

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA**

DISSERTAÇÃO

**UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA ALTERNATIVO
DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO ORGÂNICO DA
PIMENTA CAMBUCI (*Capsicum baccatum* L. var.
pendulum) NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ**

Daniel Gomes de Souza

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

**UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO NO
CULTIVO ORGÂNICO DA PIMENTA CAMBUCI (*Capsicum baccatum* L.
var. pendulum) NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ**

DANIEL GOMES DE SOUZA

Sob a Orientação do Professor

Leonardo Duarte Batista da Silva

e Co-orientação do Professor

Jonathas Batista Gonçalves Silva

Dissertação submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestre em
Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em
Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ

Março de 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

DANIEL GOMES DE SOUZA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 02/ 03/ 2012.

Leonardo Duarte Batista da Silva. Prof. Dr. UFRRJ

(Orientador)

Raul de Lucena Duarte Ribeiro. Prof. Ph.D. UFRRJ

David Vilas Boas de Campos. Pesq. Dr – EMBRAPA/Solos

RESUMO

Souza, Daniel Gomes. **UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA ALTERNATIVO DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO ORGÂNICO DA PIMENTA CAMBUCI (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*) NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ** 2012. 80 p.. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

A agricultura familiar é a categoria do setor de produção de alimentos com o maior número de unidades produtivas e responsável por setenta por cento dos alimentos destinados ao consumo interno no Brasil. Por este motivo, o desenvolvimento de tecnologias adaptadas as condições vivenciadas por esse segmento é de suma importância para o desenvolvimento do meio rural brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo, avaliar a viabilidade da utilização do bambu na composição de um sistema alternativo de irrigação, para a cultura da pimenta no município de Seropédica – RJ. Este foi desenvolvido em dois momentos distintos, e constou em: uma minuciosa análise laboratorial das características hidráulicas de dutos de *Bambusa tuldoides*; e a montagem e análise qualitativa de um sistema de irrigação alternativo composto por dutos de bambu das espécies: *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides*. O de irrigação proposto foi utilizado na irrigação de um cultivo orgânico da pimenta *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*. Foram determinados os coeficientes C e Fd para dutos de *Bambusa tuldoides*, utilizados nas equações empíricas de dimensionamento de redes hidráulicas; a uniformidade de aplicação de água de um sistema composto por dutos de bambu e conexões de tiras de câmaras de ar, e a produção da cultura da pimenta Cambuci frente a variação do turno de rega quando irrigada pelo mesmo. Com os dados obtidos pretende-se ampliar o conhecimento sobre a produção de alimentos com a utilização desta tecnologia, permitindo sua aplicação em pequenas áreas de cultivo por agricultores descapitalizados, propiciando assim uma melhoria das condições de cultivo, que se reflete no aumento da produção e conseqüente melhoria na qualidade de vida do produtor.

ABSTRACT

Souza, Daniel Gomes. **USE OF AN ALTERNATIVE CROP IRRIGATION IN THE ORGANIC CAMBUCCI PEPPER (*Capsicum baccatum* L. var. *Pendulum*) IN THE MUNICIPALITY OF SEROPÉDICA - RJ.** 2012. 80 p. Dissertation (MSc in Organic Agriculture). Institute of Agriculture, Rural Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

The family farm is the category of the food production sector with the largest number of productive and responsible for seventy percent of food for domestic consumption in Brazil. For this reason, the development of technologies adapted to the conditions experienced by this action is of very important for the development of rural areas. This study aimed to assess the feasibility of using bamboo in the composition of an alternative system of irrigation for the cultivation of pepper in the city of Seropédica - RJ. The study was conducted at two different times, and consisted in: a thorough laboratory analysis of hydraulic characteristics of *Bambusa tuldoides* ducts, and the assembly and qualitative analysis of an alternative irrigation system consists of pipelines of bamboo species *Bambusa vulgaris* and *Bambusa tuldoides*, used to irrigate an organic cultivation of pepper *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*. Coefficients were determined for Fd C and ducts *Bambusa tuldoides*, empirical equations used in the design of hydraulic networks and the uniformity of water application of a system composed of bamboo pipes and connections of strips of inner tubes, and crop production Pepper before the variation of the irrigation schedule when irrigated by it. With the data obtained is intended to increase knowledge about food production using this technology, allowing its use in small areas of cultivation by poor farmers, thereby providing an improved growing conditions, reflected in increased production and consequent improvement in quality of life of the producer.

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Revisão bibliográfica.....	4
2.1.	Panorama e modelo de desenvolvimento rural contemporâneo	4
2.3.	Sistemas orgânicos de produção	6
2.4.	O Bambu	8
2.5.	Cultivo do pimentão Chapéu de bispo	11
2.6.	Manejo hídrico em sistemas de produção de pimenta	12
2.7.	Uniformidade de sistemas de irrigação	13
2.8.	Uso do bambu na irrigação	15
2.2.	Irrigação e o uso consuntivo da água.....	17

CAPÍTULO I

3.	ANALISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE CONDUTOS DE BAMBU DA ESPÉCIE <i>Bambusa tuldoides</i> E USINADOS COM MECANISMO PERFURADOR ARTESANAL	21
	Resumo.....	21
	Summary.....	21
3.1.	Introdução	22
3.2.	Material e Métodos.....	23
3.2.1.	Obtenção e preparação das tubulações.....	23
3.2.2.	Análises laboratoriais	24
3.3.	Resultados e Discussão	28
3.4.	Conclusões	37

CAPÍTULO II

4.	MONTAGEM DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU E DETERMINAÇÃO DE SUA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA – RJ	40
	Resumo.....	40
	Summary.....	Erro! Indicador não definido.
4.1.	Introdução	41
4.1.	Introdução	42
4.2.	Material e Métodos.....	43
4.2.1.	Corte e usinagem das varas.....	44
4.2.2.	Montagem da linha principal	46
4.2.3.	Montagem dos ramais de irrigação	46
4.2.4.	Montagem das linhas laterais	49
4.2.5.	Colocação dos mecanismos aplicadores	50
4.2.6.	Determinação da vazão média de aplicação e dos Coeficientes de Uniformidade de Chistianssem e Dimensional (CUC e CUD)	51
4.3.	Resultados e Discussão	53
4.4.	Conclusões	58

CAPÍTULO III

5. CULTIVO DA PIMENTA CAMBUCI (<i>Capsicum baccatum</i> L. var. <i>pendulum</i>) IRRIGADO COM UM SISTEMA DE ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA (RJ)	Erro! Indicador não definido.
Resumo.....	60
Summary.....	60
5.1. Introdução	61
5.2. Material e Métodos.....	62
5.3. Resultados e Discussão	65
5.4. Conclusões	67
6. Conclusões finais	68
7. Referências bibliográficas	69

1. Introdução

O desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e acessíveis a todos é atualmente um grande desafio com o qual as ciências ambientais se deparam. Ao longo da evolução tecnológica da agricultura, todo um modelo produtivo foi arquitetado com bases energéticas não renováveis e poluentes. Esse período histórico ainda vigente da agricultura conhecido como revolução verde, afetou profundamente a organização fundiária do Brasil, acelerando o processo de concentração de terras, e a marginalização dos pequenos agricultores descapitalizados quanto ao sentimento de desenvolvimento.

Neste contexto, a produção de pesquisa tornou-se cada vez mais dependente do capital privado; portanto submissa aos seus interesses. Algo que associado ao sucateamento das empresas públicas de assistência técnica e incipiência das políticas públicas de fomento, colocou a agricultura familiar em situação de extremo abandono.

Segundo o senso agropecuário de 2006 (IBGE), 82,7% das unidades familiares de produção possuem baixo nível tecnológico, resultando uma baixa produtividade, que acarreta baixa rentabilidade e conseqüentemente a insatisfação do agricultor e seus familiares com a atividade agrícola. Essa sequência de infortúnios é apontada como o principal fator motivador do êxodo rural, principalmente da população jovem, constituindo-se o maior desafio da manutenção da agricultura familiar, modelo agrícola predominante no estado do Rio de Janeiro.

Dentre as tecnologias utilizadas na agricultura, a irrigação destaca-se por sua importância nas pequenas unidades produtivas localizadas em regiões com distribuição pluviométrica irregular. É nítida sua demanda e o fato desta tecnologia ainda estar distante das pequenas unidades produtivas, embora seja a única capaz de fornecer com rigor técnico nas épocas secas, o insumo primordial a produção vegetal e que por si pode promover um incremento de 50% na produção; a água.

Entretanto, sistemas de irrigação apresentam elevados custos de aquisição e manutenção, sendo este o principal motivo para sua restrita utilização. Em média, o custo de implantação de um sistema de irrigação localizada é de R\$ 4500,00, por hectare, sendo que as tubulações e mecanismos aplicadores responsáveis por aproximadamente 70% desse valor. Outros fatores agravantes são a dependência de conhecimento técnico para seu dimensionamento econômico e o número restrito de estabelecimentos que comercializam

materiais utilizados em sistemas de irrigação, onerando ainda mais seu custo e distanciando essa tecnologia dos pequenos agricultores descapitalizados.

