunto motobomba pode ser realizado por motor a combustão ou elétrico. No caso de acionamento por motor a diesel (combustão), há a necessidade também de um gerador de eletricidade para o acionamento dos motorreductores do pivô (LIMA, 2009).

Figura 10 - Esquema da instalação de um pivô central em campo



Fonte: Adaptado de MATIELLO et al. (2009).

Comparando o pivô central com sistemas de irrigação localizada, o primeiro é imbatível na capacidade de irrigar grandes áreas rapidamente. De acordo com Coelho (2007), para cada 1 ha do sistema de gotejamento projetado e instalado em campo, é possível projetar 10 ha de irrigação por pivô central com o mesmo tempo de trabalho.

1.6 Pivô central convencional x LEPA

A modernização do sistema de pivô central tem ocorrido principalmente nos sistemas de propulsão, alinhamento e dispositivos de distribuição de água. Desde seu surgimento, foram incorporadas novas tecnologias tais como, sistema de propulsão elétrica, vãos de grande comprimento, articulações flexíveis entre torres, tubulação aérea de maior diâmetro e comprimento. Além disso, a necessidade de reduzir o consumo de energia e ao mesmo tempo manter a uniformidade e eficiência de aplicação de água tornaram-se grandes preocupações (LIMA, 2009).

Assim, na década de 1980, foi desenvolvido o pivô central de aplicação localizada equipado com emissores do tipo “*Low Energy Precision Application*” (LEPA), denominado apenas como LEPA. Este equipamento teve seus primeiros usos nos Estados Unidos na irrigação de pomares de citros e, no Brasil, cujo uso é restrito na irrigação de cafeeiros (MANTOVANI et al., 2007; TEIXEIRA, 2003), teve sua utilização iniciada no município de Luiz Eduardo Magalhães, Estado da Bahia, no ano de 1993 (SANTINATO; FERNANDES, 2002).

O uso do LEPA permite a aplicação de água diretamente sobre as linhas plantadas de café, as quais devem ser posicionadas em sentido circular (Figura 11). O principal propósito do LEPA é a aplicação eficiente de água com reduzido custo de energia (YAZAR et al., 2002), o que tem proporcionado a este equipamento uma forte tendência de vendas no mercado nacional.

A eficiência da aplicação de água pelo LEPA é da ordem de 95% a 98% devido à menor interferência do vento (FERNANDES; SANTINATO, 2003). A localização dos emissores muito próxima aos cultivos e perto da superfície do solo

permite que a porção de área molhada no solo e superfície da planta seja minimizada.

Figura 11 - Funcionamento do LEPA em campo, operando sobre linhas de cafeeiro aos oito meses de idade, Fazenda São Thomé, Pirapora-MG



Fonte: MATIELLO et al. (2009).

No entanto, esse sistema possui algumas desvantagens com relação ao emprego do pivô central convencional na cafeicultura irrigada. O primeiro aspecto a ser considerado é que os custos de instalação e de equipamentos (emissores) são maiores, além de apresentar riscos de encharcamento do solo (SANTINATO; FERNANDES, 2002). O sistema tem como característica a elevada taxa de aplicação instantânea que, geralmente, excede a taxa de infiltração de água no solo, necessitando da construção de bacias para o armazenamento de água, enquanto ocorre a infiltração (RIBEIRO, 2009).

No caso do plantio de café, o problema é ainda maior, pois, em sua fase inicial de desenvolvimento, não há cobertura vegetal suficiente para proteger a superfície do solo do impacto das gotas de água, ocorrendo desagregação de sua superfície, bem como escoamento superficial. Tais problemas são agravados em

solos de textura média, como é o caso dos Latossolos presentes em áreas com predominância do sistema de irrigação LEPA (RIBEIRO, 2013).

Além disso, o plantio em formato circular (obrigatoriamente utilizado quando se emprega o pivô equipado com emissores do tipo LEPA) dificulta a incidência de níveis ótimos de radiação solar na lavoura. Segundo Baliza et al. (2012), diferenças na quantidade de radiação incidente podem causar modificações nas características estruturais e funcionais das folhas, as quais podem responder diferentemente por modificações anatômicas, morfológicas e fotossintéticas.

Sabe-se que, no sistema de irrigação por pivô central convencional, as perdas de água giram em torno de 25% a 30% contra 2% a 3% quando se utiliza emissores do tipo LEPA (SANTINATO; FERNANDES, 2002). No entanto, devido às características de aplicação de água de forma localizada e por se tratar de um sistema recentemente desenvolvido, acredita-se que haja controvérsias quanto à economia de água quando se utiliza este último (TEIXEIRA, 2003). Por isso, há a necessidade de estudos quanto à metodologia mais adequada para a avaliação da uniformidade de aplicação da lâmina de irrigação do LEPA, já que o emissor aplica água de forma localizada, dificultando a coleta devido à pequena área dos pluviômetros (MANTOVANI et al., 2007; TEIXEIRA, 2003).

Finalmente, se por um lado o sistema LEPA reduz a pressão de operação do sistema e diminui as perdas por evaporação, por outro lado requer um investimento inicial maior em emissores e pendurais, além do plantio circular da cultura e do condicionamento do microrelevo do solo (operação mecanizada extra). Assim, pode-se dizer que a eficiência do sistema LEPA está relacionada também com características locais como as propriedades físicas do solo em questão (COELHO, 2007).

Obviamente que as inúmeras vantagens do uso do LEPA, conforme descritas anteriormente, fazem deste, um sistema de irrigação moderno e que vai de encontro aos interesses dos cafeicultores quando se opta pelo pivô central como sistema de irrigação. No entanto, entende-se também que a extrapolação de resultados que sugerem menores vantagens do uso do pivô central convencional com relação ao uso do LEPA pode ser considerada um tanto insipiente, necessitando do aprofundamento de pesquisas relacionadas ao tema. O estudo da quantificação da água interceptada pelo cafeeiro por meio de um pivô central convencional, ou seja, o estudo do “efeito sombra”, por exemplo, é um tema, que, por ser inédito, certamente contribuirá com a extrapolação de tais resultados.

1.7 A interceptação de água pelas plantas e o “efeito sombra”

A interceptação da água de chuva pela cobertura vegetal tem sido estudada por alguns autores como Ferreira et al. (2005) e Arcova et al. (2003) em ecossistemas florestais e culturas perenes de grande porte, mas quando se faz uso da irrigação, existem poucos trabalhos.

Na literatura, há relatos apenas de estudos da interceptação de água aplicada por pivô central em cana-de-açúcar e em milho com o objetivo de quantificar a água proveniente da irrigação que não atinge o solo (TEIXEIRA et al., 2012; ALVES et al., 2001; FOLEGATTI; PAZ, 1998). Sob o aspecto da irrigação, esses valores são de grande importância, pois revelam que a variabilidade da precipitação interna no dossel é considerável e depende do desenvolvimento da cultura, podendo influir na eficiência de aplicação de água (ALVES et al., 2001).

No entanto, o estudo que envolve a coleta e a quantificação da água que atinge o solo, sob o dossel dos cafeeiros e nas entrelinhas, após irrigação por um

pivô central convencional em uma lavoura cafeeira, ainda não foi realizado. Além do que foi descrito e sugerido por Assunção (2002), não se tem registro sobre a interceptação de água pelo cafeeiro proveniente de um pivô central convencional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A fim de cumprir com os objetivos desta pesquisa, primeiramente, houve uma preocupação em descrever e em esquematizar como ocorreria fisicamente o “efeito sombra” e, posteriormente, comprovar, por meio de experimento em campo, este fenômeno.

Dessa forma, tanto os materiais e métodos quanto os resultados e as discussões foram divididos em duas partes. A primeira parte se refere à descrição e às esquematizações referentes ao “efeito sombra”. Já a segunda parte, se refere às descrições e às discussões de todas as etapas necessárias para a comprovação do “efeito sombra” baseadas em experimento de campo além das discussões referentes à economia de recursos hídricos e de energia elétrica.

2.1 Descrição e esquematização do “efeito sombra”

A descrição física do “efeito sombra” foi realizada, primeiramente, com base em observações da irrigação de lavouras cafeeiras por meio de pivôs centrais convencionais em campo.

A consulta a manuais e a projetos técnicos que explicam o funcionamento do pivô central convencional, bem como entrevistas com técnicos responsáveis pela instalação e funcionamento dos equipamentos, também foram imprescindíveis para o correto entendimento de questões técnicas que serviram de suporte para a condução da pesquisa.

Por fim, a realização de observações da irrigação em lavouras cafeeiras, bem como o prévio entendimento do funcionamento do equipamento em campo,

permitiram, em sequencia, a tentativa de realizar representações esquemáticas do fenômeno por meio de ferramentas computacionais.

2.2 Comprovação do “efeito sombra” em campo

2.2.1 Ajustes metodológicos preliminares para comprovação do “efeito sombra”

A pesquisa proposta, por ser inédita, não permitiu réplicas de outras metodologias, sendo necessários testes preliminares com a finalidade de ajustar tanto os materiais que seriam utilizados em campo quanto a metodologia e, assim, atingir os objetivos deste trabalho. Estes testes foram realizados nos anos de 2011 e de 2012 em duas lavouras cafeeiras e consistiram em simular como se daria o recolhimento e a quantificação da água precipitada, tanto na região limitada pelo dossel do cafeeiro quanto nas entrelinhas, e eles permitiram constatar que:

- a) as estruturas construídas para coleta de água em campo se mostraram adequadas. As mesmas foram constituídas de madeira e revestidas com um filme plástico para estufas de 150 micras cujas dimensões foram definidas conforme o espaçamento entre linhas e a largura da faixa vegetada sombreada, ou seja, o diâmetro do dossel. A ideia seria dispor estas estruturas na lavoura de modo que recolhessem a água precipitada tanto sob o dossel quanto nas entrelinhas a fim de comparar as quantidades precipitadas em cada local;
- b) a disposição das estruturas em campo deveria ser de tal forma que levasse em consideração a velocidade e a direção do vento no momento da realização do experimento, de modo a prevalecer uma maior homogeneidade dos dados coletados. Por isso, a fim de coletar a água que seria interceptada pelo dossel da planta, optou-se por dispor duas estruturas de madeira, em igualdade de dimensões,

em lados opostos considerando uma mesma entrelinha. Vale ressaltar, também, a dificuldade que seria em dispor uma única estrutura de tamanho maior no sentido transversal da linha de plantio a fim de coletar a água sob o dossel de uma única planta. A estrutura que coletaria a água na entrelinha seria disposta neste local, sem maiores problemas;

c) as condições de funcionamento do pivô central existente na lavoura onde se realizaria o estudo teriam que ser testadas. Para isso, seria necessário realizar o teste de uniformidade de aplicação de água a fim de atestar que o equipamento estaria funcionando em condições satisfatórias e, assim, assegurar a consistência dos dados obtidos;

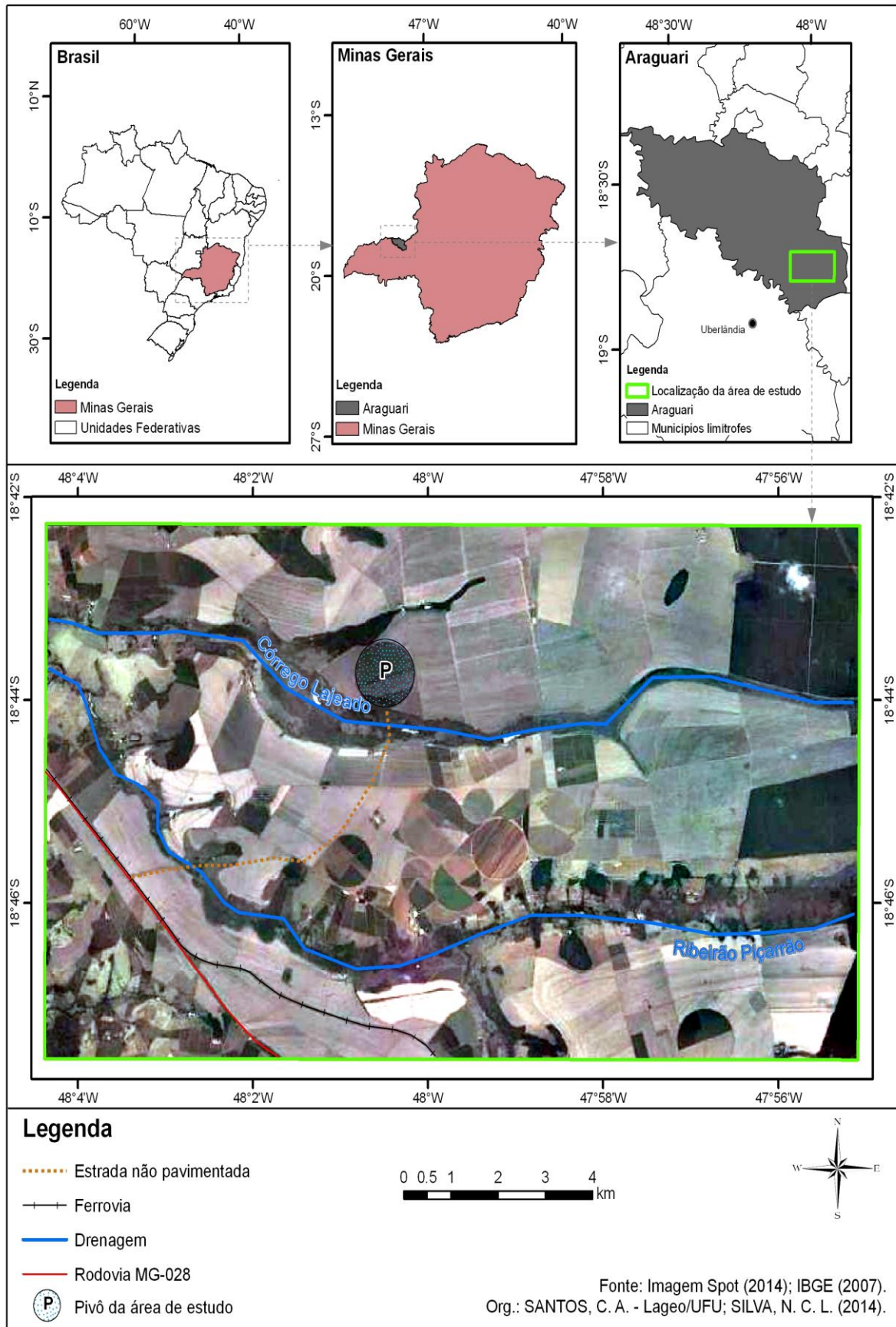
d) a parceria e o interesse dos proprietários da área e de seus gerentes pela pesquisa seriam importantes já que o experimento dependeria do funcionamento ininterrupto do pivô central em campo.

Após estas constatações, finalmente, o experimento foi realizado de forma completa e definitiva em uma terceira lavoura cafeeira, conforme descrito a seguir.