Analisando as perspectivas atuais do mercado de produtos orgânicos, e contextualizando a responsabilidade sócio ambiental, que caracteriza seus sistemas de produção, este se apresenta como nicho mercadológico orientador para as iniciativas de desenvolvimento da agricultura familiar. Adentrando ainda ao princípio da redução da importação de insumos em sistemas sustentáveis de produção pela utilização de materiais orgânicos e alternativos, a utilização do bambu na composição das redes hidráulicas dos sistemas de irrigação, implica não somente na redução da utilização de materiais não renováveis, mas na apresentação de uma alternativa para o acesso à tecnologia da irrigação por produtores descapitalizados.

O consumo de água na agricultura deve ser realizado de forma racional, e de maneira adequada para a obtenção do máximo rendimento e fitossanidade das culturas, sem comprometer a dinâmica hidrológica local e promover a lixiviação de nutrientes. Demandando a conscientização dos irrigantes quanto à importância econômica e ambiental do uso racional dos recursos hídricos na unidade, a fim de tornar sustentável a ampliação das áreas irrigadas.

Sobre esse ponto, a pesquisa vem aprofundando a um bom tempo o conhecimento das relações no Continuo Solo Planta Atmosfera (SPAC) de diversas culturas, a fim de orientar a utilização racional da tecnologia da irrigação na agricultura. Quanto à utilização de materiais alternativos para a composição de sistemas de irrigação, a utilização do bambu para a confecção de dutos de irrigação tem se apresentado uma tecnologia promissora e alvo de pesquisas pioneiras no Brasil, embora seja amplamente utilizada em civilizações orientais a milênios.

O simples acesso a tecnologia da irrigação e o aumento de produtividade dos sistemas não garantem o sucesso do investimento na atividade da agricultura familiar. Esta precisa também se diferenciar quanto a qualidade dos produtos e responsabilidade ambiental certificados aos sistemas ecológicos de produção, como apresentar produtos diferenciados com alto valor agregado e demanda de mercado.

As pimentas do gênero *Capsicum* destacam-se como importantes produtos do agronegócio brasileiro. Na pauta do comércio internacional de hortaliças, o volume das exportações brasileiras atingiu 8.479 toneladas no valor de US\$ 17.344 mil em 2004. Em

contrapartida, as importações foram de 641 toneladas no valor de US\$ 1.403 mil. Desta forma, as pimentas *Capsicum* beneficiaram a balança comercial brasileira com um superávit US\$ 15.941 mil. Comparando-se com o ano 2000, verifica-se que as exportações aumentaram em volume (22,1%) e em valor (43,0%). Em razão da elevada capacidade de geração de emprego e renda, principalmente para os pequenos produtores, as pimentas *Capsicum* posicionam-se dentro da agricultura brasileira como culturas de elevada importância socioeconômica (EMBRAPA, 2004).

A pimenta Cambuci: por sua rusticidade, alto potencial produtivo, possibilidade de beneficiamento, longevidade dos frutos e alto valor de comercialização, é uma cultura que se enquadra dentro das perspectivas quanto a aspectos fisiológicos e fitossanitários desejáveis no manejo orgânico e da geração de renda para a unidade familiar de produção.

Mediante a realidade vivenciada pela agricultura familiar e sua demanda por modelos de produção e tecnologias sustentáveis de baixo custo, este trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa para os agricultores descapitalizados, que necessitam da tecnologia da irrigação para melhoria do rendimento de seus cultivos e de sua qualidade de vida. Surge ainda para a ampliação do conhecimento da capacidade de resposta ao manejo de irrigação da cultura da pimenta Cambuci em manejo orgânico de produção, no município de Seropédica – RJ, uma vez que observa-se nessa cultura um alto potencial de geração de renda em pequenas unidades familiares de produção.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Panorama e modelo de desenvolvimento rural contemporâneo

Desde o início da Revolução Verde nos anos de 1960, a agricultura vem se modernizando progressivamente, com a aplicação intensiva de capital em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para produção agrícola em larga escala (SCHIOSCHET; PAULA, 2008).

A forma como as sociedades predominantes promoveram o desenvolvimento, fizeram ciência e desenvolveram tecnologias; gerou um desenvolvimento inadequado que, na prática, tem se mostrado impactante; custoso e desigual. O progresso, entendido apenas como avanço técnico, material e crescimento econômico, está sendo obtido dentro de um padrão de produção, de consumo, de acumulação e de vida insustentável (LEFF, 2001).

Segundo Castro (2006), este processo de transformação do cenário agrícola vivenciado na década de sessenta, deixou a agricultura familiar as margens do desenvolvimento tecnológico pela ausência de acesso a crédito, e em muitos casos pela inadequação da pesquisa agropecuária e extensão aos processos produtivos inerentes a esses sistemas de produção.

No entanto, vários autores indicam a existência de uma baixa relação entre o aumento da produtividade na agricultura e o surgimento de atividades não agrícolas, a ponto de alguns sustentarem que, a partir das últimas décadas, no Brasil, o desenvolvimento da agricultura pouco teve a ver com o desenvolvimento rural (SILVA, 2000).

O censo agropecuário de 2006 (IBGE) revela que aproximadamente 3.946.276 unidades, 82% das unidades com título de propriedade, são unidades de sistema familiar, e estas são responsáveis por 70% dos gêneros alimentícios que chegam à mesa dos consumidores brasileiros.

É evidente que as iniciativas públicas pouco contribuíram com os pequenos produtores rurais que tem acesso restrito às políticas de crédito, para os quais a água, é muitas vezes um fator limitante do bem estar, higiene e subsistência. Nesse grupo incluem-se agricultores de subsistência, assentados da reforma agrária, comunidades tradicionais, pequenos agricultores familiares, entre outros. Os perfis comuns observados são: a baixa renda, pequena propriedade, difícil acesso ao crédito e por consequência baixo nível tecnológico e baixa

produção. Algo que se fecha em um círculo vicioso de falta de expectativa, apontada por Weisheimer (2005) como fator motivador do abandono do meio rural, principalmente pelo jovem.

O principal fator limitante para produção de alimentos é o fornecimento adequado de água. Observando essa realidade de baixa renda das famílias do meio rural, alguns pesquisadores pelo mundo têm se esforçado no desenvolvimento de sistemas de irrigação de baixo custo, entre estes, sistemas que utilizam colmos de bambu para a produção dos dutos, uma vez que estes representam maior parte do investimento na montagem de sistemas de irrigação (SOUZA; SILVA, 2009).

Uma evidência empírica da gestão de ativos complementares na produção tecnológica é o *lobby* praticado por grandes empresas, com a liberação de financiamento aos órgãos de pesquisa influentes em sua área de atuação. Essa “benevolência” financeira tem a finalidade de estimular a produção de resultados científicos que posteriormente possam beneficiar e validar suas tecnologias frente aos órgãos reguladores (PELAEZ, 2003).

Nos últimos anos, diversos eventos estão alterando as relações entre a oferta e a demanda de tecnologias e entre os atores do sistema de pesquisa e inovação agropecuária. Castro (2006) realça os seguintes eventos: as novas leis da propriedade intelectual e de patentes, o crescimento econômico dos mercados de cultivares, e a grande participação de conglomerados transnacionais no mercado. Para o autor, tais eventos modificam as relações, o desempenho e o espaço que as instituições públicas e privadas de pesquisa agropecuária ocupam.

Existe um espaço crescente para a expansão da “agricultura alternativa”, sobretudo em países com forte tradição agrícola, como no caso do Brasil. A demanda favorável aos produtos orgânicos possibilita o desenvolvimento de uma “agricultura alternativa” economicamente viável. Cabe às instituições de pesquisa e de assistência técnica públicas, identificarem os espaços relevantes para o desenvolvimento das pesquisas de modo a atender um conjunto de atores sociais. Do lado da produção, as tecnologias alternativas se mostram interessantes nas pequenas propriedades, podendo inclusive auxiliar no fortalecimento das comunidades rurais. A realização de pesquisa científica em “agricultura alternativa” e a ampliação da assistência técnica da rede pública são pontos importantes para se dinamizar essas formas alternativas de produção, oferecendo opções aos agricultores que tradicionalmente têm estado à margem do processo produtivo (FUCK; BONACELLI, 2008).

Segundo Sachs (1986), o conceito de ecodesenvolvimento incorporou o argumento ecológico em sua concepção de desenvolvimento, pois considera que a natureza entra na composição do capital e não apenas nos meios de produção e de trabalho. Nesse sentido, o ecodesenvolvimento pode ser definido como uma estratégia para se promover a autonomia das populações, estimular a reflexão e a experimentação participativa de formas de crescimento econômico que priorizem o potencial dos recursos naturais e sociais de cada lócus, mesmo que este se faça de modo mais lento.

Este conceito do ecodesenvolvimento, fundamenta as relações de mercado solidário baseado no consumo consciente, assim como a busca pelo consumo de alimentos naturais, produzidos em sistemas ecologicamente corretos.