2.2.2 Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto e de setembro de 2013, em uma área de 115,33 ha, plantada com duas cultivares de café arábica (*Coffea arabica*) e irrigada por meio de um pivô central convencional. Esta área está localizada na bacia hidrográfica do Córrego Lajeado (afluente da margem direita do ribeirão Piçarrão), pertencente à Fazenda Quilombo, no município de Araguari - Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas do centro no Pivô P (Figura 12) são: 18° 43' 56" de Latitude Sul e 48° 00' 35" de Longitude a Oeste de Greenwich.

Figura 12 - Mapa de localização da área de estudo (Pivô P)

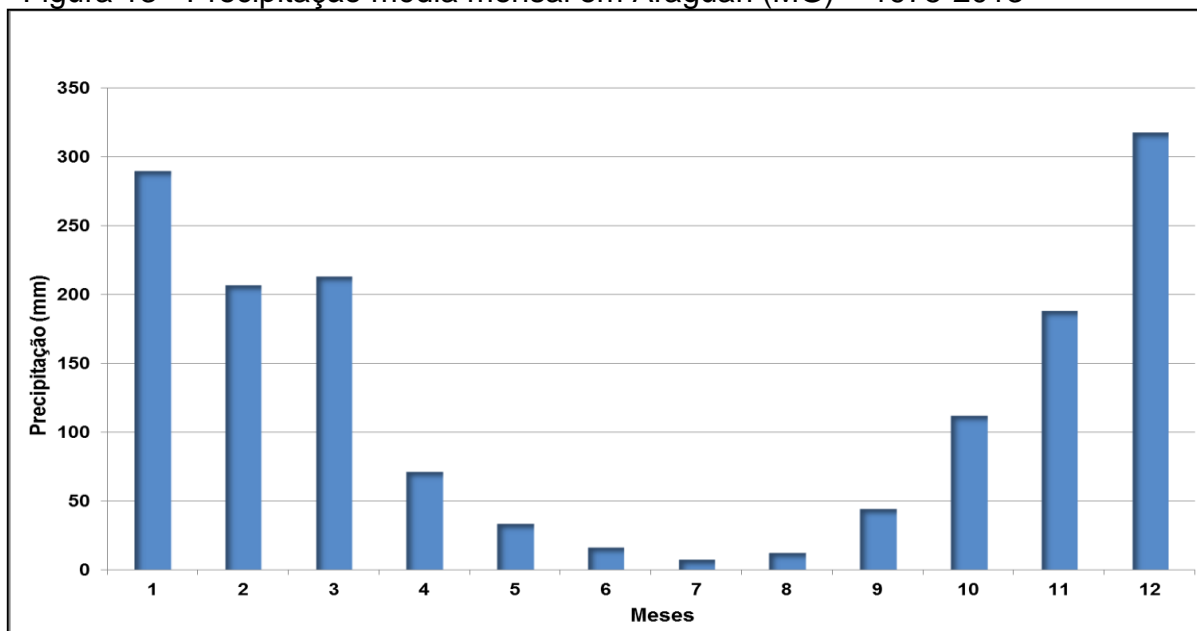


A altitude é de 960 m e o solo nesta região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo com textura variando de média a argilosa.

A temperatura média anual é de 21,9 °C, estimada conforme Assunção (2002), sendo o clima do tipo Aw segundo Köppen, isto é, tropical semi-úmido, com duas estações bem definidas ao longo do ano: verão chuvoso de outubro a março que responde por aproximadamente 85% do total anual das chuvas e um inverno seco nos outros seis meses restantes (abril a setembro).

Na Figura 13 é mostrado o gráfico que ilustra a precipitação média mensal no município de Araguari. O regime pluviométrico registrado no Posto Pluviométrico da Estação 1848010 (Rio Jordão- Araguari/MG) cujas coordenadas são 18° 39' de Latitude Sul e 48° 12' de Longitude Oeste, tem como referência os dados fornecidos pelo sistema de informações hidrológicas da ANA (2014) e compreendeu o período de 1975 até 2013.

Figura 13 - Precipitação média mensal em Araguari (MG) – 1975-2013



A precipitação média anual do período analisado é de 1.519 mm. O ano que registrou o maior total pluviométrico foi em 2004, com 2.029 mm. O menor índice pluviométrico no ano foi registrado em 1984, com um total de 1043 mm.

Oliveira; Assunção (2013), ao realizarem o balanço hídrico para a mesma região no período compreendido entre os anos de 1975 a 2010, detectaram uma deficiência média anual de água no solo de 205 mm. Os valores indicam que nos meses de maio até setembro estão concentradas as maiores deficiências de água no solo, chegando a quase 100 mm, sendo os menores déficits registrados em agosto e setembro. Isto significa que, neste período, há uma menor disponibilidade de água no solo sendo, portanto, obrigatória a realização da irrigação em propriedades rurais que desenvolvem a agricultura.

As mudas das cultivares de café arábica foram implantadas na área de estudo no ano de 1998. A metade da área total é ocupada por plantas da cultivar Catuaí e a outra metade da área é ocupada por plantas da cultivar Mundo Novo (Figura 14).

Figura 14 - Linhas de cafeeiros da cultivar Catuaí (à esquerda) e da Cultivar Mundo Novo (à direita) indicadas por placas, em agosto de 2013



Fonte: A autora (2013).

O espaçamento é de 4,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas em toda a lavoura, sendo a altura média dos pés de café, na ocasião da realização deste trabalho, de 2,40 m para a cultivar Mundo Novo, a qual foi decotada no mês de setembro de 2012, e altura média de 3,20 m para a cultivar Catuaí. A largura da faixa sombreada, ou seja, o diâmetro do dossel variou de 1,90 a 2,00 m para as duas cultivares. Na Figura 15, observa-se aspecto da lavoura onze dias antes da execução do experimento em campo.

Figura 15 - Aspecto da lavoura 11 dias antes da execução do experimento em campo



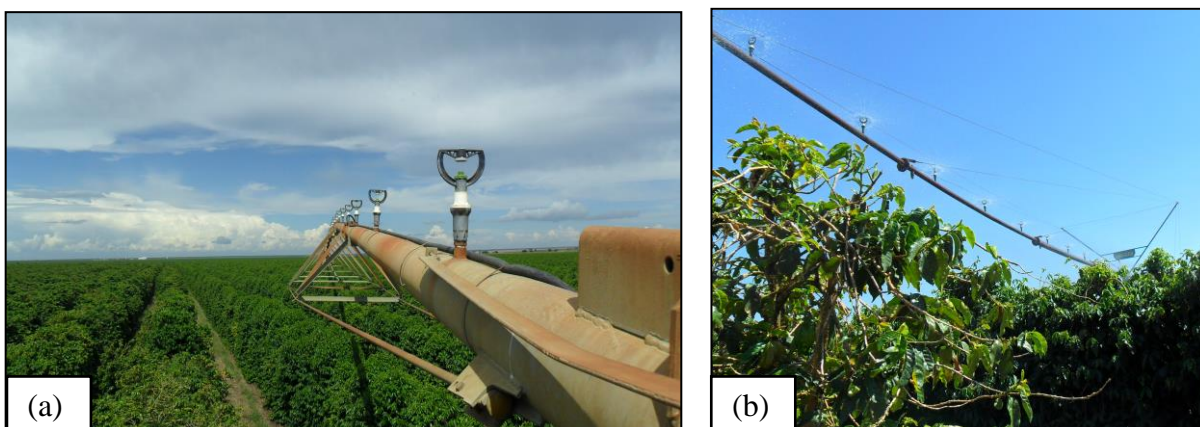
Fonte: A autora (2013).

2.2.3 Descrição técnica do pivô central

O pivô central existente na área da pesquisa possui as seguintes características principais de acordo com medições em campo e demais informações técnicas conforme ANEXOS A, B e C fornecidas pelo fabricante e pelo projetista do sistema: Marca VALLEY®, modelo 4871-8000 - VSL/11-1502 com 11 torres mais o vão em balanço sendo que, as 8 primeiras torres são constituídas de lance longo de

168 mm de diâmetro e 54 m de comprimento aportando, em cada torre, 24 emissores sobre a mesma. Já as 3 últimas torres são constituídas de lance médio de 168 mm de diâmetro e 48 m de comprimento aportando 21 emissores em cada torre e, finalmente, o vão em balanço com 25 m de comprimento e 9 emissores mais um *spray* final com tubo de descida totalizando 608,58 m de tubulação da linha lateral, considerando o comprimento das junções. A linha lateral está suspensa pelas torres a uma altura de 5,60 m. A área circular irrigada é de 116,93 ha e o raio total irrigado é de 610,08 m. Na Figura 16 estão ilustrados detalhes dos emissores sobre a linha lateral e do vão em balanço.

Figura 16 - Emissores sobre a linha lateral (a) e detalhe do vão em balanço (b)



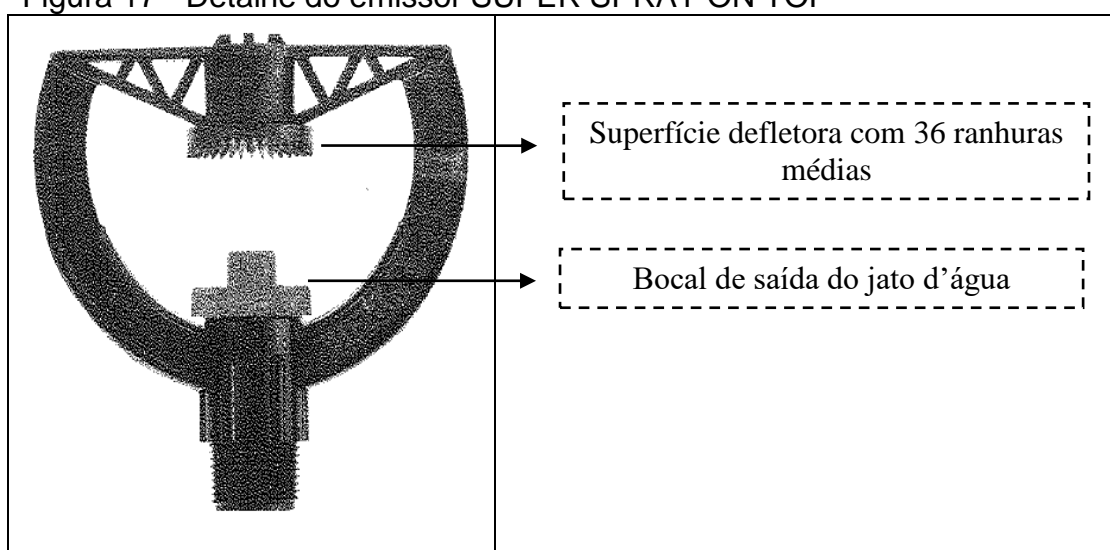
Fonte: A autora (2013).

Os emissores, marca Senninger®, modelo SUPER SPRAY ON TOP®, possuem placas defletoras em formato côncavo com 36 ranhuras médias (Figura 17). A pressão de serviço dos emissores varia de 69 kPa a 207 kPa ao longo da linha lateral e a distância passível de alcance de cada jato varia de 30 a 50 ft (9,15 m a 15,24 m).

Para deslocamento, possui motorreduzores de 1,2 CV (alta velocidade). O período (rele a 100%) é de 13,88 h e a lâmina aplicada, por volta, é de 4,05 mm considerando um giro de 360°. A vazão por área é de 2,92 m³ h⁻¹ ha⁻¹ sendo a vazão

total de $341,04 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. A pressão no final da tubulação é 130 kPa e a pressão no ponto do pivô é $456,9 \text{ kPa}$. A adutora é de aço zincado de 250 mm de diâmetro e 1.000 m de comprimento. O desnível entre a motobomba e o centro do pivô é 50 m e o desnível entre o centro do pivô e o ponto mais alto da área é de 0 m . O motor elétrico é de 250 CV , a rotação é de 1750 rpm e o consumo de energia da bomba centrífuga é de $168,59 \text{ kw h}^{-1}$.

Figura 17 - Detalhe do emissor SUPER SPRAY ON TOP®



Fonte: Senninger Pivot - Master Catalog (adaptado).

2.2.4 Avaliação da uniformidade de aplicação de água do pivô central

Para determinação da uniformidade de aplicação de água pelo pivô central determinou-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) proposto por Christiansen (1942) e modificado por Heermann; Hein (1968). Esses últimos autores, consideram que, diferentemente da aspersão convencional, na irrigação utilizando-se o pivô central, as lâminas coletadas são ponderadas em relação à área representada pelos coletores de forma unitária.

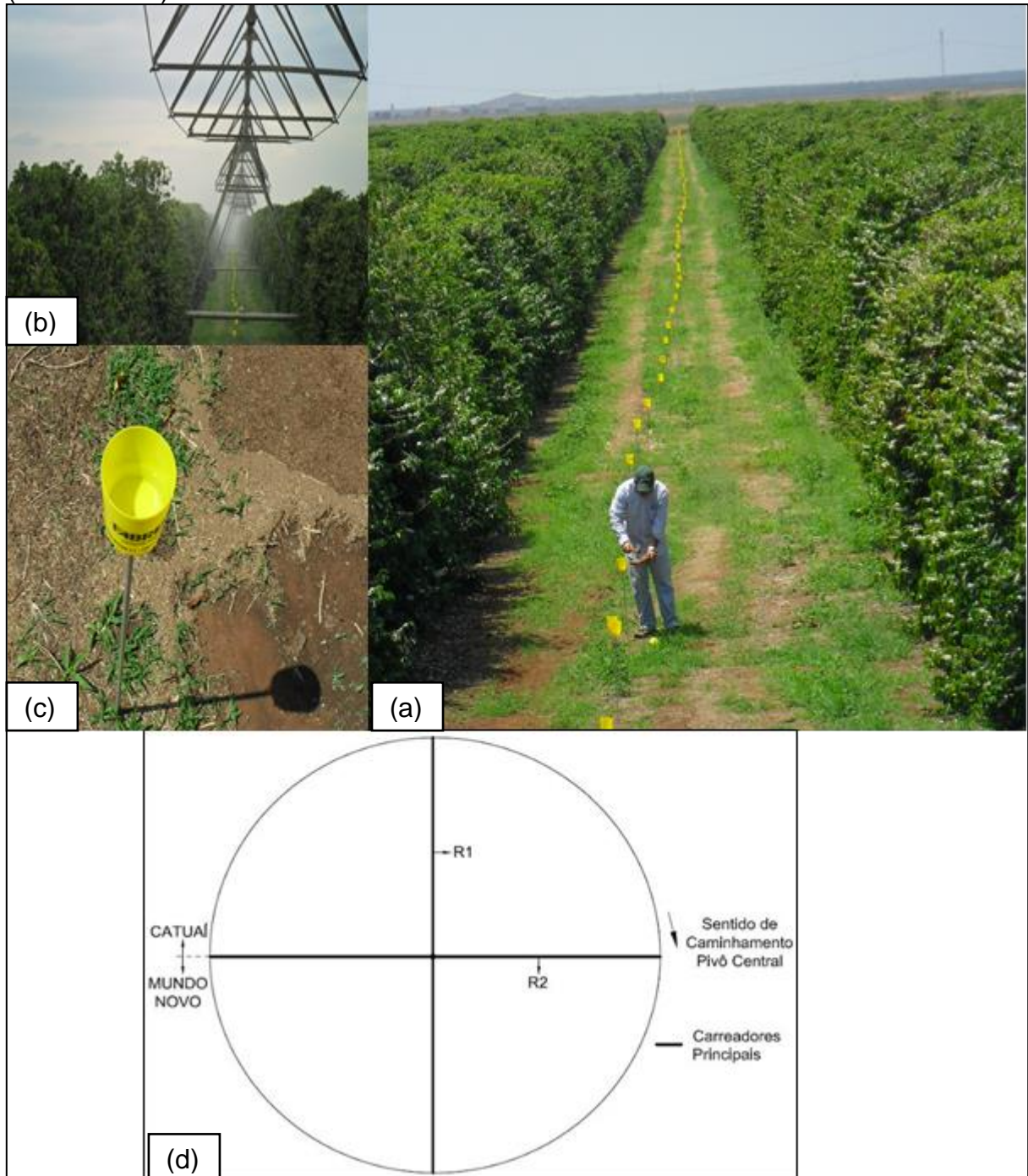
Conforme determinado pela NBR 14.244 (1998), as linhas de coletores foram dispostas desde o centro do pivô até o extremo da área irrigada ao longo de dois raios (carreadores) principais e perpendiculares entre si (R1 e R2), sendo a distância entre coletores de 5m. Utilizou-se um kit de avaliação da marca Fabrimar®, composto de coletores com 8 cm de diâmetro, cuja área de coleta equivale a 50,265 cm² suspensos por haste de alumínio de 70 cm de altura (Figura 18).