Segundo Campanhola e Valarini (2001), cinco fatores favorecem a prática da agricultura orgânica como opção viável para a inserção de pequenos agricultores familiares no mercado: melhor desempenho econômico e rendas superiores, pagamento de prêmios, inserção em redes de consumo consciente, nicho de mercado e produtos diferenciado da agricultura convencional, e a diversificação da produção e redução do consumo de insumos externos.

2.3. Sistemas orgânicos de produção

Face às crises sócio-ambientais, geradas a partir do modelo de desenvolvimento rural e tecnológico vinculado aos paradigmas da Revolução Verde, é necessário cada vez mais investigar formas alternativas de manejo dos recursos naturais e de organização social, capazes de responder positivamente aos desafios da produção agrícola sustentável, da preservação da biodiversidade e da inclusão social (MOREIRA, 2003).

Segundo Espíndola et al. (2006), a agricultura orgânica tem por princípio estabelecer sistemas de produção com base em tecnologias e processos, ou seja, um conjunto de procedimentos que envolvam a planta, o solo e as condições climáticas, produzindo alimento sadio e com suas características e sabor originais, que atenda às expectativas do consumidor. Basicamente, a agricultura orgânica tem como sustentáculo a aplicação no solo de resíduos orgânicos vegetais e animais, de preferência produzidos na unidade agrícola, com o objetivo de manter o equilíbrio biológico e a ciclagem de nutrientes (FEIDEN, 2001).

A participação brasileira no mercado global de produtos cultivados sem agrotóxicos ou adubação química sintética e conforme as boas regras de manejo sustentável sem oferecer risco ao meio ambiente e à saúde humana, ainda é pequena, mas está avançando de modo exponencial nos últimos anos, chegando à quinta posição no ranking mundial de área cultivada, que é de 26,5 milhões de hectares (YUSSEF; WILLER, 2003).

O mapa da produção agrícola orgânica do Brasil tem ampliado sua geografia para incluir mais de 30 produtos em diferentes regiões. Os primeiros produtos agrícolas orgânicos foram às hortaliças que impulsionaram outras produções, chegando atualmente a vinho, cachaça, carne de boi, camarão, leite, iogurte, mussarela de leite de búfala, além de café, açúcar, frutas, geléia e castanha de caju (CAMARGO et al., 2006).

Os motivos para o crescimento do mercado de produtos orgânicos, principalmente, na Europa, envolvem a crescente sensibilidade dos consumidores com questões relativas à saúde humana e meio ambiente. Como a produção não tem acompanhado a demanda, normalmente são oferecidos melhores preços para a comercialização dos produtos orgânicos, o que passa a ser uma excelente opção para pequenos e médios produtores nos países em desenvolvimento, em geral as áreas sob manejo orgânico certificadas chegam a 0,5% do total dedicado à agricultura (ALMEIDA et al., 2000).

O mercado de produtos orgânicos se depara com uma das mais importantes dificuldades para a sua expansão: a conversão dos sistemas convencionais para sistemas orgânicos. As áreas de lavoura convencional, cujas pragas e doenças são controladas à base de agrotóxicos, fazem com que os primeiros anos de agricultura orgânica possam representar dificuldades de manejo para o produtor (MOREIRA, 2003).

O desenvolvimento e o crescimento do mercado de produtos orgânicos dependem fundamentalmente da confiança dos consumidores na sua autenticidade, que, por sua vez, só podem ser assegurados por meio de programas de certificação ou de uma legislação eficiente (LAMPKIN; PADEL, 1994).

Tratando-se especificamente da olericultura, as perspectivas de crescimento das áreas de cultivo orgânico são grandes, tendo em vista que o cultivo convencional de olerícolas demanda altas quantidades de insumos agrícolas, principalmente fertilizantes, e agrotóxicos. Para as culturas folhosas problemas sérios podem vir a acontecer, pois o uso de altas doses de adubos solúveis, principalmente o nitrogênio, aliado a intensa aplicação de agrotóxicos, pode

levar a produção de alimentos de qualidade contestada, como já observado na cultura da alface (MIYAZAWA et al., 2001) e a um alto custo de produção (RODRIGUES, 1990).

Alguns anos atrás, a qualidade dos produtos orgânicos no ponto de vista visual (tamanho, coloração e formato), não era tão atraente como os cultivados na agricultura convencional. Contudo, com o equilíbrio dos solos, a qualidade visual da maioria dos produtos cultivados com métodos orgânicos não mais diferem dos provenientes de área de cultivo convencional (SOUSA, 2001).

2.4. O Bambu

Os bambus pertencem à família das gramíneas e a subfamília Bambusoideae que por sua vez se divide em duas grandes tribos: bambus herbáceos e os bambus lenhosos (FILGUEIRAS; GONÇALVES, 2004).

Seus colmos são ocos e se originam a partir de rizomas aonde já se apresentam diferenciadas suas estruturas vegetativas primárias. Após atingir o máximo crescimento do colmo, os ramos secundários se desenvolvem para que ocorra o início da atividade fotossintética. As estruturas vegetativas do bambu são apresentadas na Figura 1.

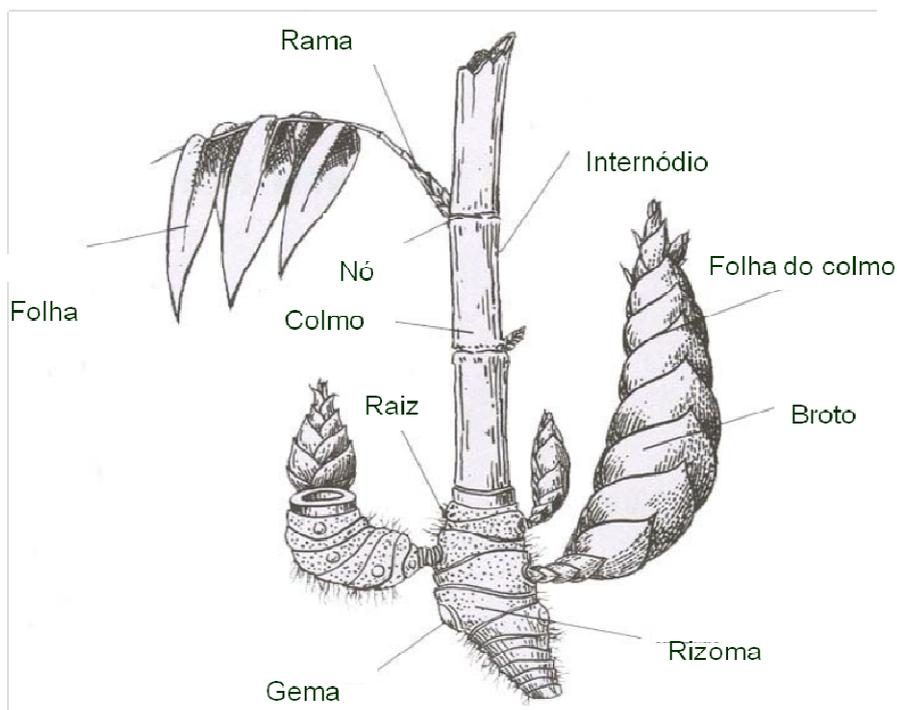


Figura 1. Partes do bambu (NMBA, 2004).

Basicamente existem dois grupos distintos de bambus quanto ao tipo de rizoma: os que formam touceiras (simpodiais) e os alastrantes (monopodiais). Muitos autores propõem o semi-entoucerante (anfipodial) como um terceiro tipo que dispõe de ambas as características anteriores, como apresenta a Figura. 2.

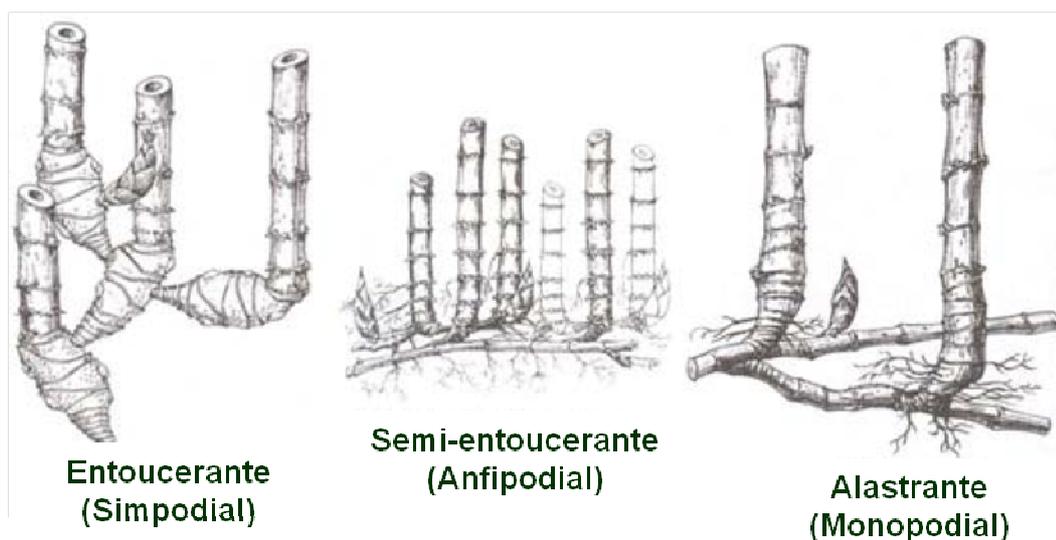


Figura 2. Hábitos vegetativos do bambu (NMBA, 2004).