Com o objetivo de amenizar os efeitos da evaporação de água nos coletores, foram dispostos próximo ao ponto do pivô três coletores com volumes de água conhecidos. Ao final do teste, estes volumes foram novamente aferidos e descontados do volume total coletado ao longo dos dois carreadores principais avaliados.

2.2.5 Metodologia utilizada para coleta de água em campo

Para averiguar a influência do cafeeiro na distribuição da água durante a irrigação, coletaram-se lâminas nos dois locais de interesse: entrelinhas e sob a região sombreada, ou seja, sob o dossel das plantas. Utilizaram-se para coleta das lâminas, estruturas construídas com ripas de madeira de 15 cm de altura cobertas por um filme plástico para estufa de 150 micras. As estruturas menores (1 m x 1 m) foram amparadas por uma viga de metal e as demais, de maior tamanho (2 m x 1 m) não foram amparadas por viga de metal, mas por outra ripa de madeira disposta em sentido transversal a fim de suportar melhor a quantidade de água e também para facilitar o transporte das mesmas durante o experimento (Figura 19).

Figura 18 - Detalhe da disposição dos coletores ao longo de um dos carreadores (R2) (a) e no momento da aspersão (b); detalhe do coletor (c) e localização dos raios (carreadores) R1 e R2 na área de estudo



Fonte: A autora (2013).

Figura 19 - Estruturas utilizadas para coleta da lâmina de irrigação em campo



Fonte: A autora (2013).

As dimensões das estruturas foram definidas em função do diâmetro do dossel e do espaçamento entre linhas. Essas estruturas foram dispostas na lavoura de maneira que pudessem representar toda a área coberta pelos cafeeiros, tanto da cultivar Mundo Novo quanto da cultivar Catuaí. Assim, para cada cultivar, ou seja, para cada metade da área irrigada pelo pivô central, selecionaram-se dois locais de coleta para cada vão entre torres, exceto entre o vão da torre do ponto pivô e a primeira torre móvel, totalizando 10 pontos de amostragem, com duas repetições em cada ponto. Em cada local de coleta, foram dispostos três coletores, sendo dois deles (1 m x 1 m) posicionados sob a região sombreada do cafeeiro, em lados opostos, na mesma entrelinha, com o objetivo de coletar o volume de água correspondente à interceptação de todo o dossel da planta. O terceiro coletor (2 m x 1 m) foi posicionado no meio da entrelinha (Figura 20).

As coletas e as quantificações das lâminas foram conduzidas na medida em que o pivô central passava pelos pontos de amostragem, sendo que as estruturas coletoras eram reposicionadas na direção do movimento da linha lateral até finalização da coleta no décimo ponto, considerando, primeiramente, a área ocupada pelo cafeeiro da cultivar Mundo Novo.

Figura 20 - Estruturas coletoras em campo, após passagem do pivô central (a) e detalhe de uma das estruturas posicionada sob o dossel (b)



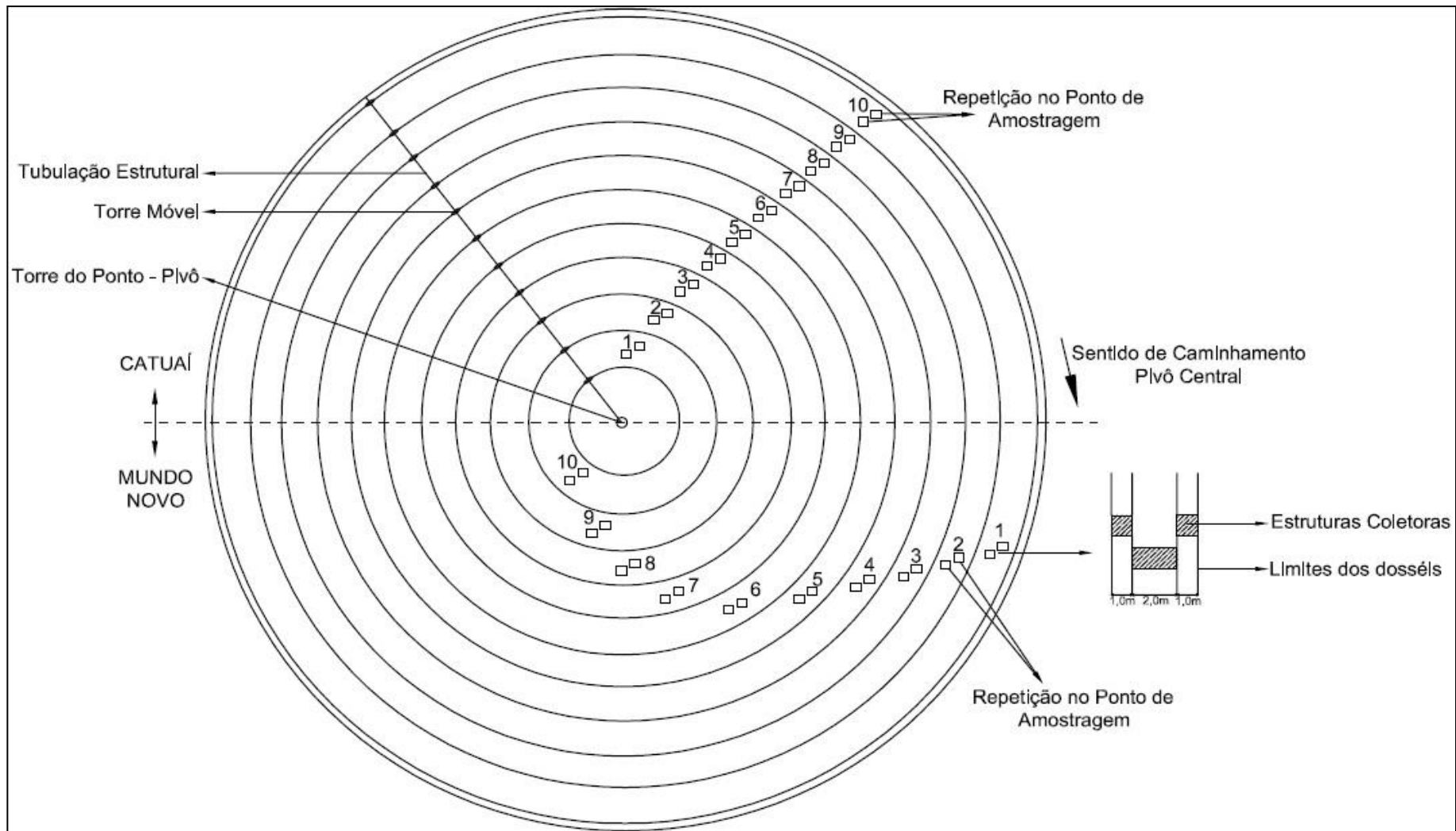
Fonte: A autora (2013).

O mesmo procedimento foi adotado para realização do experimento na outra metade da área, ou seja, aquela ocupada pelo cafeeiro da cultivar Catuaí. Na Figura 21 está esquematizado o experimento em campo.

Para a quantificação da água contida nos coletores, após a passagem do pivô central, utilizou-se baldes de 5 L e provetas de 1 L. A razão entre os volumes de água recolhidos (L) e a área de cada coletor (m^2), forneceu a lâmina de água precipitada sob a região sombreada e nas entrelinhas, em mm. A lâmina média coletada sob o dossel correspondeu à soma das lâminas coletadas sob a região sombreada em lados opostos de uma mesma entrelinha.

As condições de tempo locais, durante o teste para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e durante a coleta de dados em campo para comprovação do “efeito sombra” nas áreas correspondentes ao plantio das cultivares Catuaí e Mundo Novo, foram determinadas por meio de um Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro digital e portátil da marca Politerm®, Modelo LM 8000. Os valores das lâminas coletadas, bem como das condições de tempo, foram registrados conforme planilhas de anotações em campo (APÊNDICES A e B)

Figura 21 - Representação do experimento executado em campo, considerando as áreas ocupadas pelas cultivares: Catuaí e Mundo Novo



Fonte: A autora (2014).

2.2.6 Análise dos dados

Os dados coletados em campo para comprovação do “efeito sombra” foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva, tendo como base as seguintes medidas: média aritmética, mediana, desvio-padrão, variância, máximo, mínimo e coeficiente de variação. O teste de Anderson – Darling, a 5% de probabilidade, foi utilizado para verificar se os dados apresentavam Distribuição Normal. Constatada a Normalidade, aplicou-se o Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias e, em seguida, aplicou-se o Teste T para comparar a lâmina coletada abaixo do dossel com a lâmina coletada na entrelinha para ambas as cultivares. Ainda, por meio do Teste T, comparou-se a Lâmina Média Coletada (LMC) em toda a área irrigada com a lâmina que foi interceptada pelo cafeeiro. Todos os procedimentos referentes às análises estatísticas foram efetuados com auxílio do software Action® (ESTATCAMP CONSULTORIA ESTATÍSTICA, 2013) desenvolvido sob plataforma R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Descrição e esquematização do “efeito sombra”

Na tentativa de ilustrar a interceptação da água pelo cafeeiro, quando se utiliza o pivô central convencional como sistema de irrigação, ou seja, o “efeito sombra”, primeiramente, observou-se em campo, o acúmulo de água na superfície do solo ao longo do limite do dossel dos cafeeiros durante a passagem do pivô central pela lavoura. Nas Figuras 22 e 23 está ilustrada esta situação, em diferentes lavouras, ambas pertencentes à Fazenda Paranaíba no município de Araguari, Minas Gerais.

Figura 22 - Acúmulo de água na superfície do solo ao longo do limite do dossel após passagem do pivô central em uma lavoura cafeeira da variedade Mundo Novo, espaçamento de 4,20 m x 1,20 m e altura média das plantas de 2,60m



Fonte: A autora (2011).

Figura 23 - Acúmulo de água na superfície do solo ao longo do limite do dossel após passagem do pivô central em uma lavoura cafeeira da variedade Mundo Novo, espaçamento de 3,0 m x 1,20 m e altura média das plantas de 2,25 m

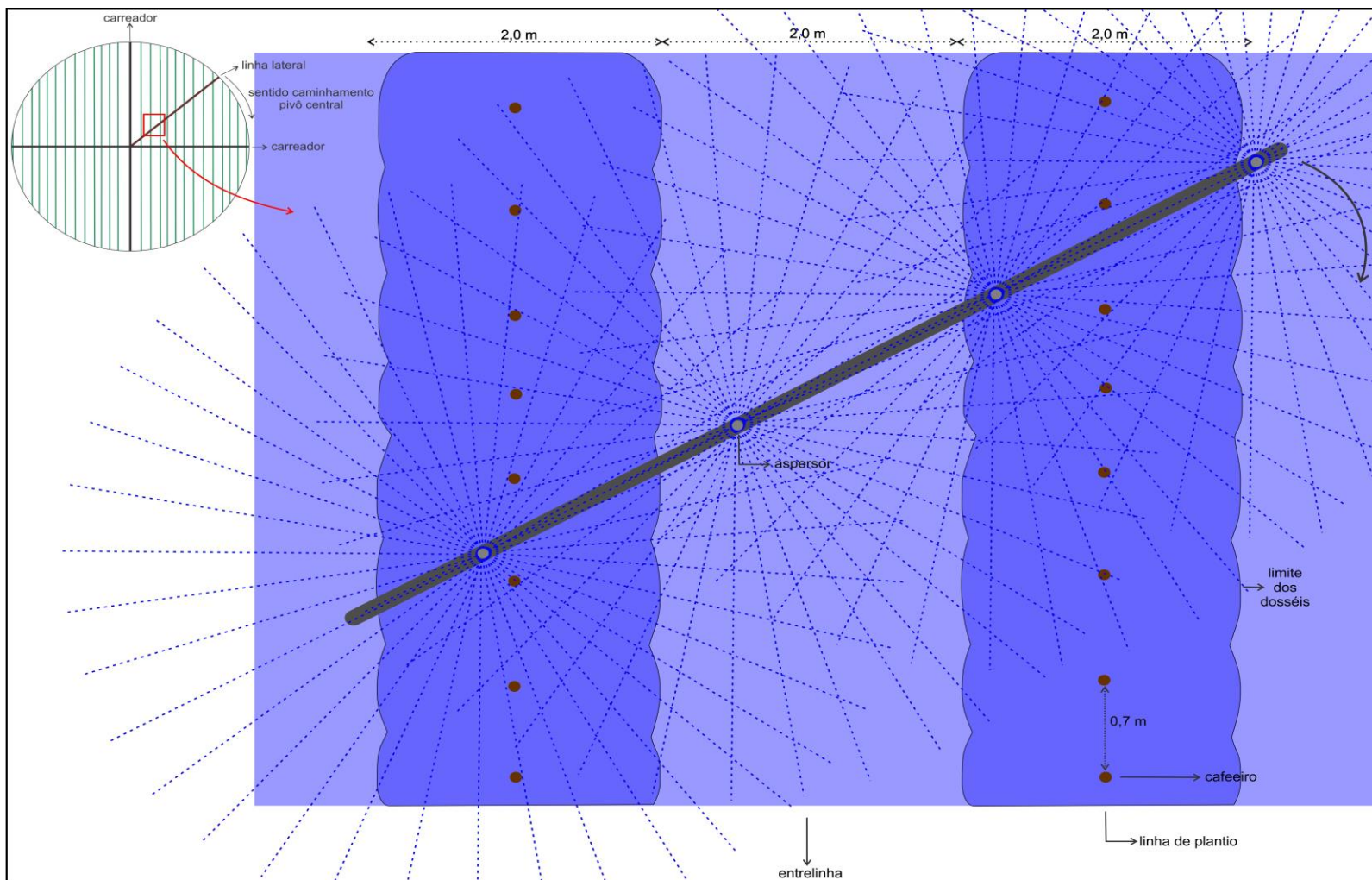


Fonte: A autora (2012).

As quantidades, bem como a distribuição de água na lavoura após a passagem do pivô central, dependem da intensidade da lâmina aplicada pelo equipamento, a qual está diretamente relacionada com a velocidade do pivô central na área, da pressão e do posicionamento dos emissores na linha lateral e também, da altura das plantas, do espaçamento entrelinhas, do direcionamento do vento, do diâmetro e da situação de enfolhamento do dossel e outros.

No desenho esquemático da Figura 24, procurou-se ilustrar a distribuição de água no solo devido ao “efeito sombra” em um dado instante, considerando as características do pivô central operante e a área da presente pesquisa. Observa-se, neste esquema, a vista superior de um segmento da linha lateral posicionado sobre duas linhas de plantio.

Figura 24 – Vista superior da distribuição de água no solo devido ao “efeito sombra” em lavoura cafeeira irrigada por um pivô central



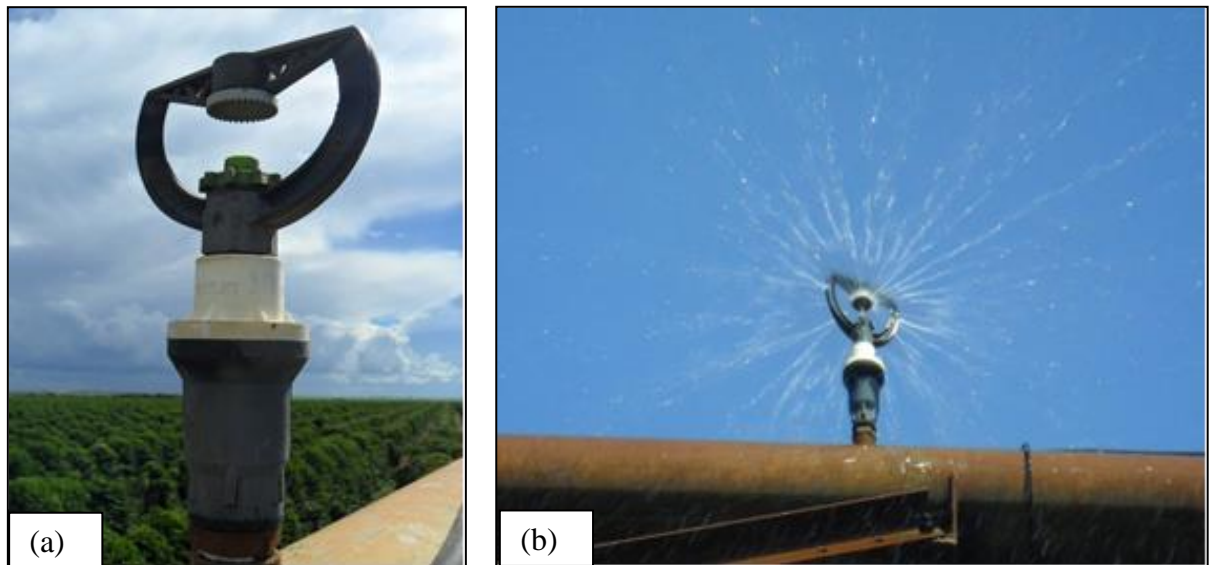
Fonte: A autora (2015).

Percebe-se que os jatos de água provenientes dos emissores, posicionados sobre a linha lateral, se cruzam de modo a atingir toda a área irrigada, sendo que uma parcela dos mesmos é interceptada pelas plantas na linha de plantio e uma outra parcela dos jatos atinge a região das entrelinhas. As regiões coloridas em tons de azul indicam os locais que, provavelmente, receberam mais ou menos água de modo que, quanto mais intensa a cor azul, maior a quantidade de água acumulada no solo após passagem do pivô central.

Assim, em função da interceptação dos jatos pelo cafeeiro, nota-se maior concentração de água nas regiões localizadas sob o dossel das plantas, conforme observado e relatado anteriormente, em detrimento das regiões centrais das entrelinhas. Esta interceptação tornaria a irrigação em área total parecida com a irrigação em área localizada, favorecendo a formação de um bulbo de molhamento mais intenso nos limites dos dosséis.

Para maior entendimento da distribuição de água pelos emissores, na lavoura, considera-se, isoladamente, um jato de água que, partindo do bocal do emissor, é subdividido pela superfície defletora em um dado instante. Na Figura 25 é mostrado o detalhe do emissor posicionado sobre a linha lateral e também, o detalhe do mesmo no momento da aspersão na área ocupada pelas duas cultivares. Pode-se dizer que o mesmo realiza uma trajetória parabólica descrevendo, portanto, um movimento semelhante ao parabólico ou balístico até atingir o solo ou ser interceptado pelo cafeeiro a certa distância do ponto de lançamento do jato. Estudos que simulam a distribuição espacial de água por emissores, operando em diferentes condições de vento baseados na teoria balística, são bem conhecidos por diversos autores, como por exemplo, Montero et al. (2001) e Playán et al. (2006).

Figura 25- Detalhe do emissor sobre a linha lateral sem (a) e com aspensão (b)



Fonte: A autora (2013).

Uma vez consideradas as observações em campo, registradas por meio das Figuras 22, 23 e 25, bem como as demais características da lavoura e do pivô central em estudo, pode-se dizer que, em geral, os seguintes fatores estão relacionados com uma maior ou uma menor intensidade do “efeito sombra”: altura das plantas, diâmetro do dossel, espaçamento entre linhas, pressão de serviço e modelo dos emissores.

Uma ilustração real de como estes fatores interferem na intensidade do “efeito sombra” em campo, é complexa, uma vez que se trata de uma representação tridimensional, ou seja, os fatores variam, simultaneamente, nas três dimensões do sistema cartesiano, além de existir o movimento constante da linha lateral durante a irrigação. No entanto, não há impedimentos para que se façam as seguintes suposições:

a) Em uma lavoura recentemente implantada, certamente, não ocorreria o “efeito sombra”, já que, neste estágio, as plantas não possuem porte o suficiente para causar a interceptação da água precipitada. Dependendo das características

botânicas e/ou morfológicas das plantas, somente a partir do terceiro ano da lavoura, a interceptação seria mais evidente, tornando significativo o manejo da irrigação considerando-se o “efeito sombra”. Geralmente, limita-se a altura da planta em, aproximadamente, 3,5 m onde a tecnologia é mais avançada e 2,5 m onde se faz uso de tecnologias mais antigas para facilitar o manejo em campo e o trabalho de maquinários (MATIELLO et al., 2010);

b) Além da influência da altura das plantas, há de se considerar, simultaneamente, a influência do diâmetro do dossel, o qual pode ser menor ou maior dependendo da cultivar implantada na área, considerando plantas de mesma altura e também do manejo adotado. Neste caso, supõe-se que o efeito sombra seja diretamente proporcional ao diâmetro do dossel. Ainda deve-se considerar a situação de enfolhamento dos mesmos. Quanto mais enfolhado estiver o dossel, maior seria a quantidade de água coletada nos seus limites em comparação com a quantidade de água coletada nas entrelinhas. Um estudo mais assertivo, porém, seria a comparação entre o “efeito sombra” e o Índice de Área Foliar (IAF) que corresponde à relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura;

c) Quanto ao espaçamento entre linhas, acredita-se que esta variável seja inversamente proporcional à intensidade do “efeito sombra” já que, quanto maior o número de linhas de plantio na área, o que sugere menor espaçamento entre linhas, maior também seria a interceptação de água, ou seja, maior seria o “efeito sombra”;

d) Outros fatores de importância e que também interferem na quantidade e na distribuição de água durante a irrigação são: a pressão e a posição dos emissores na linha lateral. Neste caso, estando os emissores do tipo Super Spray® posicionados sobre a linha lateral, a 5,6 m de altura com relação ao solo e,

possuindo superfícies defletoras com 36 ranhuras médias, o jato de água, ao sair do bocal e atingir a placa defletora, se subdivide em 36 jatos lançados com ângulo de dez graus, cada um. A distância alcançada pelo jato de água depende diretamente da pressão de serviço de cada emissor, conforme anteriormente relatado. A posição dos emissores na linha lateral pode ser do tipo pendural ou posicionados sobre a linha lateral, como é o caso do equipamento utilizado nesta pesquisa (Figura 25). Acredita-se que, quanto menor seja a distância entre o ponto de lançamento dos jatos de água e a altura dos cafeeiros, maior será o “efeito sombra”. Por isso, supõe-se que a presença de *sprays* pendurais sejam mais favoráveis à interceptação de água pelos dosséis das plantas. Assim, o modelo do emissor, seja ele pendural ou não, é determinante neste caso já que, juntamente com a pressão de serviço, definem a área de cobertura dos jatos.

3.2 Comprovação do “efeito sombra” em campo

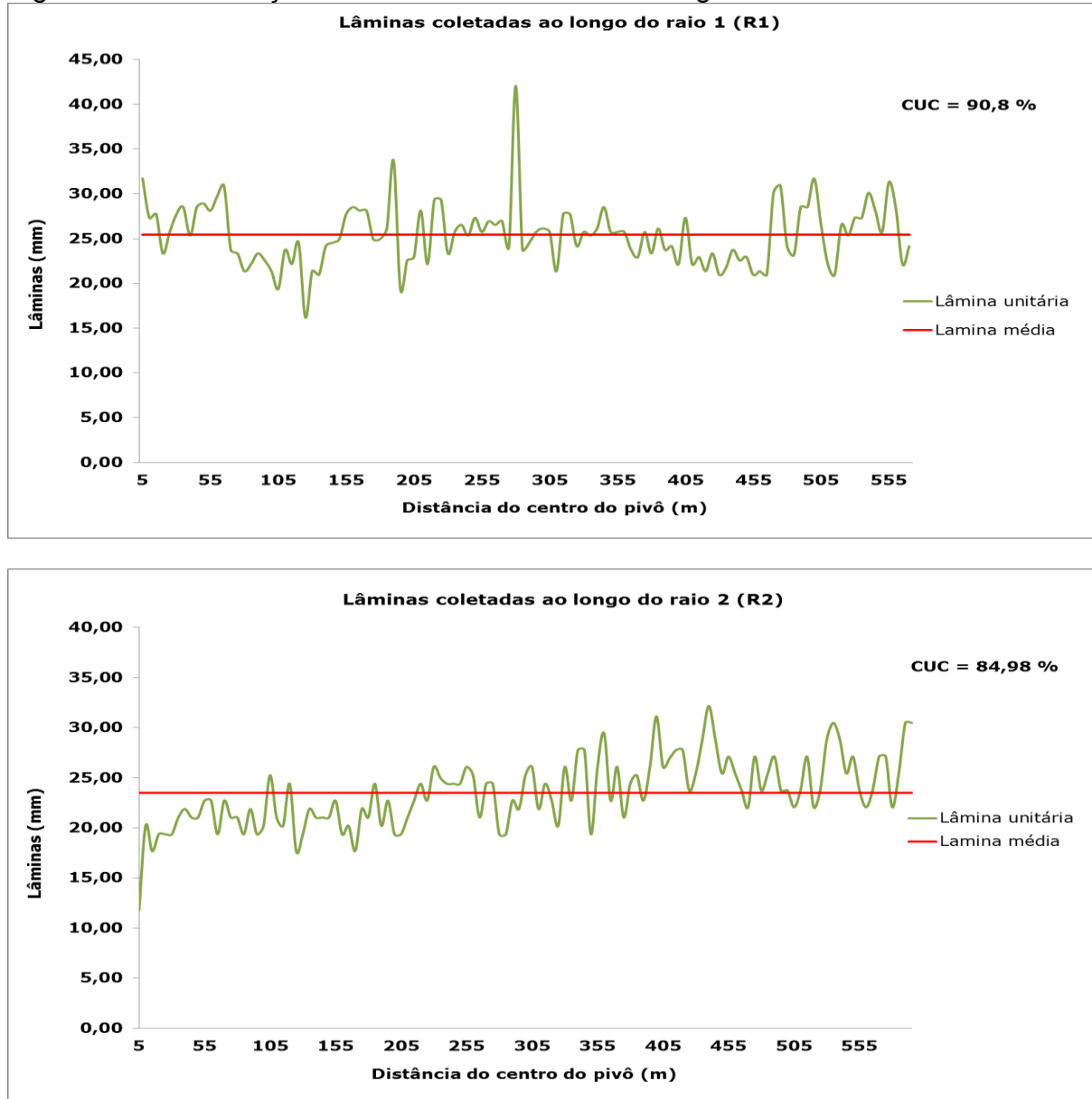
3.2.1 *Teste de Uniformidade do pivô central*

Os valores médios da temperatura do ar, da umidade relativa e da velocidade do vento, medidos durante o teste de uniformidade, foram respectivamente: 23 °C, 66% e 2,10 m s⁻¹. Verificou-se que os valores médios de velocidade do vento não ultrapassaram o limite permitido pela norma, a qual estabelece que velocidades superiores a 3,0 m s⁻¹ invalidam os testes. Quanto aos valores de temperatura e umidade relativa, os mesmos foram esperados considerando a região geográfica e a época do ano em que o teste foi realizado.

A distribuição das lâminas coletadas ao longo de dois carreadores principais e perpendiculares entre si (raios R1 e R2) bem como das lâminas médias estão apresentadas a seguir (Figura 26). O valor médio do CUC foi de 87,89%

classificando a uniformidade de aplicação do pivô central avaliado como sendo Boa (85 a 89%) conforme a NBR 14.244 (1998).

Figura 26 – Distribuição das lâminas coletadas ao longo dos raios R1 e R2



Fonte: A autora (2013).

3.2.2 Análises estatísticas dos dados - comprovação do “efeito sombra”

As condições de tempo locais durante o experimento realizado na área ocupada pela cultivar Catuaí foram, respectivamente, para temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento: 30 °C, 43% e 1,67 m s⁻¹. Igualmente, para a

cultivar Mundo Novo, as condições de tempo durante o experimento foram: 28 °C, 54% e 2,53 m s⁻¹ para temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, respectivamente.

Na Tabela 2 encontra-se a estatística descritiva dos dados correspondentes ao experimento realizado em campo onde foi coletada a lâmina de irrigação em cada local de interesse (sob o dossel e nas entrelinhas) nas áreas correspondentes ao plantio das cultivares Catuaí e Mundo Novo.

Tabela 2 - Estatística descritiva das lâminas coletadas sob o dossel e nas entrelinhas considerando as duas cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo)

Estatística Descritiva	Lâmina Coletada (mm)			
	Dossel Catuaí	Entrelinhas Catuaí	Dossel Mundo Novo	Entrelinhas Mundo Novo
Média	36,84	21,09	38,83	19,33
Mediana	35,70	21,41	39,46	19,76
Variância	51,73	11,17	77,66	27,55
Desvio Padrão	7,19	3,34	8,81	5,25
Máximo	51,36	26,00	59,36	31,68
Mínimo	22,68	15,63	24,08	7,42
Coefficiente de Variação (%)	19,52	15,85	22,70	27,16

As medidas de tendência central (Média e Mediana) tiveram pouca variação considerando cada um dos pontos de coleta da lâmina de irrigação (Dossel- Catuaí, Entrelinhas- Catuaí, Dossel- Mundo Novo, Entrelinhas- Mundo Novo), indicando uma distribuição cujos dados apresentaram reduzido afastamento de um valor central o que foi confirmado pelo teste de Normalidade de Anderson - Darling a 5 % (Tabelas 2 e 3).