Em muitas espécies de bambus o florescimento é um fenômeno raro, podendo acontecer em intervalos de até 120 anos. Várias espécies de bambus morrem ao florescer devido a energia despendida pela planta para a formação de um grande número de sementes. Contudo nem todos os bambus morrem ao florescer, os bambus herbáceos fogem a esta regra uma vez que florescem frequentemente e não morrem (FILGUEIRAS, 1988).

No Brasil, apesar de ser um vegetal relativamente comum na flora de todas as regiões, é pouco utilizado, seja pelo desconhecimento de suas centenas de espécies, características e aplicações, seja devido à falta de pesquisas e informações acessíveis às populações que poderiam se beneficiar com os seus usos. O uso que aqui se faz (Brasil), excetuando-se a produção industrial de papel, está restrito a algumas aplicações tradicionais: como artesanato, vara de pescar, móveis, e o broto comestível (PEREIRA, 2001).

Segundo Salgado (2001), a velocidade de propagação de uma plantação de bambu, depois de estabelecida, é muito grande. O tempo de estabelecimento de uma plantação varia de cinco a sete anos, e o amadurecimento de um bambu acontece de três a quatro anos, quando atingem as dimensões características da sua espécie, sendo assim mais rápido para a

colheita do que a mais rápida árvore. A partir do terceiro ou quarto ano já se pode coletar colmos e brotos. A média de produção de biomassa num bambuzal é de 10 toneladas por hectare por ano. O bambu pode substituir a madeira em diversas aplicações, e com isso diminuir o impacto ambiental por meio do desmatamento. O bambu não exige técnicas complexas para o seu estabelecimento como plantação. A irrigação só é necessária em regiões de pluviosidade muito baixa, e não é necessária a aplicação de produtos agrotóxicos. A colheita fortalece o bambuzal e é feita com instrumentos manuais. O transporte é facilitado pelo seu peso leve em comparação às madeiras (PEREIRA, 2001).

López (2003) afirma que, para se obter colmos com menor teor de umidade, estes devem ser colhidos na estação de menor pluviosidade, quando os solos estão secos e a atividade de líquidos é menor no interior dos colmos.

Pinzon (2002) observou que varas cortadas na fase lunar minguante, contem menores teores de amidos e açúcares disponíveis para insetos xilófagos, algo que as torna menos atrativas e palatáveis aos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1. Teores mínimos e máximos de carboidratos em diferentes fases lunares.

Fases da Lua	Teores Mínimos (%)	Teores Máximos (%)
Lua Cheia	16,2	47,4
Quarto Minguante	11,0	37,4
Quarto Crescente	17,4	47,3
Lua Nova	22,6	57,5

Fonte: (PINZON, 2002).

Os colmos do bambu possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas que podem ser utilizadas em lugar dos custosos plásticos e metais. Suas características de retidão, leveza, força, dureza, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho são ideais para os diferentes propósitos tecnológicos (HSIUNG, 1988).

2.5. Cultivo do pimenta Cambuci (pimentão Chapéu de Bispo)

A pimenta Cambuci (*Capsicum baccatum* Var. *pendulum*) tem o formato gracioso e o sabor agradável que combina o aroma das pimentas ardidas com a doçura de um pimentão. Quando verde, a pimenta lembra o formato da fruta Cambuci. A planta é um pequeno arbusto vigoroso e produtivo que pode chegar a até um metro, com frutos de coloração verde quando imaturos e vermelhos quando amadurecem. As flores se apresentam em número de uma a duas por axilas. Na antese, os pedicelos são geralmente eretos. A corola é branca e sempre apresenta um par de manchas amareladas ou esverdeadas na base de cada lobo das pétalas. As anteras são amarelas. Os cálices dos frutos maduros são evidentemente dentados e não possuem constrição anelar na junção do pedicelo. Os frutos são morfologicamente variados, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha. (CARVALHO, 2004).

Para a pimenteira, as temperaturas médias mensais ideais situam-se entre 21 °C a 30 °C, sendo a média das mínimas ideal 18 °C, e das máximas em torno de 35°C, sendo que temperaturas acima 35 °C prejudicam a formação dos frutos. Segundo Allen et al. (1998), a zona efetiva de raiz da pimenteira encontra-se aos 0,50 - 1,00 m.

Os valores de Kc da pimenta foram definidos por Miranda et al. (2006) para os diferentes estádios fenológicos da cultura no estado do Ceará, e são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Valores médios de coeficientes de cultivo (Kc) observados nos diferentes estádios fenológicos da pimenta Tabasco, no Ceará.

Estádio fenológico	Duração	Kc
Inicial	Semeadura até a cultura cobrir 10% da superfície do solo	0,30
Crescimento vegetativo	Fim do estágio anterior até a floração	0,30 -1,2
Reprodutivo	Floração plena até o início da maturação dos frutos	1,20
Maturação	Maturação dos frutos até a colheita	0,65

O cultivo da pimenta no Brasil é praticado por agricultores de base familiar, que exploram pequenas áreas, até 2 hectares, com o uso intensivo de mão-de-obra. Este sistema tem alcançado até 30 toneladas por hectare, com aceitável retorno econômico. Um dos mercados da pimenta brasileira *in natura* é o argentino, que em função de crises econômicas reduziu o volume importado nos últimos anos. Entretanto, continuou sendo um mercado potencial a ser mantido. Já o produto processado tem sido comercializado por empresas mineiras para o mercado europeu. (HENZ, 2004).

As pimentas *in natura* possuem um mercado relativamente pequeno quando comparadas com outras hortaliças, principalmente porque são usadas como temperos, em pequenas quantidades. Ao mesmo tempo, a demanda é relativamente constante e o mercado cativo. Por estas razões, é importante oferecer um produto de alta qualidade ao consumidor, com frutos de tamanho e coloração padronizados e isentos de resíduos de agrotóxicos. Ainda não existe nenhuma norma oficial de classificação e padronização para as pimentas no Brasil. Praticamente todas as operações usuais de beneficiamento são feitas a campo e executadas simultaneamente pelos colhedores (EMBRAPA, 2004).

Segundo Madail et al. (2005), os Estados maiores produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. A crescente demanda do mercado nacional, estimada em R\$ 80 milhões ao ano, tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas das espécies do gênero *Capsicum*, um dos mais promissores do País.

2.6. Manejo hídrico em sistemas de produção de pimenta

A poluição da água, sua escassez e a dificuldade de acesso tem contribuído para o incremento da competitividade entre os diferentes setores demandantes de água. Em áreas onde há períodos de estiagem, elevados custos de utilização de água e de energia, e dificuldade de acesso à água; se faz necessário a adoção de estratégias que visem alcançar a sustentabilidade da agricultura irrigada. Em decorrência dessas circunstâncias o déficit de irrigação tem sido utilizado como uma das mais vantajosas estratégias de economia de água, redução dos custos fixos e variáveis de irrigação. Entretanto as irrigações deficitárias podem estar associadas a um maior risco de perdas, por reduzir a produtividade e tornar a atividade

agrícola altamente suscetível a problemas inesperados nos equipamentos ou a ocorrência de condições climáticas adversas. (MARINHO, 2011)

Para as condições da planície de Gale na Sicília, Puglia e Cascio (1979), após estudarem a cultura do pimentão irrigada por aspersão, sulco e gotejamento, concluíram que a produção e o peso médio de frutos não foram afetados pelo método de irrigação, mas a cultura irrigada por aspersão foi a que apresentou maior número de frutos defeituosos.

Gonzáles e Dugo. (2007), concluíram que déficits hídricos na cultura de *Capsicum annum* L. afetaram a produção de biomassa e o rendimento comercial, devendo as pimentas serem irrigadas até a colheita, para evitar prejuízos.

A irrigação é essencial á produção de pimenta, considerada uma das culturas mais susceptíveis ao estresse hídrico na horticultura. O requerimento hídrico do gênero *Capsicum* varia de 600 a 1250 mm, dependendo do clima, do solo, da variedade e do manejo cultural (DOORENBOS; KASSAM, 2000).

Segundo Jones et al. (2000), o estresse hídrico é o principal fator responsável pela queda de frutos e infertilidade da planta. O autor recomenda a manutenção da disponibilidade de água no solo entre 65% a 80% da capacidade de campo. Chaves et al. (2005) obtiveram o valor de requerimento hídrico de 1.083 mm em um ciclo de 135 dias de cultivo da pimenta Tabasco, em Pentecoste – CE.

Em trabalho realizado em Ponte Nova (MG), Caixeta (1978) estudou o efeito da aplicação de três lâminas diárias de água (2, 4 e 6 mm.dia⁻¹) e três turnos de rega (1, 2 e 3 dias) em pimentão irrigado por gotejamento. O autor verificou que a produção e o número total de frutos normais elevaram com o aumento da quantidade de água aplicada, ocorrendo o inverso para o turno de rega. Salientou ainda que, para produção de 1 kg de frutos normais, foram necessários 410 e 160 litros de água, respectivamente, para as lâminas de água de 6 e 2 mm.dia⁻¹.

2.7. Uniformidade de sistemas de irrigação

No sistema intensivo de agricultura irrigada, quase sempre os produtores não dispõem de tempo para revisar os equipamentos de irrigação, que em geral, são usados durante anos, sem que haja revisão da motobomba ou substituição dos reguladores de pressão, os quais têm vida útil relativamente reduzida (GUERRA, 2004).

Além dos fatores já mencionados, a uniformidade de irrigação é afetada pelo tempo de uso dos equipamentos de irrigação, ou seja, além de sua vida útil; perda de carga no interior das tubulações; projetos mal dimensionados; entupimentos de emissores, em função do pequeno diâmetro de passagem dos mesmos e da qualidade da água de irrigação (KELLER; BLIESNER, 1990).

Uma das consequências diretas de uma baixa uniformidade de aplicação de água, em um sistema de irrigação, é o aumento do volume de água aplicado. Para que as plantas que recebem menor lâmina recebam quantidade suficiente para seu desenvolvimento, deve-se aumentar a lâmina aplicada. Isto faz com que as demais plantas recebam excesso de água, que se perderá por percolação profunda (LÓPEZ et al., 1992).

A uniformidade está associada à variabilidade da lâmina de irrigação ao longo da área molhada (FRIZZONE, 1992). Segundo Bernardo et al (2008), a uniformidade pode ser expressa por índices ou coeficientes, sendo o mais utilizado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). São também utilizados em menor escala o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente Estatístico de Uniformidade (CUE). De acordo com Bralts et al. (1987), uma abordagem estatística idêntica pode ser feita para os sistemas de irrigação localizada, bastando a substituição das lâminas de água, na conceituação original, pela vazão dos emissores.

Para os sistemas de irrigação localizada, López et al. (1992) afirmam ser mais frequente o uso do CUD, pois, possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água. Em sistemas de irrigação por gotejamento, o ideal é que a uniformidade atinja um valor de CUC superior a 90% e CUD entre 85 e 90%. De um modo geral, culturas de sistema radicular mais superficial, como algumas hortaliças, necessitam de valores de CUC mais altos do que para culturas de sistema radicular profundo, a exemplo de algumas frutíferas que recebem irrigação suplementar (ZOCOLER, 2005).

Merriam e Keller (1978) apresentam um critério geral para interpretação dos valores de CUD para sistemas, que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80% e 90%, bom; 70% e 80%, regular; e menor que 70%, ruim

Denículi et al. (1980) analisaram um sistema de irrigação por gotejamento no Campus da Universidade Federal de Viçosa, o qual é constituído de 48 linhas laterais. Quando se calculou a uniformidade por linha lateral pelos métodos de Christiansen (1942), de Keller; Karmeli (1975) e de Denículi et al. (1980), encontraram-se as seguintes variâncias entre os

valores de cada método: 8, 158 e 62, respectivamente. Em função do maior número de dados coletados, o método de Christiansen (1942) foi o mais preciso.

Jensen et al. (1967), citado por Bernardo et al (2008), mencionam que a avaliação do desempenho do sistema de irrigação também serve para calcular o tempo de irrigação e a lâmina de água aplicada.

2.8. Uso do bambu na irrigação

O bambu, como conduto, é usado há séculos pelos povos do Oriente; na China foi usado ao redor de 1000 a.C., na condução de gás natural, percorrendo uma milha ou mais, para fornecer calor na produção de sal, sendo ainda utilizado na condução da salmoura. Na Indonésia, em Formosa, e na China empregam-se, ainda hoje, tubulações de bambu como aquedutos rurais e transporte de água em pequenas cidades (HIDALGO, 1974).

Na Tanzânia, experiências conduzidas nos últimos 13 anos têm mostrado a viabilidade da utilização de bambu na construção de sistemas de abastecimento de água. Um total de 200 km de linha de tubos de bambu foi completado e outras estão em construção, atendendo 150.000 pessoas são beneficiadas com este sistema. (ALMEIDA NETO, 1992)

Pesquisas conduzidas em algumas partes do mundo indicam que bambus enterrados no solo podem alcançar vida útil de 15 a 20 anos e, se preservados corretamente e prevenidos do contato com o solo, podem alcançar de 20 a 30 anos (LIPANGILE, 1988).

Existe uma grande variabilidade da pressão interna de ruptura entre espécies, dentro de cada espécie de bambu, e mesmo nas diferentes partes do colmo, notando-se tendência geral de crescimento do valor da pressão, do ápice para a base do colmo. (ALMEIDA NETO, 2000)

Estudos realizados na Universidade de Carolina do Norte, confirmaram a viabilidade de utilização do bambu para condução de água para valores de pressão interna de 215,7 kPa. Não se tem referência, nesta pesquisa, sobre a espécie testada, nem de qual parte do colmo foi retirada a amostra (IPSED, 1966).

Na Universidade de Massachussets, Lippert (1976) estudando o uso do bambu como conduto forçado, mostrou ser viável seu uso com até 480,5 kPa de pressão interna. As espécies testadas foram *Bambusa vulgaris*, *Guadua angustifolia*. Das espécies testadas, a que obteve melhor comportamento com relação à resistência a pressão foi a *Bambusa vulgaris*

que, para partes do terço inferior do colmo, chegou a 1.500 kPa sem ruptura; nos testes de laboratório foram utilizados pedaços de colmo com 0,91 m cada um.

Na Tanzânia, pressões de até 588,4 kPa têm sido utilizadas com sucesso em projetos; as espécies em uso na Tanzânia são *Arundinaria alpina* e *Bambusa vulgaris*. Este alto valor está associado a um reforço no bambu, utilizando-se um anel de arame de aço galvanizado, a cada intervalo de 5 cm (LIPANGILE, 1988).

Almeida Neto (1992) observou a ruptura dos tubos de bambu quando submetidos a um aumento gradativo da pressão estática, sendo que ocorreu sempre com valores de pressão acima de 0,51 Mpa (51 mca) e, na maioria das vezes, na parede do tubo e não no diafragma (nó). Desse modo, o diafragma final (nó final) pode ser considerado um tampão.

Segundo Pereira (2001), tiras de borracha pode ser utilizadas para realizar a união entre as tubulações de bambu. O mesmo autor observou que um número de tiras de borracha sobrepostas entre 6 e 8 são suficientes para confeccionar a união dos tubos de bambu, enquanto as pressões obtidas (suportadas) com essa mesma quantidade de tiras de borracha variou entre 0,22 e 0,20MPa. Essa variação decorre principalmente da habilidade do operador em efetuar as amarrações. Este é um aspecto da utilização do bambu que deve ser melhorado, considerando as maiores pressões que podem ser suportadas pelas paredes dos tubos e o fato da união com borracha ser feita manualmente. (ALMEIDA NETO, 1992)

Com relação à perda de carga devida ao atrito nas tubulações de bambu, os nós aparecem como a maior irregularidade na superfície do bambu; por outro lado, a superfície restante é lisa e polida, com um atrito bem inferior aos nós (University of Dar es Salaam, 1979).

Pereira (2001), obteve as expressões finais que relacionam o coeficiente de atrito da equação de Darcy-Weisbach (F_d) e o número de Reynolds (Re) obtidas para todos os tubos de bambu ensaiados e usinados internamente por meio das duas ferramentas, de impacto e giratória, comprovando que os tubos de bambu são inferiores hidraulicamente a um tubo liso de PVC. O autor mostra que a qualidade da usinagem com ferramenta giratória é superior à usinagem por impacto. Para os tubos de bambu usinados internamente por meio da ferramenta de impacto foi obtida a expressão final $f = 0,3459 Re^{-0,117}$ e para os tubos de bambu usinados internamente por meio da ferramenta giratória foi obtida a expressão $f = 0,1107 Re^{-0,097}$. O mesmo autor obteve um valor médio de $C = 63$ e $C = 101$ para os usinados com as ferramentas de impacto e giratória respectivamente.

Alguns trabalhos têm obtido êxito na montagem de sistemas de irrigação por aspersão e localizada de pequeno porte utilizando diferentes espécies de bambu, potencializando o seu uso a partir de critérios técnicos, propiciando assim o uso desta tecnologia de baixo custo. Pereira (1997) utilizou uma linha fixa enterrada de irrigação por aspersão cuja tubulação foi constituída de bambu, que permaneceu em funcionamento por 5 anos com pressão estática de 25 mca. Souza e Silva (2009) montaram uma gleba cultivada com 560 plantas de *Capsicum baccatum* Var. pendulum irrigadas por gotejamento utilizando tubulações de bambu, e concluíram que a economia da mão de obra direta na irrigação foi da ordem de 50%, com redução de aproximadamente 90% dos custos de implantação.