As lâminas médias coletadas sob o dossel foram maiores do que as lâminas coletadas nas entrelinhas para ambas as cultivares (Catuaí e Mundo Novo), indicando influência do cafeeiro na interceptação da lâmina advinda dos emissores do pivô central. Os valores de Máximo e de Mínimo também indicam esta tendência.

Tabela 3 - Teste de Normalidade (Anderson-Darling) para o conjunto de dados coletados

Local de coleta da lâmina	Estatística Anderson-Darling	P-Valor¹
Dossel- Catuaí	0,3426	0,4547
Entrelinhas- Catuaí	0,3498	0,4371
Dossel- Mundo Novo	0,2137	0,8271
Entrelinhas- Mundo Novo	0,3784	0,3728

¹Probabilidade de 5%

No entanto, maiores valores do Desvio Padrão, considerando os valores médios, foram determinados para as lâminas coletadas sob o dossel das duas cultivares, o que pode estar relacionado ao fato de que o cafeeiro possui densidade de folhas heterogêneas na lavoura, influenciando, portanto, na quantidade de água coletada neste local (Tabela 2).

Analisando o Coeficiente de Variação (CV), observou-se que, segundo a classificação proposta por Warrick; Nielsen (1980), considerando como valores baixos o $CV < 12\%$, médios para $12\% < CV < 60\%$ e altos para $CV > 60\%$, todas as lâminas coletadas encontraram-se no intervalo de 12 a 60 %, sendo, portanto, consideradas de média variação.

Complementando a análise de distribuições dos dados, foram construídos gráficos do tipo “box-plot” (APÊNDICE C). Por meio destes gráficos foi possível comprovar a simetria das distribuições dos dados, em relação à mediana. Nota-se que apenas um dado dentre os demais apresentados para o conjunto Dossel-Mundo Novo apresentou discrepância com relação ao conjunto, sendo, portanto, considerado discrepante. No entanto, este fato não impediu a realização do Teste de Normalidade, conforme Tabela 3.

Constatada a Normalidade dos dados (P- valor maior que 5%, Tabela 3), aplicou-se o Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias por meio do qual constatou-se que, ao comparar a lâmina de irrigação coletada sob o dossel com

a lâmina de irrigação coletada no meio das entrelinhas, para ambas cultivares, as variâncias foram heterogêneas (P- valor de 0,0015 e 0,0029, respectivamente, para as cultivares Catuaí e Mundo Novo, Tabela 4).

Tabela 4 - Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias e Teste T para comparação da lâmina de água coletada, tanto sob o dossel quanto nas entrelinhas, para ambas as cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo)

Cultivar	Local	TESTE F		TESTE T	
		Variância	P-valor ¹	Média	P-valor ¹
Catuaí	dossel	51,73	0,001598	36,84	1,774 x 10 ⁻⁹
	entrelinhas	11,17		21,09	
Mundo Novo	dossel	77,66	0,0029	38,83	1,341 x 10 ⁻⁹
	entrelinhas	27,55		19,33	

¹P- valor < 0,05: significativo.

Esta análise, complementada com o resultado do Teste T (Tabela 4), confirma que houve diferença estatística ao se comparar a lâmina de água coletada sob o dossel com a lâmina de água coletada na entrelinha, para ambas as cultivares. Observa-se que a lâmina média coletada sob o dossel foi 57,25 % e 49,78 % maior que a lâmina média coletada na entrelinha, respectivamente, para as cultivares Catuaí e Mundo Novo, confirmando, portanto, o “efeito sombra” provocado pelo cafeeiro.

Ao contrário do que se pressupunha, ao comparar a maior ou menor intensidade do “efeito sombra” entre cultivares, em função da altura das plantas, constatou-se que não houve diferença estatística entre as mesmas, ou seja, a diferença de, aproximadamente, 80 cm na altura das plantas não determinou maior ou menor interferência na distribuição da lâmina de água pelo pivô central (Tabela 5).

Tabela 5 - Teste F para verificação da homogeneidade das variâncias e Teste T para comparação do “efeito sombra” entre as cultivares irrigadas (Catuaí e Mundo Novo)

Local/Cultivar	TESTE F		TESTE T	
	Variância	P-valor ¹	Média	P-valor ¹
dossel-Catuaí	51,73	0,38385	36,84	0,4398
dossel- Mundo Novo	77,66		38,83	
entrelinhas- Catuaí	11,17	0,05596	21,09	0,2148
entrelinhas- Mundo Novo	27,55		19,33	

¹P- valor < 0,05: significativo.

Diante deste resultado, torna-se oportuno investigar uma relação matemática entre a altura do cafeeiro e o “efeito sombra” a fim de estimar a intensidade do mesmo nas mais diversas lavouras cafeeiras irrigadas por meio de pivôs centrais convencionais. Conforme anteriormente mencionado, o “efeito sombra” tende a ser menos pronunciado ou simplesmente deixa de existir quando a irrigação é realizada em lavouras cujas plantas possuem tamanho reduzido.

Finalmente, comparou-se a lâmina média coletada sob o dossel – Catuaí (36,84 mm) e sob o dossel-Mundo Novo (38,83 mm) com a Lâmina Média Coletada (LMC) em toda a área irrigada (29,02 mm) por meio do Teste T (Tabela 6).

Tabela 6 - Teste T para comparação da lâmina média coletada sob o dossel de ambas as cultivares (Catuaí e Mundo Novo) com a LMC (29,02 mm) em toda a área irrigada

Local/Cultivar	TESTE T	
	Média	P-valor ¹
dossel-Catuaí	36,84	2,3137 x 10 ⁻⁵
dossel- Mundo Novo	38,83	2,3868 x 10 ⁻⁵

¹P- valor < 0,05: significativo.

Neste caso, a LMC foi determinada por meio das médias de todas as lâminas coletadas sob a região sombreada, ou seja, sob o dossel e nas entrelinhas em toda a área irrigada, considerando, portanto, a região ocupada pelas duas cultivares (Catuaí e Mundo Novo). Observa-se que a lâmina de água coletada somente na

região sombreada é estatisticamente distinta da LMC em toda a área, comprovando-se mais uma vez que há interferência do cafeeiro na interceptação da água advinda dos emissores.

Devido às circunstâncias de tempo e local em que esta pesquisa foi realizada, não foi possível contabilizar a diferença de produtividade quando se considera ou não o “efeito sombra” em lavouras cafeeiras irrigadas por pivô central convencional. Seria oportuno, portanto, que experimentos futuros fossem realizados em áreas cujo delineamento experimental permitissem esta comparação visto a importância econômica da mesma para o produtor rural.

A fim de enriquecer ainda mais as discussões, os resultados obtidos por meio desta pesquisa permitem, sem a realização de experimentos em campo, confrontar o uso do pivô central convencional com o uso do LEPA. Segundo Schimidt (2003), no início da utilização dos emissores LEPA, os produtores e os técnicos que orientavam e disseminavam a utilização desse sistema simplesmente faziam o redimensionamento dos bocais e as adaptações necessárias à mudança, sem se preocuparem com o redimensionamento das motobombas. Após diversos estudos e observações de campo, chegou-se aos seguintes parâmetros para o dimensionamento desses equipamentos: espaçamento dos emissores variável entre 1,6 a 3,9 m de acordo com o espaçamento do plantio da cultura; economia de água (redução de lâmina) da ordem de 35%; faixa molhada pelo emissor de 2 m em média e limite de declividade do terreno em 4% em áreas circulares.

Considerando os resultados alcançados por meio desta pesquisa e as características de funcionamento do LEPA mencionadas anteriormente, se 30,4% da água coletada está sendo interceptada pelas plantas e, portanto, passível de ser economizada quando se utiliza emissores convencionais na irrigação do cafeeiro em

linha reta, a desvantagem do uso do pivô central convencional com relação ao LEPA seria menos acentuada. Há de considerar também que o limite de declividade do terreno é menor quando se faz uso do pivô central convencional que é de 15%, de acordo com Bernardo et al. (2008).

Outro fato interessante é que, apesar das vantagens do cultivo do cafeeiro em formato circular desde a fase de preparo passando pelo plantio até a colheita, tem-se observado considerável variação da produtividade nas diferentes faces da linha de plantio (OLIVEIRA et al., 2012). Sobre este assunto, Bicalho et al. (2005) afirmam que diferentes condições ambientais, assim como a distribuição espacial das plantas na lavoura, exercem influência direta nas fases reprodutivas do cafeeiro e na qualidade do fruto. As folhas situadas do lado da planta que fica mais exposto ao sol da tarde, por exemplo, são caracterizadas por serem menores, verde-amareladas e mais coriáceas do que as folhas que recebem sol pela manhã, cujas folhas são maiores, mais esverdeadas e flácidas.

Assim, em regiões mais quentes ou mais secas, é indicado localizar as linhas de plantio na direção do caminhar do sol a fim de se evitar que o excesso do sol da tarde possa causar danos às folhas e ainda a seca de ramos e a consequente perda de produção. No Triângulo Mineiro, por exemplo, experimentos mostram que a maior produtividade dos cafeeiros foi obtida nas linhas com direção Nordeste Sudoeste (NE-SO), com ângulo de $135-315^\circ$ em relação ao Norte verdadeiro. Igualmente, no Oeste da Bahia, experimentos confirmam que houve maiores produtividades, em ambos os lados, quando a lavoura estava orientada entre os ângulos de $90-270^\circ$ seguido do ângulo $135-315^\circ$ (MATIELLO et al., 2010; SANTINATO et al., 2008).

3.2.3 Economia de recursos hídricos e de energia

Comparando-se a LMC em toda a área irrigada com a lâmina média coletada sob o dossel da cultivar Catuaí, por exemplo, confirma-se que houve a aplicação de 26,95% a mais de água, ou seja, 7,82 mm o que equivale a um excedente médio de 4.509 m³ de água, por meia volta do pivô central, nesta lavoura. Refazendo-se os mesmos cálculos, considerando, agora, a área ocupada pela cultivar Mundo Novo, a economia de água seria em média de 5.656 m³ novamente por meia volta do pivô central. Neste caso, a aplicação excedente de 9,81 mm equivale a 33,80 % a mais de água.

A observação do “efeito sombra”, previamente realizada por Assunção (2002) e comprovada por meio deste experimento, mostrou então que, em função do mesmo, houve, em média, um “excesso” de 30,4% de água sendo aplicada, por volta do pivô central, nesta lavoura. Ressalta-se que a averiguação da quantidade de água interceptada pela planta deve ser realizada para cada situação, ou seja, considerando a altura das plantas, o espaçamento entre linhas, a situação de enfolhamento e o diâmetro do dossel, a posição e a pressão dos emissores na linha lateral.

Tomando como referência novamente a presente área irrigada e o funcionamento técnico do equipamento (ANEXOS A e B), se a LMC em toda a área irrigada (29,02 mm) puder ser reduzida em 30,4% (20,20 mm), a relê atual (12,27%) poderia ser ajustada para 17,62%. Isto significa que o pivô gastaria 78,77 horas, ou seja, 3 dias e 7 horas ao invés de 113,21 horas que correspondem a 4 dias e 17 horas para completar uma volta na área. A diferença de 1 dia e 10 horas a menos irrigando a lavoura, significa a economia de 8,82 mm de água, ou seja, 10.172 m³,

por volta, do equipamento na área. Se a bomba centrífuga consome, em média, 168,59 kWh, a economia energética seria de R\$ 500,13 por volta do pivô central, considerando o custo médio de R\$ 0,086352, por kWh (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS-CEMIG, 2014).

Considerando que o pivô executa nesta área, em média, 17 voltas por ano, de acordo com o manejo realizado pelo produtor rural, a economia seria de 172.924 m³ de água. Este volume seria o suficiente para suprir as necessidades anuais de 864.685 pessoas considerando o consumo médio de 200 L hab⁻¹ dia⁻¹ (CHRISTOFIDIS, 2006) em uma cidade de porte médio no Brasil. Quanto à economia de energia, a mesma seria de R\$ 8.502,21. Há de se considerar ainda, a energia gasta para manter o giro do pivô, o que não foi contabilizado neste cálculo.

Diante destes resultados e inferências, vale ressaltar a necessidade de estudos comparativos entre a irrigação de uma lavoura cafeeira utilizando-se um pivô central convencional e um LEPA, analisando, sobretudo os custos com recursos hídricos e energia em cada um dos sistemas. No presente trabalho, foram realizadas apenas algumas inferências com relação ao LEPA, no entanto, apenas com base em informações gerais, presentes na literatura. Essa comparação, realizada em campo, de forma mais asseverada, permitiria comprovar se a redução com gastos de água e de energia, as facilidades de realização da fertirrigação e da quimigação no sistema de plantio circular compensariam os maiores investimentos demandados pelo LEPA.

Finalizando, torna-se oportuno reafirmar a importância de um manejo econômico e sustentável do sistema de irrigação já que a tendência de escassez dos recursos hídricos, em contraponto à sua crescente demanda, tem causado sérios conflitos pelo uso da água. Assim, a outorga e a cobrança pelo uso dos

recursos hídricos, instrumentos de gestão já consolidados pela Lei das Águas (BRASIL, 1997) é uma realidade e já ocorre em várias bacias hidrográficas.

Por meio da análise do uso da terra e de dados resultantes do balanço hídrico para a bacia do Córrego Lajeado, área na qual foi realizada este estudo, foram caracterizados os principais fatores de escassez hídrica, sendo verificado que, durante a estação seca, a necessidade por irrigação é muito grande, o que aumenta a demanda dos recursos hídricos, podendo fomentar no futuro um conflito pelo uso da água entre os usuários. A garantia de expansão da área irrigada, nesta bacia, está diretamente relacionada com a melhoria das condições de irrigação atuais e com a análise da capacidade máxima de suporte de exploração dos recursos disponíveis (OLIVEIRA; ASSUNÇÃO, 2013).

Corroborando com o que foi exposto, em 2013, foi instituída a Política Nacional de Irrigação (BRASIL, 2013) cujo objetivo é a expansão das áreas irrigadas no país. Este documento prevê o uso e o manejo sustentável dos solos e recursos hídricos destinados à irrigação, o que foi constituído como um dos princípios básicos desta nova Lei e que estabelece a outorga como critério para projetos de irrigação.