2.2. Irrigação e o uso consuntivo da água

A história da irrigação data da época do desenvolvimento e prosperidade dos povos, onde em áreas áridas a produção de alimentos só era possível graças a ela. A irrigação tornou-se uma estratégia para o aumento da produção, produtividade e rentabilidade das culturas. A agricultura irrigada tem otimizado a produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo e gerando mais empregos e renda para população rural. O crescimento da população mundial tem exigido uma agricultura tecnificada e competitiva, que possibilite a produção de alimentos em maior quantidade e melhor qualidade. Mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas (MANTOVANI et al., 2006).

A água é essencial para o incremento da produção das culturas, por isso o seu uso deve ser feito da melhor forma possível para que se obtenha produções satisfatórias e altos rendimentos. Isso exige o conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

Carvalho et al. (2006) relatam que dentre os diversos usos consuntivos (uso doméstico, industrial e agricultura), o uso da água na agricultura é caracterizado como aquele de maior expressão, em virtude da grande quantidade de água normalmente utilizada na agricultura irrigada. Mundialmente, a agricultura consome cerca de 70 % de toda a água derivada de rios, lagos e aquíferos subterrâneos, e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (CHRISTOFIDIS, 2001). No entanto, Rodriguez et al. (2007) comenta que na bacia do rio São Francisco, a irrigação demanda 71,4 % de toda a água utilizada.

A irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Estima-se que, mundialmente, no ano de 2020 os índices de consumo de água para a produção agrícola sejam mais elevados na América do Sul, África e Austrália (PAZ et al., 2000). No Brasil, atualmente torna-se evidente o crescimento dos conflitos entre os usos múltiplos dos recursos hídricos. Exemplos em grande escala podem ser observados na bacia do Rio São Francisco, em que as projeções de demanda de água para irrigação e transposição para outras bacias hidrográficas e manutenção dos atuais aproveitamentos hidrelétricos são preocupantes (MEDEIROS, 2003).

De acordo com os censos agropecuários do IBGE desde 1960 até 1995/96, a área irrigada no país aumentou de 0,45 milhões de hectares para 3,1 milhões de hectares em 1995-96, sendo cerca de 90% dessas áreas irrigadas desenvolvidas pela iniciativa privada, e os restantes 10% por projetos públicos. É um dos países de menor relação “área irrigada por área irrigável” (cerca de 10%), além de exibir baixíssima taxa de hectares irrigados por habitante (0,018 ha habitantes⁻¹), a menor da América do Sul (ANA, 2009).

Sendo a água um bem cada vez mais escasso, tanto em quantidade quanto em qualidade, aqueles que a utilizam em agricultura irrigada são obrigados a utilizá-la, cada vez mais, com maior eficiência possível, dentro das considerações econômicas que toda atividade produtiva requer (LÓPEZ et al., 1992).

Em várias regiões do Brasil, a quantidade de água disponível para irrigação é um fator que está se tornando limitante à expansão da área irrigada. A lâmina de água aplicada afeta a energia necessária ao recalque e o custo de operação de um projeto de irrigação. Dessa forma, faz-se necessário implementar práticas, que permitam a racionalização da quantidade de água a ser repostada à cultura, a qual depende de uma estimativa adequada da evapotranspiração. Aplicações insuficientes ou excessivas resultam em perdas ou prejuízos consideráveis para as plantas e solo, diminuindo a eficiência de uso da água de Irrigação (REIS, 2005).

Neste contexto a escolha do método de irrigação adequado para cada condição de cultivo, revela-se de suma importância para utilização com máxima eficiência dos recursos hídricos em uma unidade produtiva, bem como a energia demandada. A Tabela 2, apresenta as faixas médias de eficiência de diferentes métodos de irrigação.

Tabela 2. Eficiência de irrigação e consumo de energia de diferentes métodos de irrigação.

Método de Irrigação	Eficiência de Irrigação (%)	Uso de Energia (kWh.m ⁻³)
por superfície	40 a 75	0,03 a 0,3
por aspersão	60 a 85	0,2 a 0,6
Localizada	80 a 95	0,1 a 0,4

(Fonte: MAROUELLI; SILVA, 1998.)

Quando comparada com outros métodos, a irrigação localizada tem a vantagem de operar sob baixas pressões de serviço e, conseqüentemente, com menor potência do conjunto motobomba minimizando o consumo de energia (CURTIS et al., 1996).

Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG (1993), se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação.

CAPITULO I

ANALISE DAS CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DE CONDUTOS DE BAMBU DA ESPÉCIE *Bambusa tuldoides* E USINADOS COM MECANISMO PERFURADOR ARTESANAL

3. ANALISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE CONDUTOS DE BAMBU DA ESPÉCIE *Bambusa tuldoides* E USINADOS COM MECANISMO PERFURADOR ARTESANAL

Resumo

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Instituto de Tecnologia da UFRRJ, visando analisar a perda de carga oriunda do fluxo pressurizado de água em condutos feitos de colmos de bambu, para a determinação dos coeficientes técnicos das equações empíricas utilizadas no dimensionamento de sistemas de irrigação. No experimento utilizou-se a espécie *Bambusa tuldoides*. A ferramenta utilizada na perfuração dos entrenós foi uma barra giratória confeccionada artesanalmente por Souza e Silva (2009), acionada por uma furadora elétrica e uma acionada manualmente. Também foram realizados ensaios para a obtenção de coeficientes relativos à utilização de mecanismos aplicadores feitos com hastes de cotonetes, e quanto utilização de conexões feitas a partir de tiras de câmaras de ar.

Summary

This work was performed at the Hydraulics Laboratory Institute of Technology UFRRJ in order to analyze the loss of cargo coming from the pressurized flow of water in pipes made of bamboo poles, to determine the technical coefficients of the empirical equations used in the design of systems irrigation. In the experiment we used the species *Bambusa* tea tool used in drilling the internodes was a revolving bar made by hand by Souza and Silva (2009) and driven by an electric punch and a manually operated. Also tests were performed to obtain coefficients for the use of mechanisms applicators made of rods swabs, and the use of connections made from strips of air chambers.

3.1. Introdução

A irrigação é uma tecnologia que tem seus benefícios reconhecidos milenarmente, e sua utilização foi verificada em diversas civilizações antigas (HOWARD, 1943, BERNARDO et al., 2008). Porém sua ausência ainda hoje constitui um dos fatores que mais limita o aumento de produção dos pequenos agricultores descapitalizados, devido principalmente ao custo elevado para sua implantação. Em um projeto de irrigação, as tubulações são responsáveis por cerca de 60% dos custos de aquisição, e o distanciamento geográfico entre as unidades produtivas e estabelecimento que comercializam produtos para montagem dos sistemas pode contribuir no aumento desse fator.

Dentro desse contexto, sistemas alternativos oriundos de diversos materiais vêm sendo desenvolvidos e estudados, dentre os quais se destaca o bambu. O bambu apresenta-se como alternativa na redução do custo de implantação de pequenos sistemas de irrigação localizada, por sua abundância no meio rural e alto potencial de renovação de biomassa, produzindo colmos ocos septados, com apreciável comprimento, e que podem facilmente ser usinados e utilizados como condutos pressurizados na condução de água.

Experimentos recentes têm obtido êxito na montagem de sistemas de irrigação por aspersão e localizada de pequeno porte utilizando diferentes espécies de bambu. Pereira (1997) utilizou uma linha fixa enterrada de irrigação por aspersão cuja tubulação foi constituída de bambu e as conexões confeccionadas com tiras de câmaras de ar, submetida a pressão estática de 0,25 MPa que, permaneceu em funcionamento por 5 anos. Souza e Silva (2009) montaram uma gleba experimental irrigada por um sistema de gotejamento utilizando tubulações de bambu conectadas com luvas de câmaras de ar, e mecanismos aplicadores feitos com hastes de cotonetes. Os mesmos concluíram que a economia da mão de obra direta na irrigação da cultura foi da ordem de 50% e uma redução do custo de implantação da ordem de 90%. Estes estudos potencializam o uso do bambu na composição de pequenos sistemas de irrigação pela produção de coeficientes técnicos e metodologia do processo de implantação, que propiciam o uso desta tecnologia de baixo custo por pequenos agricultores descapitalizados.

O presente trabalho visa determinar a perda de carga em dutos confeccionados a partir de varas de bambu da espécie *Bambusa tuldoides*, usinados por um mecanismo perfurador artesanal de simples confecção, para a obtenção dos coeficientes técnicos das equações

empíricas de Hazen-Williams e Darcy-Weisbach, utilizadas no dimensionamento de sistemas de irrigação. Também foram obtidos experimentalmente a Rugosidade média das paredes de condutos de *Bambusa tuldoides* e o Número de Reynolds (Re) do fluxo nestes condutos para diferentes vazões, a pressão média de ruptura das conexões e tampões de câmaras de ar, e a perda de carga hidráulica proporcionadas pelas conexões de borracha.

Outro objetivo foi a determinação da vazão de aplicação (Q_a) dos mecanismos aplicadores de hastes de cotonetes para diferentes vazões e pressão de serviço na tomada da linha lateral. Com os resultados obtidos, deseja-se contribuir com a construção do conhecimento sobre essa tecnologia alternativa, e promover o desenvolvimento de parâmetros que possibilitem compreensão das características hidráulicas da referida espécie e sua utilização na composição de pequenos sistemas de irrigação.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Obtenção e preparação das tubulações

Para a avaliação das características hidráulicas da espécie *Bambusa tuldoides*, foram cortadas cinquenta varas de bambu dia 28 de janeiro de 2011, no conjunto de touceiras localizado na SIPA (Sistema Integrado de Pesquisa Agroecológica) conhecido como Fazendinha Agroecológica do Km 47, situada no município de Seropédica, RJ. Dentro do universo amostral, selecionaram-se varas com idade entre 1,5 e 2,5 anos e com características morfológicas de diâmetro e linearidade que proporcionassem a usinagem de condutos com 8 m de comprimento. A idade das varas foi estimada pelo método das cicatrizes dos ramos (UEDA, 1986).

Depois de cortadas, as varas permaneceram em processo de cura na touceira por trinta dias. Esse processo é recomendado por Pereira (2001), como processo mínimo preservativo contra brocas e rachaduras; e consiste simplesmente em deixar as varas na posição vertical apoiadas na touceira, evitando que sua base fique em contato com o solo. A data do corte coincide com a lua minguante, uma vez comprovado pelo trabalho de Pinzon (2002) que varas cortadas nesta fase lunar contêm menores teores de amidos e açúcares disponíveis, algo que as torna menos atrativas e palatáveis aos insetos xilófagos.

3.2.2. Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Hidráulica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e os procedimentos realizados são detalhados a seguir.

Após o processo de cura na touceira, as varas foram conduzidas ao laboratório, separadas e identificadas em dois grupos com diferenciados comprimentos: nos grupos A, quarenta varas com 4,15 m de comprimento e no grupo B dez varas de 8,30 m de comprimento. O mecanismo perfurador utilizado para usinagem dos dutos foi o desenvolvido e utilizado por Souza; Silva (2009), com dois comprimentos de barra de transmissão: 2,30 m e 4,30 m, e pena perfuradora de 0,019 m (Figura 1).

Esse mecanismo foi selecionado pela simplicidade de confecção e independência de eletricidade, apresentando bom rendimento na perfuração dos nós.

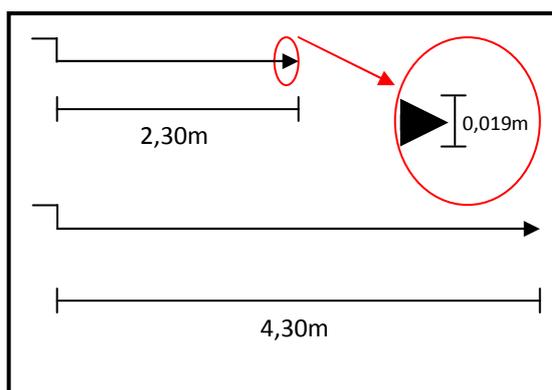


Figura 1. Esquema do perfurador manual utilizado na usinagem das varas.

No laboratório foi montada uma bancada experimental que consistia em uma rede hidráulica em circuito fechado, com fluxo regulado pelas válvulas de gaveta da tomada d'água e do refluxo. Na pressurização do sistema foram utilizados dois conjuntos motobomba em momentos distintos de ensaios; um com a potência de 1 CV (ensaio de perda de carga) e outro com 5 CV (ensaio de resistência), que recalavam a água da cisterna até a bancada, passando antes por um filtro de tela (150 mesh) e um medidor de vazão eletromagnético digital (modelo: Optiflux 2000, fabricante Conaut), cuja unidade de medição é $L \cdot \text{min}^{-1}$. O fluxo de água era conduzido à bancada por meio de uma tubulação de PVC com diâmetro nominal de 0,0254 m (uma polegada).

Para a conexão da tubulação de PVC de uma polegada com as varas de bambu, foi realizada uma redução do diâmetro para $\frac{3}{4}$ de polegada (0,019 m) em PVC, aonde foram instalados uma válvula de gaveta e um ponto para medição de pressão. Após o ponto de tomada de pressão, as varas de bambu foram conectadas a tubulação de PVC, sendo que a tubulação de PVC era introduzida 0,15 m na tubulação de bambu e a vedação era realizada por meio de tiras de borracha de câmaras de ar, com largura de 0,07 m e 1,0 m de comprimento, tensionadas em volta das extremidades das tubulações (PVC e bambu). O mesmo procedimento de conexão era realizada na extremidade final das tubulações de bambu, sendo que na tubulação de PVC do refluxo, a tomada de pressão estava localizada antes de válvula de gaveta e assim o fluxo era reconduzido até a cisterna (Figura 2).

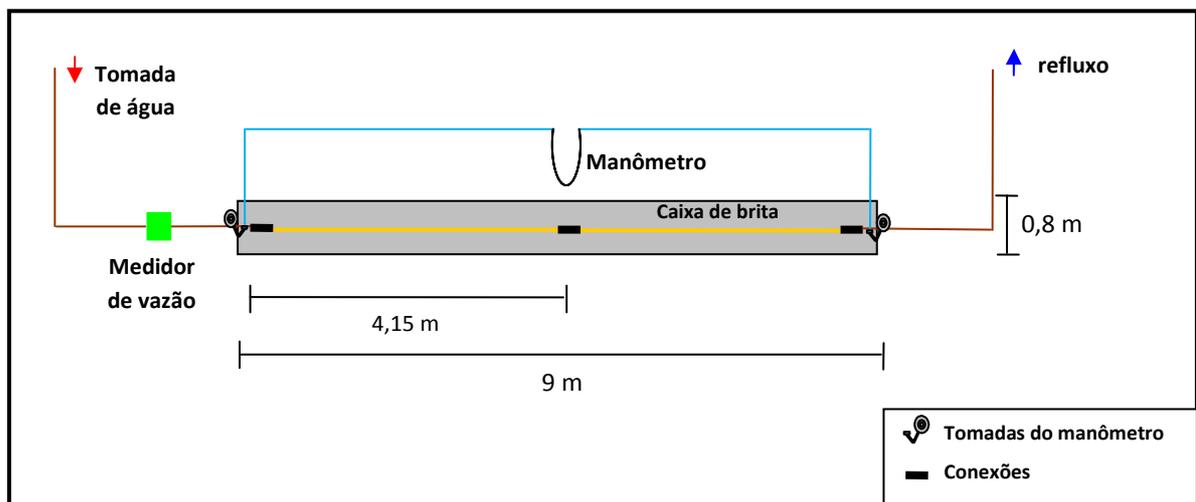


Figura 2. Croqui da bancada experimental.

Na medição da perda de carga foi utilizado um manômetro diferencial, cujo líquido manométrico era o mercúrio e a escala graduada em intervalos de dez milímetros de coluna d'água.

Para calibração da bancada foi realizado um ensaio preliminar no qual foi utilizado um tubo de PVC com diâmetro comercial de 0,0254 m. Este diâmetro foi escolhido por ser o mais próximo ao valor médio entre o diâmetro dos entrenós e das seções perfuradas nos diafragmas dos nós.

Inicialmente realizaram-se os ensaios das tubulações de bambu do grupo A (4,15 m), ou seja, trechos com conexão, totalizando 8,30 m. A partir das quarenta varas foram

selecionadas por meio de sorteio aleatório dez pares desses dutos. As conexões entre os tubos de bambu foram feitas enrolando duas tiras de câmara de ar com largura de 0,07 m e 1,0 m de comprimento, tensionadas em volta das extremidades dos tubos de modo que não proporcionasse vazamento.

Os testes consistiam em submeter, às vazões de 0,000066; 0,0001; 0,00013; 0,00016; 0,00025 e 0,00033 m³.s⁻¹, que correspondem a 4, 6, 8, 10, 15 e 20 L.min⁻¹ respectivamente. Para compor uma análise da perda de carga proporcionada pela conexão dos dutos com tiras de câmara de ar, dez dutos do grupo B (sem conexão), com 8 m de comprimento, que foram submetidos ao mesmo método de análise do grupo A, permitindo assim avaliar o efeito promovido pelas conexões na perda de carga da malha hidráulica.

Estabelecido o regime permanente e turbulento, característico em tubos de bambu de acordo com Almeida Neto (1992), e verificada a escorva total dos dutos e tomadas de pressão, realizavam-se as leituras do manômetro, obtendo-se assim as diferenças de pressão entre a tomada e o refluxo do sistema (perda de carga).

Obtida as perdas de carga frente à variação das vazões do ensaio, foram determinados os coeficientes técnicos utilizados em dois modelos clássicos (Darcy-Weisbach e Hazen-Williams) amplamente utilizadas no dimensionamento de tubulações de sistemas de irrigação.