CONCLUSÕES

Os resultados observados neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- Comprovou-se que ocorre um acúmulo de água nos limites da região sombreada pelo dossel dos cafeeiros em detrimento da região central das entrelinhas quando a lavoura é irrigada por um pivô central convencional. Este fenômeno foi denominado “efeito sombra” dada a influência do cafeeiro na uniformidade da irrigação na lavoura;
- A interceptação da lâmina de irrigação pelo cafeeiro causou, em média, a concentração de 30,4% desta lâmina nos limites do dossel das plantas. Não houve diferença estatística ao se comparar os resultados em áreas de cafeeiros com 2,40 m e 3,20 m de altura;
- Com a comprovação do “efeito sombra” constatou-se a possibilidade de economia de recursos hídricos e de energia ao propor ajuste do relê cíclico (temporizador) do equipamento em campo. Neste trabalho, a estimativa foi de que a economia de recursos hídricos seria de, aproximadamente, 173.000 m³ por ano e a economia de energia elétrica seria, em média, de R\$ 8.500,00 por ano caso o produtor rural repensasse o manejo da irrigação em função do “efeito sombra”.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014**. Brasília: ANA, 2015. 107 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de informações hidrológicas: HidroWeb**. Estação pluviométrica 1848010 - Rio Jordão, Araguari/MG. 2014. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 2 dez. 2014.

ALVES, D.R.B. et al. Repartição da lâmina de irrigação, aplicada via pivô central, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1 p. 67-70, jan./abr. 2001.

ARCOVA, F. C. S., CICCIO, V. ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, mar./abr. 2003.

ARÊDES A. F. et al. Viabilidade econômica da irrigação da cultura do café na região de Viçosa-MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 207-225, abr./jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.244**: Equipamentos de irrigação mecanizada- Pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos – Determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, 1988. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ORIGENS PRODUTORAS DE CAFÉ- ABOP CAFÉ. **Região do Cerrado Mineiro**. Disponível em: <<http://www.abopcafe.com.br/pt-br/associados/regiao-do-cerrado-mineiro.asp>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

ASSUNÇÃO, W.L. **Climatologia da cafeicultura irrigada no município de Araguari (MG)**. 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

BALIZA, D.P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 250-258, set./dez. 2012.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2008. 625 p.

BICALHO, G. O. D. et al. Direcionamento das linhas de plantio em diferentes orientações cardeais e seus reflexos sobre a produtividade de cafeeiros. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Informe estatístico do café**. Dezembro/2014. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas> >. Acesso em: 18 jan. 2015.

BRASIL. Lei n.º 12.787/2013, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação; altera o art. 25 da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002; revoga as Leis nos 6.662, de 25 de junho de 1979, 8.657, de 21 de maio de 1993, e os Decretos-Lei nos 2.032, de 9 de junho de 1983, e 2.369, de 11 de novembro de 1987; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm >. Acesso em: 20 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 20 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 maio 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm>. Acesso em: 24 mar. 2014.

CATÁLOGO DE PRODUTOS VALLEY (Valley, USA). Valmont Industries Inc. - Valley: catálogo, Valley, 2003. 32 p.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 37-46, jan./jun. 2006.

COELHO, R.D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192 f. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

COELHO, E. F; COELHO FILHO, M.A.; OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, set./2005. Disponível em: <http://www4.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia4_v7n1.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2014.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. Atendimento. **Valores de tarifas e serviços**. Disponível em: <<http://application.voxage.com.br/voswebchatserver/pages/init.jsp?time=1394751772015>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Café. **Safra 2015, primeiro levantamento**. Janeiro/2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Café. **Safra 2014, quarto levantamento**. Dezembro/2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Café. **Safra 2013, quarto levantamento**. Dezembro/2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

ESTATCAMP CONSULTORIA ESTATÍSTICA. **Portal action**. São Carlos, 2013. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br>>. Acesso em: 2 out. 2013.

FERNANDES, A.L.T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R. Plantio circular do cafeeiro com pivô central utilizando emissores LEPA. **Bahia Agrícola**. Salvador, v. 5, n. 3, p. 19-22, jul. 2003.

FERREIRA, J. F. F.; LUIZÃO, F.J.; DALLAROSA, R.L.G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**. Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, jan./mar. 2005.

FOLEGATTI, M.V.; PAZ, V.P.S. Interceptação foliar da lâmina de irrigação na cultura do milho sob aspersão convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...Poços de Caldas**, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v. 2, p.19-21.

GOOGLE Earth. **Imagem Spot de 2014**. [S.l.] Google Inc. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 14 mar. 2014.

HEERMANN, D.F.; HEIN, P.R. Performance characteristics of self propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007. **Malha Municipal digital 2007**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtml#TOPO>. Acesso em: 14 mar. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004a. **Mapa de Biomas e de Vegetação 2004**. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtml>>. Acesso em: 21 fev. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004b. **Mapa de Biomas do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 1 mapa, color. Escala 1:5 000 000. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=66484>>. Acesso em: 1 jun. 2015.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. **Total production by all exporting countries 2014**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

LANDAU, E.C. et al. Concentração Geográfica de Pivôs Centrais no Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, n.69, 37 p. out. 2013.

LIMA, A.S. **Uso de inversor de frequência em sistema de irrigação do tipo pivô central e seu efeito na lâmina e uniformidade de distribuição de água.** 2009. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

MANTOVANI, E.C. et al. Densidade de coleta de dados e sua influência na caracterização da uniformidade em pivô central LEPA. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 297-306, jul./set. 2007.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 3, n. 48, p. 45-49, jul./set. 2000.

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações.** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ; Varginha: PROCAFÉ, 2010. 542 p.

MATIELLO, J.B.; FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, R. **Facilitando a irrigação em cafezais.** Varginha: PROCAFÉ, 2009. 78 p.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária-IMA. **Portaria n. 165/95**, de 27 de abril de 1995. Delimita regiões produtoras de café do estado de Minas Gerais para a instituição do certificado de origem. Belo Horizonte, MG. Disponível em: < www.ima.mg.gov.br/portarias/doc_download/69-portaria-165>. Acesso em: 15 fev. 2014.

MONTERO, J.; TARJUELO, J.M.; CARRIÓN, P. SIRIAS: a simulation model for sprinkler irrigation. Part II: Calibration and validation of the model. **Irrigation Science**, New York, v. 20, n. 2, p. 85-98, jun. 2001.

OLIVEIRA, D.A.; ASSUNÇÃO, W.L. O uso da água e do solo da bacia hidrográfica do córrego Lajeado, Araguari – MG. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 204–219, jun. 2013.

OLIVEIRA, K.M.G. et al. Modelagem para a estimativa da orientação de linhas de plantio de cafeeiros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 293-305, mar./abr. 2012.

ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L.; FAVERET FILHO, P. Café: (Re) conquista dos mercados. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 10, p. 3-56, set. 1999.

PLAYÁN, E. et al. Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 89-100, jul. 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2013. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org/isbn-3-900051-07-0>>. Acesso em: 16 out. 2013.

REGIÃO DO CERRADO MINEIRO. **Denominação de Origem**. 2014. Disponível em: <<http://www.cafedoCerrado.org/?p=so3>>. Acesso em: 15 fev. 2014.

RIBEIRO, M.S. et al. Water distribution characteristics and soil loss of lepa quadspray emitter nozzles. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 223-236, mar./abr. 2013.

RIBEIRO, M.S. **Desenvolvimento de emissor tipo LEPA de baixo impacto erosivo**. 2009. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANO, E.E. et al. **Mapeamento do uso do solo e Cobertura vegetal-Bioma Cerrado: Ano-base 2002**. 1.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF). Série Biodiversidade 36. Brasília, DF. 2010. 96 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. 2. ed. Uberaba: A.L.T. Fernandes, 2012. 388 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T.; FERNANDES, D.R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008. 476 p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 252 p.

SANTOS, L.C. **Avaliação técnica e econômica do uso de injetor tipo venturi associado à bomba centrífuga versus bomba do tipo pistão na quimigação via pivô central**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

SCHIMIDT, W. et al. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I - Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.330-333, maio/dez. 2004.

SCHIMIDT, M.V.V. Irrigação com LEPA: a inovação que “pegou”. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 04. n. 60, p. 78-79, out./dez. 2003.

SENNINGER PIVOT-MASTER CATALOG (Clermont, USA). Senninger Irrigation Inc. – Clermont: catálogo, Senninger. Disponível em: < <http://www.senninger.com/senninger-irrigation-portugues/>> Acesso em: 25 jan. 2015.

TARABAL, J. Região do Cerrado Mineiro, o mais nobre *terroir* do Brasil. **Revista Cafeicultura**, Rio Paranaíba, n. 13, p. 12, ago./set. 2013. Disponível em: < <http://pt.calameo.com/read/0025110811600271fbf95>>. Acesso em: 2 jul. 2015.

TEIXEIRA, E.N. et al. Interceptação de água pelo dossel da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 71-84, jan./mar. 2012.

TEIXEIRA, M.B. **Desenvolvimento de um dispositivo de medição de vazão e de metodologia para avaliação da irrigação por pivô central equipado com LEPA**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

TOLEDO, J.H. et al. Mapeamento de sistemas de pivôs centrais no Estado de Minas Gerais a partir de imagens CBERS-2B/CCD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...Curitiba**, PR: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2011. p. 331-338.

VICENTE, M.R. **Manejo e análise técnica dos sistemas de irrigação do cafeeiro na região oeste da Bahia**. 70 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

YAZAR, A. et al. LEPA and trickle irrigation of cotton in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 54, n. 3, p. 189-203. 2002.

WARRICK, A.W; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Application of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

ANEXOS

ANEXO A- Informações técnicas da lâmina de irrigação do pivô central em estudo

3242 P. 551

PIVOT

4871-2000 - VSL 711 - 1502

	Horas/Volta	mm/volta
100%	13,88	3,56
90%	15,42	3,96
80%	17,35	4,45
70%	19,83	5,09
60%	23,13	5,93
50%	27,76	7,12
40%	34,70	8,90
30%	46,27	11,87
20%	69,40	17,80
10%	138,80	35,60

Eq. nº : 4501

Cliente: MITSURO OKUBO
 Local: ARAGUARI - MG
 Comb.: 08 LL 6 5/8" + 3 LM 6 5/8" + B25m + SF
 Veloc.: 13,88 horas/volta
 Horas Func. An. : 24,00 horas
 Lâmina/ volta: 4,05 mm / volta
 Lâmina Bruta: 7,0mm/dia
 Motores 1,2 CV (ALTA VELOCIDADE)

LL -

ANEXO B- Informações Técnicas gerais do pivô central em estudo

 VALMONT IND. COM. LTDA - Divisao de Irrigacao
 PROJETO DE PIVOT CENTRAL
 BRASIL VERDE

Projeto: 1801/98 21/09/98 Cliente: 01001 MITSURO OKUBO

1) Precipitacao diaria:

Lamina Liquida.....: 5,95 mm/dia
 Eficiencia da aplicacao...: 85 %
 Lamina Bruta.....: 7,00 mm/dia (24 horas/dia)

2) Descricao e dados tecnicos do PIVOT:

Modelo.....: 4871 - 8000 - VSL / 11 - 1.502
 Composicao: 8 Lance longo 6.5/8", 3 Lance medio 6.5/8",
 Com balanço de 25 m c/ Spray final
 Sem canhao final.
 Numero de Aspersores.....: 264 com tubo de descida.
 Altura do Pivot.....: Standart - 2.74m
 Area circular irrigada...: 116,93 ha
 Lamina por percurso.....: 4,05 mm/volta Giro: 360 graus
 Periodo (rele a 100 %)...: 13,88 horas
 Vazao Total.....: 341,04 m3/h
 Vazao por area.....: 2,92 m3/h/ha
 Comprim. ate a ult. torre: 583,13 m
 Comprimento da tubulacao.: 608,58 m
 Raio total irrigado.....: 610,08 m
 Pressao no final da tubul.: 1,30 atm
 Motorreduutores em Alta...: 7
 Motorreduutores em Baixa...: 4
 Bomba Injet. Fertilizante: NAO

3) Adutora:

Tubulacao de Aco zincado de 250 mm de diametro com 1000 m de comp.
 Velocidade de escoamento.: 1,9306
 Perda de carga (x 100 m)..: 1,4115
 Perda de carga na tubul...: 14,1146

ANEXO B- Informações Técnicas gerais do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT IND. COM. LTDA - Divisao de Irrigacao
 PROJETO DE PIVOT CENTRAL
 BRASIL VERDE

Projeto: 1801/98 21/09/98 Cliente: 01001 MITSURO OKUBO

4) Composicao da motobomba:

4.1) Calculo da altura total

Pressao no Final da Tubulacao	13,00 mca
Desn. entre CENTRO DO PIVOT e PTO MAIS ALTO:	0,00 mca
Perda Friccional no Tubo do Pivot	29,15 mca
Altura dos ASPERSORES	3,54 mca
Pressao no Ponto do Pivot (manometro)	45,69 mca
Desnivel entre a MOTOBOMBA e o CENTRO DO PIVOT	50,00 mca
Perdas na ADUTORA	14,11 mca
Altura maxima de SUCCAO PREVISTA	2,00 mca
Perdas LOCALIZADAS	5,59 mca
ALTURA MANOMETRICA TOTAL	117,40 mca

4.2) Dados da(s) Bomba(s)

1 Bomba centrifuga:

Marca...: KSB	Velocidade.....: 1750 rpm
Modelo...: WKL 150/82	Vazao.....: 345,0000 m3/h
Estagios: 2,760	Pressao.....: 123 135,0000 mca
Diametro: 330,00 mm 20411	Rendimento.....: 72 76,00 %
Potencia no eixo: 226,97 cv	Potencia maxima: 224,5 272,37 cv
Consumo... 168,59 kWh 43,24 l/h	Npsh requerido.: 4,0000 mca
Npsh disponivel do local de instalacao do projeto:	6,2021 mca

4.3) Dados do(s) Motor(es)

1 Motor SCANIA 250CV 1750 RPM Elétrico
 Diesel, DS 11, 6 cil., 300.0 cv, 1750 rpm.

4.4) Ligacao de Pressao

1 Ligacao(oes) de pressao com diametro 200 mm.
 Velocidade de escoamento: 3,0407 m/s
 Perda de carga.....: 2,2782 mca

4.5) Tubulacao de Succao

1 Tubulacao(oes) de succao de Aco zincado com diametro 300 mm.
 Comprimento.....: 10 m
 Velocidade de escoamento: 1,3336 m/s
 Perda de carga.....: 0,3339 mca

ANEXO B- Informações Técnicas gerais do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT IND. COM. LTDA - Divisao de Irrigacao
PROJETO DE PIVOT CENTRAL
BRASIL VERDE

Projeto: 1801/98 21/09/98 Cliente: 01001 MITSURO OKUBO

5) Chaves, Cabos, Transformadores:

Seguranca...: 1030 m de cabo bipolar de Aluminio 2 x 6 mm2

Alimentacao.: 1030 m de cabo tetrapolar de Aluminio 4 x 35 mm2

Potencia do GRUPO GERADOR [kva].....: 20,0

O valor do Golpe de Ariete e': 57.01 mca

Golpe + Pressao da Moto Bomba: 180.28 mca

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo

VALMONT INDUSTRIES INC PAGE 1
 ORDER NO: 2045768 10/08/98
 ETIQ: 4501/98

SPRINKLER SETUP CHART

CUSTOMER			
NAME	MITSURO OKUBO	MODEL NUMBER	8000
ADDRESS	SOL.NR. 4501/98	LENGTH	2002.0
CT/ST/ZP	ARAGUARI MG 00000	GALLONAGE	1502
COUNTRY	BRAZIL	PIVOT PRESSURE	66
		ENDGUN RADIUS	
		APPL RATE (IN/DAY)	.28
DEALER		TOTAL ACRES COVERED	289.16
NUMBER	008007	GPM PER ACRE	5.00
NAME	VALMONT IND.E COM.LTDA.		

CPL	FT FROM	LINE	ORIFICE/	SPRK	NOZ	BOOM/ NOZ	- GAL/MIN -
LOCN	PIVOT	PRESS	REGULATOR	MODEL	NOZZLE	SIZES	NOZ RISER PSI REQ ACT

*** SPRINKLER SPECIFICATIONS ***

SYSTEM TYPE: PIVOT MODEL: 8000

SYSTEM GALLONAGE: 1502

SPAN CONFIGURATION USING: LIBRARY SPAN DESCRIPTION

NUMBER	CODE NUMBER
1	8D7180F
7	8D7180A
2	8D7157A
1	8D7157L
1	8B7086H

CODE	SPRINKLER PACKAGE DESCRIPTION	LENGTH
S10S	(SENNINGER SUPER SPRAY WITH STANDARD SPACING)	2002

WEAR PAD SELECTED:	TYPE	LENGTH	DESCRIPTION
	VG	2002	CONCAVE GROOVED WEARPAD

PIVOT PRESSURE IS COMPUTER CALCULATED

REGULATORS SELECTED - MANUFACTURER: SENNINGER

END PSI: 18

ELEVATION RISE 1

ELEVATION DROP 1

SPECIAL REGULATOR OUTLET PSI: 10 LENGTH: 2002

Edw
13/11/98

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo
(continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC PAGE 2
ORDER NO: 2045768 10/08/98

CPL	FT FROM	LINE ORIFICE/	SPRK	NOZ	BOOM/ NOZ	- GAL/MIN -
LOCN	PIVOT	PRESS REGULATOR	MODEL NOZZLE SIZES	NO	RISER PSI	REQ ACT

DROP/
OUTLET SIZE SPECIFIED: 0.75
BOOSTER PUMP SELECTED: NONE
TIRE TYPE DESCRIPTION: HIGH FLOAT
DRIVE TYPE DESCRIPTION: HIGH SPEED HELICAL
DROP MATERIALS SELECTED: VARIABLE LENGTH GALVANIZED (SEE CHART)
GROUND HEIGHT: 102
PIPE LOSS COEFFECIENT(ROUGHNESS FACTOR): 140
SPECIFIC CONSTANT (ENGINEERING USE): 60
SPACING OVERRIDES: NOZZLES OR 24 FT BOOMS 7.0 48 FT BOOMS 0.0
*** END OF SPRINKLER SPECIFICATIONS ***

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 3
ORDER NO: 2045768										10/08/98
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	- ACT
1	4.70			GAUGE						
2	12.20	65.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	1	66	11.2	.14	.46
3	19.70	64.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	2	72	11.2	.16	.46
4	27.16	64.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	3	78	11.2	.22	.46
5	34.66	64.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	4	78	11.2	.28	.45
6	42.16	63.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	5	84	11.2	.34	.45
7	49.62	63.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	6	84	11.2	.39	.45
8	57.12	63.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	7	90	11.2	.45	.45
9	64.62	62.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 4.5	8	90	11.1	.50	.45
10	72.08	62.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 5	9	90	11.1	.56	.58
11	79.58	62.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 5	10	96	11.1	.61	.58
12	87.08	62.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 5.5	11	96	11.1	.66	.72
13	94.54	61.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 5.5	12	96	11.1	.71	.72
14	102.04	61.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 5.5	13	96	11.1	.76	.72
15	109.54	61.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6	14	90	11.1	.81	.86
16	117.00	60.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6	15	90	11.1	.86	.86
17	124.50	60.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6	16	90	11.1	.90	.86
18	132.00	60.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6.5	17	84	11.1	.95	1.02
19	139.46	59.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6.5	18	84	11.1	.99	1.02
20	146.96	59.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6.5	19	78	11.1	1.04	1.02
21	154.46	59.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 6.5	20	78	11.1	1.08	1.02
22	161.98	58.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7	21	72	11.0	1.12	1.18
23	169.48	58.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7	22	66	11.0	1.16	1.18
24	176.98	58.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7	23	60	11.0	1.23	1.18
	180.94		TOWER NO 1 - SPAN LENGTH - 180.94							
25	184.89	57.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7.5	24	60	11.0	1.27	1.34

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 4	
ORDER NO: 2045768										10/08/98	
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ ACT		
26	192.39	57.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7	25	66	11.0	1.28	1.18	
27	199.89	57.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7.5	26	72	11.0	1.31	1.34	
28	207.35	56.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7.5	27	78	11.0	1.34	1.34	
29	214.85	56.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7.5	28	78	11.0	1.38	1.34	
30	222.35	56.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 7.5	29	84	11.0	1.41	1.34	
31	229.81	55.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	30	84	11.0	1.44	1.52	
32	237.31	55.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	31	90	11.0	1.47	1.52	
33	244.81	55.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	32	90	11.0	1.50	1.52	
34	252.27	54.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	33	90	11.0	1.53	1.52	
35	259.77	54.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	34	96	11.0	1.56	1.52	
36	267.27	54.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	35	96	11.0	1.58	1.52	
37	274.73	54.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8	36	96	10.9	1.61	1.52	
38	282.23	53.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	37	96	10.9	1.63	1.74	
39	289.73	53.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	38	90	10.9	1.65	1.74	
40	297.19	53.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	39	90	10.9	1.67	1.74	
41	304.69	52.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	40	90	10.9	1.71	1.74	
42	312.19	52.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	41	84	10.9	1.74	1.74	
43	319.65	52.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	42	84	10.9	1.78	1.74	
44	327.15	51.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 8.5	43	78	10.9	1.83	1.73	
45	334.65	51.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9	44	78	10.9	1.88	1.90	
46	342.17	51.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9	45	72	10.9	1.92	1.90	
47	349.67	50.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9	46	66	10.9	1.96	1.90	
48	357.17	50.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	47	60	10.9	2.05	2.12	
361.13	TOWER NO 2 - SPAN LENGTH - 180.19										
49	365.08	50.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	48	60	10.9	2.10	2.12	
50	372.58	50.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	49	66	10.9	2.09	2.12	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

V A L M O N T I N D U S T R I E S I N C										PAGE 5	
ORDER NO: 2045768										10/08/98	
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ ACT		
51	380.08	49.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	50	72	10.9	2.12	2.12	
52	387.54	49.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	51	78	10.9	2.16	2.12	
53	395.04	49.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 9.5	52	78	10.8	2.21	2.11	
54	402.54	48.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10	53	84	10.8	2.25	2.34	
55	410.00	48.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10	54	84	10.8	2.29	2.34	
56	417.50	48.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10	55	90	10.8	2.34	2.34	
57	425.00	47.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10	56	90	10.8	2.37	2.34	
58	432.46	47.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10	57	90	10.8	2.41	2.34	
59	439.96	47.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10.5	58	96	10.8	2.46	2.52	
60	447.46	47.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10.5	59	96	10.8	2.50	2.52	
61	454.92	46.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10.5	60	96	10.8	2.54	2.52	
62	462.42	46.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10.5	61	96	10.8	2.59	2.52	
63	469.92	46.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11	62	90	10.8	2.62	2.75	
64	477.38	45.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 10.5	63	90	10.8	2.67	2.52	
65	484.88	45.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11	64	90	10.7	2.71	2.75	
66	492.38	45.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11	65	84	10.7	2.75	2.75	
67	499.84	45.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11	66	84	10.7	2.79	2.75	
68	507.34	44.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11	67	78	10.7	2.84	2.74	
69	514.84	44.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	68	78	10.7	2.89	3.00	
70	522.36	44.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	69	72	10.7	2.93	3.00	
71	529.86	43.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	70	66	10.7	2.97	3.00	
72	537.36	43.6	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	71	60	10.7	3.09	3.00	
541.32	TOWER NO 3 - SPAN LENGTH - 180.19										
73	545.27	43.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	72	60	10.7	3.14	3.26	
74	552.77	43.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	73	66	10.7	3.09	3.00	
75	560.27	42.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 11.5	74	72	10.7	3.13	3.00	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 6
ORDER NO: 2045768										10/08/98
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	ACT
76	567.73	42.5	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	75	78	10.7	3.17	3.26
77	575.23	42.2	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	76	78	10.7	3.22	3.26
78	582.73	41.9	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	77	84	10.7	3.25	3.26
79	590.19	41.7	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	78	84	10.6	3.30	3.26
80	597.69	41.4	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	79	90	10.6	3.35	3.26
81	605.19	41.1	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	80	90	10.6	3.38	3.59
82	612.65	40.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12	81	90	10.6	3.42	3.26
83	620.15	40.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	82	96	11.0	3.47	3.66
84	627.65	40.3	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	83	96	10.6	3.50	3.58
85	635.11	40.0	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	84	96	10.6	3.55	3.58
86	642.61	39.8	LOW 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	85	96	10.6	3.60	3.58
87	650.11	39.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	86	90	11.0	3.63	3.66
88	657.57	39.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	87	90	11.0	3.67	3.66
89	665.07	39.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	88	90	11.0	3.72	3.65
90	672.57	38.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	89	84	11.0	3.75	3.65
91	680.03	38.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 12.5	90	84	11.0	3.80	3.65
92	687.53	38.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	91	78	11.0	3.85	3.96
93	695.03	38.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	92	78	11.0	3.90	3.96
94	702.55	37.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	93	72	11.0	3.94	3.96
95	710.05	37.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	94	66	11.0	3.97	3.95
96	717.55	37.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	95	60	11.0	4.13	3.95
	721.51		TOWER NO 4 - SPAN LENGTH - 180.19							
97	725.46	37.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13.5	96	60	11.0	4.17	4.26
98	732.96	36.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13	97	66	11.0	4.10	3.95
99	740.46	36.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13.5	98	72	11.0	4.13	4.26
100	747.92	36.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 13.5	99	78	11.0	4.18	4.26

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC											PAGE	7
ORDER NO: 2045768											10/08/98	
CPL	FT FROM	LINE	ORIFICE/	SPRK			DROP/					
LOCN	PIVOT	PRESS	REGULATOR	MODEL	NOZZLE	SIZES	NOZ	BOOM/	NOZ	- GAL/MIN -		
							NO	RISER	PSI	REQ	ACT	
101	755.42	36.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	13.5	100	78	11.0	4.23	4.26	
102	762.92	35.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	13.5	101	84	11.0	4.26	4.26	
103	770.38	35.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY	13.5	102	84	11.0	4.30	4.26	
104	777.88	35.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	13.5	103	90	11.0	4.35	4.26	
105	785.38	35.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	13.5	104	90	11.0	4.38	4.26	
106	792.84	34.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	105	90	11.0	4.43	4.59	
107	800.34	34.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	106	96	11.0	4.48	4.59	
108	807.84	34.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	107	96	11.0	4.51	4.59	
109	815.30	34.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	108	96	11.0	4.55	4.59	
110	822.80	33.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	109	96	11.0	4.61	4.59	
111	830.30	33.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	110	90	10.9	4.64	4.59	
112	837.76	33.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	111	90	10.9	4.68	4.59	
113	845.26	33.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	112	90	10.9	4.73	4.59	
114	852.76	33.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	113	84	10.9	4.76	4.93	
115	860.22	32.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14	114	84	10.9	4.80	4.59	
116	867.72	32.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	115	78	10.9	4.86	4.93	
117	875.22	32.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	116	78	10.9	4.91	4.93	
118	882.74	32.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	117	72	10.9	4.95	4.93	
119	890.24	31.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	118	66	10.9	4.98	4.93	
120	897.74	31.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	15	119	60	10.9	5.16	5.27	
901.70			TOWER NO	5	- SPAN	LENGTH -	180.19					
121	905.65	31.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY	15	120	60	10.9	5.21	5.27	
122	913.15	31.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	14.5	121	66	10.9	5.11	4.93	
123	920.65	31.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	15	122	72	10.9	5.14	5.27	
124	928.11	30.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	15	123	78	10.9	5.18	5.27	
125	935.61	30.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	15	124	78	10.9	5.24	5.27	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE	8
ORDER NO: 2045768										10/08/98	
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	ACT	
126	943.11	30.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15	125	84	10.9	5.27	5.27	
127	950.57	30.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15	126	84	10.9	5.31	5.27	
128	958.07	30.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15	127	90	10.9	5.36	5.27	
129	965.57	29.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15	128	90	10.9	5.39	5.26	
130	973.03	29.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	129	90	10.9	5.43	5.64	
131	980.53	29.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15	130	96	10.9	5.49	5.26	
132	988.03	29.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	131	96	10.8	5.52	5.63	
133	995.49	29.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	132	96	10.8	5.56	5.63	
134	1002.99	28.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	133	96	10.8	5.61	5.63	
135	1010.49	28.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	134	90	10.8	5.64	5.63	
136	1017.95	28.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	135	90	10.8	5.68	5.63	
137	1025.45	28.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	136	90	10.8	5.74	5.63	
138	1032.95	28.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	137	84	10.8	5.77	5.63	
139	1040.41	27.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	138	84	10.8	5.81	6.02	
140	1047.91	27.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	139	78	10.8	5.87	6.02	
141	1055.41	27.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 15.5	140	78	10.8	5.92	5.63	
142	1062.93	27.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	141	72	10.8	5.96	6.02	
143	1070.43	27.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	142	66	10.8	5.99	6.02	
144	1077.93	27.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	143	60	10.8	6.20	6.38	
1081.89			TOWER NO 6 -		SPAN LENGTH - 180.19						
145	1085.84	26.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	144	60	10.8	6.24	6.01	
146	1093.34	26.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	145	66	10.8	6.12	6.01	
147	1100.84	26.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	146	72	10.8	6.15	6.38	
148	1108.30	26.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16	147	78	10.8	6.19	6.01	
149	1115.80	26.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	148	78	10.8	6.25	6.37	
150	1123.30	26.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	149	84	10.8	6.27	6.37	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 9	
ORDER NO: 2045768										10/08/98	
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	- ACT	
151	1130.76	25.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	150	84	10.8	6.31	6.37	
152	1138.26	25.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	151	90	10.8	6.37	6.37	
153	1145.76	25.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	152	90	10.8	6.40	6.37	
154	1153.22	25.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	153	90	10.8	6.44	6.37	
155	1160.72	25.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	154	96	10.8	6.50	6.37	
156	1168.22	25.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 16.5	155	96	10.7	6.52	6.37	
157	1175.68	25.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	156	96	10.7	6.56	6.73	
158	1183.18	24.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	157	96	10.7	6.62	6.73	
159	1190.68	24.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	158	90	10.7	6.65	6.73	
160	1198.14	24.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	159	90	10.7	6.69	6.73	
161	1205.64	24.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	160	90	10.7	6.75	6.73	
162	1213.14	24.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	161	84	10.7	6.77	6.73	
163	1220.60	24.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	162	84	10.7	6.81	6.73	
164	1228.10	24.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	163	78	10.7	6.87	6.73	
165	1235.60	23.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	164	78	10.7	6.93	7.10	
166	1243.12	23.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	165	72	10.7	6.97	7.10	
167	1250.62	23.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17	166	66	10.7	7.00	6.73	
168	1258.12	23.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	167	60	10.7	7.24	7.09	
1262.08	TOWER NO 7 - SPAN LENGTH - 180.19										
169	1266.03	23.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	168	60	10.7	7.28	7.49	
170	1273.53	23.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	169	66	10.7	7.13	7.09	
171	1281.03	23.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	170	72	10.7	7.15	7.09	
172	1288.49	23.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	171	78	10.7	7.19	7.09	
173	1295.99	22.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	172	78	10.7	7.25	7.49	
174	1303.49	22.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 17.5	173	84	10.7	7.28	7.09	
175	1310.95	22.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	174	84	10.7	7.32	7.49	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 10	
ORDER NO: 2045768										10/08/98	
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	- ACT	
176	1318.45	22.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	175	90	10.7	7.38	7.49	
177	1325.95	22.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	176	90	10.7	7.40	7.49	
178	1333.41	22.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	177	90	10.7	7.44	7.49	
179	1340.91	22.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	178	96	10.7	7.51	7.49	
180	1348.41	22.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	179	96	10.7	7.53	7.49	
181	1355.87	22.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	180	96	10.7	7.57	7.48	
182	1363.37	21.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	181	96	10.6	7.63	7.48	
183	1370.87	21.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	182	90	10.6	7.65	7.85	
184	1378.33	21.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18	183	90	10.6	7.70	7.48	
185	1385.83	21.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	184	90	10.6	7.76	7.84	
186	1393.33	21.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	185	84	10.6	7.78	7.84	
187	1400.79	21.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	186	84	10.6	7.82	7.84	
188	1408.29	21.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	187	78	10.6	7.88	7.84	
189	1415.79	21.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	188	78	10.6	7.94	7.84	
190	1423.31	21.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY 18.5	189	72	10.6	7.98	7.83	
191	1430.81	21.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	190	66	10.6	8.01	8.22	
192	1438.31	20.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	191	60	10.6	8.27	8.22	
1442.27	TOWER NO 8 - SPAN LENGTH - 180.19										
193	1446.22	20.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	192	60	10.6	8.32	8.21	
194	1453.72	20.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	193	66	10.6	8.14	8.22	
195	1461.22	20.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	194	66	10.6	8.16	8.22	
196	1468.68	20.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	195	72	10.6	8.20	8.22	
197	1476.18	20.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	196	72	10.6	8.26	8.22	
198	1483.68	20.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	197	78	10.6	8.28	8.22	
199	1491.14	20.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19	198	78	10.6	8.33	8.21	
200	1498.64	20.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY 19.5	199	78	10.6	8.39	8.59	

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC										PAGE 11		
ORDER NO: 2045768										10/08/98		
CPL	FT FROM	LINE	ORIFICE/	SPRK		NOZ	DROP/	NOZ		- GAL/MIN -		
LOCN	PIVOT	PRESS	REGULATOR	MODEL	NOZZLE	SIZES	NO	BOOM/	RISER	PSI	REQ	ACT
201	1506.14	20.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	200	84	10.6		8.41	8.59
202	1513.60	20.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19	201	84	10.6		8.45	8.21
203	1521.10	20.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	202	84	10.5		8.52	8.59
204	1528.60	20.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	203	84	10.5		8.53	8.59
205	1536.06	20.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	204	84	10.5		8.58	8.59
206	1543.56	19.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	205	78	10.5		8.64	8.58
207	1551.06	19.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	206	78	10.5		8.66	8.58
208	1558.52	19.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	207	78	10.5		8.70	8.58
209	1566.02	19.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	208	72	10.5		8.77	8.97
210	1573.52	19.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	209	72	10.5		8.82	8.97
211	1581.04	19.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	210	66	10.5		8.86	8.98
212	1588.54	19.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	19.5	211	66	10.5		8.89	8.58
213	1596.04	19.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	212	60	10.5		9.18	9.36
1600.00			TOWER NO 9 - SPAN LENGTH - 157.73									
214	1603.95	19.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	213	60	10.5		9.22	9.36
215	1611.45	19.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	214	66	10.5		9.02	8.97
216	1618.95	19.4	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	215	66	10.5		9.04	8.97
217	1626.41	19.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	216	72	10.5		9.08	8.97
218	1633.91	19.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	217	72	10.5		9.15	8.96
219	1641.41	19.3	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	218	78	10.5		9.16	9.35
220	1648.87	19.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	219	78	10.5		9.21	9.36
221	1656.37	19.2	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	220	78	10.5		9.27	9.36
222	1663.87	19.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20	221	84	10.5		9.29	8.96
223	1671.33	19.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	222	84	10.5		9.33	9.35
224	1678.83	19.1	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	223	84	10.5		9.40	9.35
225	1686.33	19.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	224	84	10.5		9.41	9.34

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo
(continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC											PAGE 12	
ORDER NO: 2045768											10/08/98	
CPL	FT FROM	LINE	ORIFICE/	SPRK			NOZ	DROP/	NOZ	- GAL/MIN -		
LOCN	PIVOT	PRESS	REGULATOR	MODEL	NOZZLE	SIZES	NO	BOOM/	RISER	REQ	ACT	
226	1693.79	19.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	225	84	10.4	9.46	9.73	
227	1701.29	19.0	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	226	78	10.5	9.52	9.34	
228	1708.79	18.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	227	78	10.4	9.54	9.73	
229	1716.25	18.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	20.5	228	78	10.4	9.58	9.34	
230	1723.75	18.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	229	72	10.4	9.65	9.72	
231	1731.25	18.9	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	230	72	10.4	9.70	9.72	
232	1738.77	18.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	231	66	10.4	9.75	9.72	
233	1746.27	18.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	232	66	10.4	9.78	9.72	
234	1753.77	18.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	233	60	10.4	10.09	10.09	
	1757.73	TOWER NO 10 - SPAN LENGTH - 157.73										
235	1761.68	18.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	234	60	10.4	10.13	10.09	
236	1769.18	18.8	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	235	66	10.4	9.90	10.10	
237	1776.68	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	236	66	10.4	9.92	10.10	
238	1784.14	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21	237	72	10.4	9.96	9.71	
239	1791.64	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	238	72	10.4	10.03	10.09	
240	1799.14	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	239	78	10.4	10.04	10.10	
241	1806.59	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	240	78	10.4	10.09	10.09	
242	1814.09	18.7	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	241	78	10.4	10.16	10.09	
243	1821.59	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	242	84	10.4	10.17	10.09	
244	1829.05	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	243	84	10.4	10.21	10.09	
245	1836.55	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	22	244	84	10.4	10.28	10.47	
246	1844.05	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	22	245	84	10.4	10.30	10.48	
247	1851.51	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	21.5	246	84	10.4	10.34	10.09	
248	1859.01	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	22	247	78	10.4	10.41	10.47	
249	1866.51	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	22	248	78	10.4	10.42	10.47	
250	1873.97	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY	22	249	78	10.4	10.46	10.47	

**ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo
(continuação)**

VALMONT INDUSTRIES INC											PAGE 13
ORDER NO: 2045768											10/08/98
CPL LOCN	FT FROM PIVOT	LINE PRESS	ORIFICE/ REGULATOR	SPRK MODEL	NOZZLE SIZES	NOZ NO	DROP/ BOOM/ RISER	NOZ PSI	- GAL/MIN - REQ	- ACT	
251	1881.47	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22	250	72	10.3	10.53	10.47	
252	1888.97	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22	251	72	10.3	10.59	10.46	
253	1896.49	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	252	66	10.3	10.63	10.90	
254	1903.99	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22	253	66	10.3	10.66	10.46	
255	1911.49	18.6	MED 10PSI	DROP	SPRAY 23	254	60	10.3	11.41	11.32	
	1915.19	TOWER NO 11 - SPAN LENGTH - 157.46									
256	1919.99	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 23.5	255	60	10.2	11.46	11.76	
257	1927.49	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	256	60	10.3	10.79	10.89	
258	1934.99	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22	257	60	10.3	10.80	10.46	
259	1942.45	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	258	60	10.3	10.84	10.89	
260	1949.95	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	259	60	10.3	10.92	10.88	
261	1957.45	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	260	60	10.3	10.93	10.88	
262	1964.91	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	261	60	10.3	10.97	10.88	
263	1972.41	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 23	262	60	10.3	11.04	11.34	
264	1979.91	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 22.5	263	60	10.3	11.08	10.88	
265	1982.66			PLUG							
266	1987.41	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 23	264	60	10.3	11.13	11.33	
267	1994.91	18.5	MED 10PSI	DROP	SPRAY 21	265	60	10.4	9.61	9.73	
268	1997.66			PLUG							
269	2000.32	18.5	CJ. SPRAY	FINALC/	TB.DESC. 16	266	60	10.8	5.92	6.02	
		0 TO 2002 FEET	-	CONCAVE GROOVED WEARPAD		0600564					

ANEXO C- Informações Técnicas dos aspersores do pivô central em estudo (continuação)

VALMONT INDUSTRIES INC PAGE 15
ORDER NO: 2045768 10/08/98

QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
01	80007364	CONJ. TUBO DESCIDA SPRAY FINAL
84	0217110	REG PR 10 PSI LOW 3/4" F BASE X 3
182	0227110	REG PR 10 PSI MED 3/4" F BASE X 3
1	0231001	GAE MS PRESSURE GAUGE 1-160 PSI
1	0246046	FIT CA GV 2 IN. NPT
266	0246117	FIT MS U PIPE DROP 3/4" NPT 6.00"
266	0600500	SPK CP BODY 360 SUPER SPRAY W/WHI
8	0600502	SPK NZ #4.5 SUPER SPRAY NOZZLE
2	0600503	SPK NZ #5 SUPER SPRAY NOZZLE
3	0600504	SPK NZ #5.5 SUPER SPRAY NOZZLE
3	0600505	SPK NZ #6 SUPER SPRAY NOZZLE
4	0600506	SPK NZ #6.5 SUPER SPRAY NOZZLE
4	0600507	SPK NZ #7 SUPER SPRAY NOZZLE
5	0600508	SPK NZ #7.5 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600509	SPK NZ #8 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600510	SPK NZ #8.5 SUPER SPRAY NOZZLE
3	0600511	SPK NZ #9 SUPER SPRAY NOZZLE
6	0600512	SPK NZ #9.5 SUPER SPRAY NOZZLE
5	0600513	SPK NZ #10 SUPER SPRAY NOZZLE
5	0600514	SPK NZ #10.5 SUPER SPRAY NOZZLE
5	0600515	SPK NZ #11 SUPER SPRAY NOZZLE
6	0600516	SPK NZ #11.5 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600517	SPK NZ #12 SUPER SPRAY NOZZLE
10	0600518	SPK NZ #12.5 SUPER SPRAY NOZZLE
6	0600519	SPK NZ #13 SUPER SPRAY NOZZLE
8	0600520	SPK NZ #13.5 SUPER SPRAY NOZZLE
9	0600521	SPK NZ #14 SUPER SPRAY NOZZLE
6	0600522	SPK NZ #14.5 SUPER SPRAY NOZZLE
10	0600523	SPK NZ #15 SUPER SPRAY NOZZLE
9	0600524	SPK NZ #15.5 SUPER SPRAY NOZZLE
8	0600525	SPK NZ #16 SUPER SPRAY NOZZLE
10	0600526	SPK NZ #16.5 SUPER SPRAY NOZZLE
9	0600527	SPK NZ #17 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600528	SPK NZ #17.5 SUPER SPRAY NOZZLE
11	0600529	SPK NZ #18 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600530	SPK NZ #18.5 SUPER SPRAY NOZZLE
10	0600531	SPK NZ #19 SUPER SPRAY NOZZLE
9	0600532	SPK NZ #19.5 SUPER SPRAY NOZZLE
8	0600533	SPK NZ #20 SUPER SPRAY NOZZLE
10	0600534	SPK NZ #20.5 SUPER SPRAY NOZZLE
8	0600535	SPK NZ #21 SUPER SPRAY NOZZLE
11	0600536	SPK NZ #21.5 SUPER SPRAY NOZZLE
9	0600537	SPK NZ #22 SUPER SPRAY NOZZLE
7	0600538	SPK NZ #22.5 SUPER SPRAY NOZZLE
3	0600539	SPK NZ #23 SUPER SPRAY NOZZLE
1	0600540	SPK NZ #23.5 SUPER SPRAY NOZZLE
266	0600564	SPK PD MED GROOVE CONCAVE 36 PAD
33	1701959	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 60" (RE
50	1702111	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 78" (GR
28	1703059	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 66" (WH
28	1703060	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 72" (YE
47	1703268	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 84" (BL
48	1703269	AGA ASSM DROP PIPE 3/4" X 90" (CL

1.5 x 1
128

11

APÊNDICES

APÊNDICE A- Teste de Uniformidade de Aplicação- Determinação do CUC

Data: _____

Nº	Lâmina	Nº	Lâmina	Nº	Lâmina	Nº	Lâmina	Nº	Lâmina	Nº	Lâmina
1		21		41		61		81		101	
2		22		42		62		82		102	
3		23		43		63		83		103	
4		24		44		64		84		104	
5		25		45		65		85		105	
6		26		46		66		86		106	
7		27		47		67		87		107	
8		28		48		68		88		108	
9		29		49		69		89		109	
10		30		50		70		90		110	
11		31		51		71		91		111	
12		32		52		72		92		112	
13		33		53		73		93		113	
14		34		54		74		94		114	
15		35		55		75		95		115	
16		36		56		76		96		116	
17		37		57		77		97		117	
18		38		58		78		98		118	
19		39		59		79		99		119	
20		40		60		80		100		120	

Controle de evaporação na área

Nº	Lâmina Inicial	Lâmina Final
1		
2		
3		

Coleta de Dados Climatológicos durante o Teste

Hora		Hora		Hora		Hora		Hora	
T (°C)		T (°C)		T (°C)		T (°C)		T (°C)	
UR (%)		UR (%)		UR (%)		UR (%)		UR (%)	
VVento (m/s)		VVento (m/s)		VVento (m/s)		VVento (m/s)		VVento (m/s)	

APÊNDICE B- Coleta de dados em campo- “EFEITO SOMBRA”

Variedade: _____	Espaçamento: _____	Altura: _____
Ponto (localização entre torres): _____ Repetição: _____		
Data: _____ Hora: _____		
T (°C): _____ Umidade Relativa (%): _____ Velocidade do Vento (m/s): _____		
DOSEL DIREITO:		
Área Estrutura (m ²): _____		
Volume coletado (L): _____		
Lâmina coletada: _____		
DOSEL ESQUERDO:		
Área Estrutura (m ²): _____		
Volume coletado (L): _____		
Lâmina coletada (mm): _____		
ENTRELINHA:		
Área Estrutura (m ²): _____		
Volume coletado (L): _____		
Lâmina coletada (mm): _____		

APÊNDICE C- Análise Estatística- Gráficos BOX PLOT