A determinação do coeficiente de atrito de Darcy-Weisbach (f_d), foi obtida por meio da Equação 1.

$$f_d = \frac{\pi^2 \cdot g \cdot h_f \cdot D^5}{8 \cdot L \cdot Q^2} \quad (1)$$

em que:

f_d = coeficiente de atrito de Darcy-Weisbach, adimensional;

π = 3,1415926;

g = aceleração da gravidade, 9,81 m.s⁻²;

h_f = perda de carga, em m;

D = diâmetro da tubulação, em m;

L = comprimento da tubulação, em m; e

Q = vazão, em m³.s⁻¹.

O coeficiente de atrito (C) da equação de Hazen-Williams foi obtido pela Equação 2.

$$C = \frac{v}{0,355} \cdot D^{-0,63} \cdot h_f^{-0,54} \quad (2)$$

em que:

C = coeficiente de atrito da equação de Hazen-Williams, adimensional;

v = velocidade de escoamento, em m.s⁻¹;

D = diâmetro da tubulação, em m; e

hf = perda de carga, em m.

A partir da obtenção do coeficiente de atrito f_d (Darcy-Weisbach), utilizou-se às equações de Colebrook-White e Hopf-Cole, para determinar a rugosidade absoluta (ϵ) do material proposto e do número de Reynolds do fluxo estabelecido (Equações 3 e 4).

$$\frac{1}{\sqrt{f_d}} = -2,00 \cdot \log \left(\frac{\epsilon}{3,70 \cdot D} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot f_d^{1/2}} \right) \quad (3)$$

$$f_d = 0,16 \cdot \left(\frac{2,00 \cdot \epsilon}{D} \right)^{0,314} \quad (4)$$

em que:

f_d = coeficiente de atrito do modelo Darcy-Weisbach, adimensional;

ϵ = rugosidade relativa, adimensional;

D = diâmetro da tubulação, em m; e

Re = número de Reynolds, adimensional.

Após as análises de perda de carga, efetuou-se ensaios de ruptura, na qual utilizou-se oito varas de bambu do grupo A (4,15 m). O ensaio consistiu em submeter os dutos de bambu

conectados a tomada de água da bancada e com suas extremidades tamponadas, a uma pressão estática crescente regida por uma válvula de gaveta, até que os dutos apresentassem ruptura das paredes.

A pressão estática na tomada de água foi medida por um manômetro digital (modelo SK100, fabricante Salvicasagrande) com precisão de medição de 0,01 MPa.

Concluindo-se as análises realizadas no laboratório, foram realizados testes de vazão em quatro dutos do grupo B (8 m), aos quais foram instalados mecanismos aplicadores de hastes de cotonete (gotejadores) ao longo de seu comprimento, com espaçamentos equidistantes.

Nesta etapa o duto de bambu foi conectado às tomadas de água e do refluxo da bancada, permanecendo a válvula de gaveta do refluxo fechada. A pressão na tomada d'água foi medida por um manômetro digital.

Foram instaladas três quantidades diferentes de mecanismos aplicadores: dezesseis, trinta e dois, e sessenta e quatro; os quais foram submetidos às vazões de $0,000033 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2 L. min^{-1}), $0,000066 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (4 L. min^{-1}) e $0,0001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (6 L. min^{-1}).

Para a obtenção da vazão média dos aplicadores, utilizaram-se coletores de polietileno e por meio de uma proveta obteve-se o volume coletado, que foi dividido pelo tempo de aplicação. A medição do volume foi realizada, para cada ensaio (16, 32 e 64 aplicadores), em quatro aplicadores equidistantes ao longo da linha, iniciando pelo primeiro aplicador e finalizando no último.

3.3. Resultados e Discussão

Na realização da calibração da bancada experimental, utilizou-se uma tubulação de PVC de 0,0254 m de diâmetro, sendo que a pressão estática máxima foi obtida com as válvulas de gaveta da tomada e refluxo totalmente abertas, atingindo-se um valor de 0,63 Mpa, para uma vazão de $0,001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (64 L. min^{-1}).

A Figura 3 apresenta a variação da perda de carga unitária (J) em função do aumento da vazão obtida na tubulação de PVC (J_{pvc}), diâmetro nominal de 0,0254 m; na tubulação de bambu do grupo A (J_{cc}) (duas varas de 4,15 m conectadas); e na tubulação de bambu do grupo B (J_{sc}) (uma vara de 8,30 m sem conexão).

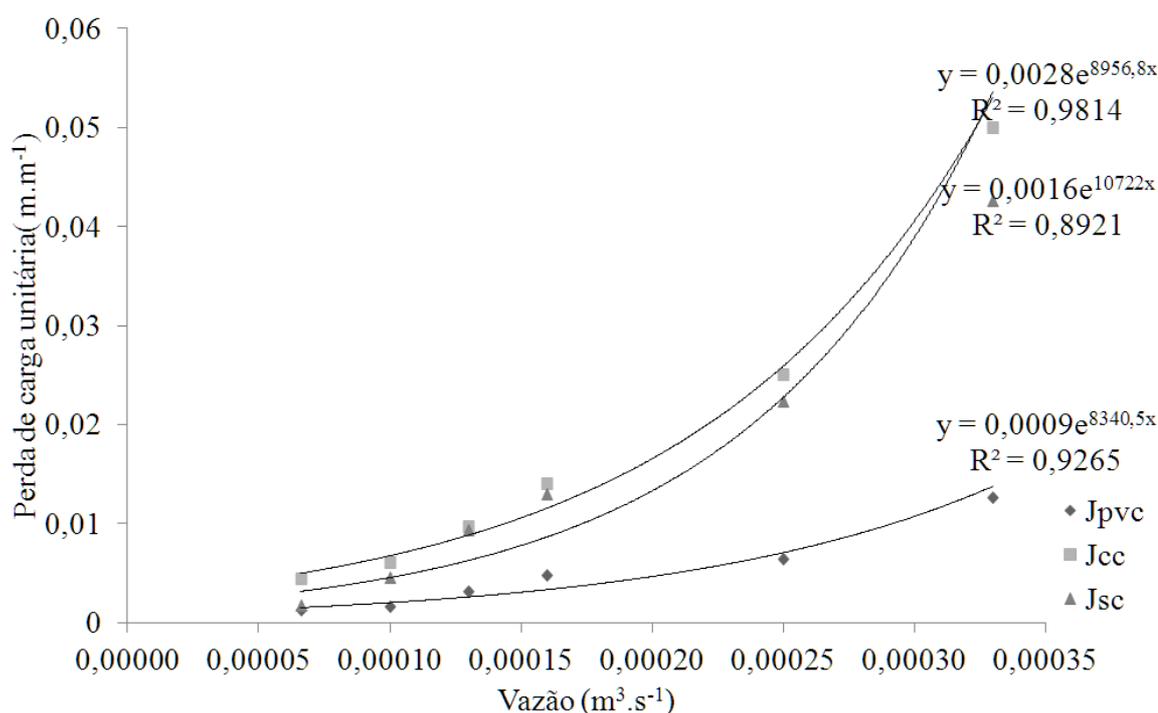


Figura 3. Variação da perda de carga unitária (J) para diferentes vazões, em tubulações de PVC e bambu com e sem conexão.

Nota-se na Figura 3, que os valores de perda de carga unitária, obtidos a partir dos ensaios de dutos de bambu, com e sem conexões; e os valores obtidos para uma tubulação de PVC, aumentam com a elevação da vazão escoada. Observa-se ainda que, os valores da perda de carga unitária, provenientes do escoamento em dutos de bambu foram de superiores aos obtidos com o PVC.

A perda de carga unitária máxima obtida para tubulação de PVC (0,0127 m.m⁻¹) correspondente a vazão de 0,00033 m³.s⁻¹ foi semelhante às obtidas para as tubulações de bambu com e sem conexão (0,0141 e 0,0129 m.m⁻¹) quando submetida a vazão de 0,00016 m³.s⁻¹, ou seja, ocasionando uma mesma perda de carga para uma vazão inferior. Sendo assim, verifica-se que os sistemas de irrigação que utilizam bambu para condução da água se adequam mais às pequenas áreas irrigadas.

Verificou-se um acréscimo médio da perda de carga da ordem de 14,4% nos trechos de bambu com conexão, quando comparados aos trechos de bambu sem conexão. Resultado superior ao critério recomendado por Bernardo et al (2008) para estimativa da perda de carga proporcionada pelas peças especiais, no dimensionamento de linhas laterais em sistemas de

irrigação localizada (10%). Comprovando a hipótese de que as irregularidades no trecho gerada pelas conexões de tiras de câmaras de ar promovem um acréscimo da perda de carga superior às conexões de dutos industrializados.

Com o aumento da vazão, a elevação da perda de carga foi mais significativa nas tubulações de bambu. Este fato está associado à irregularidade do diâmetro interno dos referidos dutos, o que proporciona uma maior desordem no fluxo, provocando maior turbulência e influenciando diretamente na dissipação de energia do fluxo (perda de carga) segundo Almeida Neto (1992).

A Figura 4 apresenta a relação entre as vazões e os coeficientes F_d da equação de Darcy-Weisbach, obtidos experimentalmente para dutos de *Bambusa tuldooides* com e sem conexão.

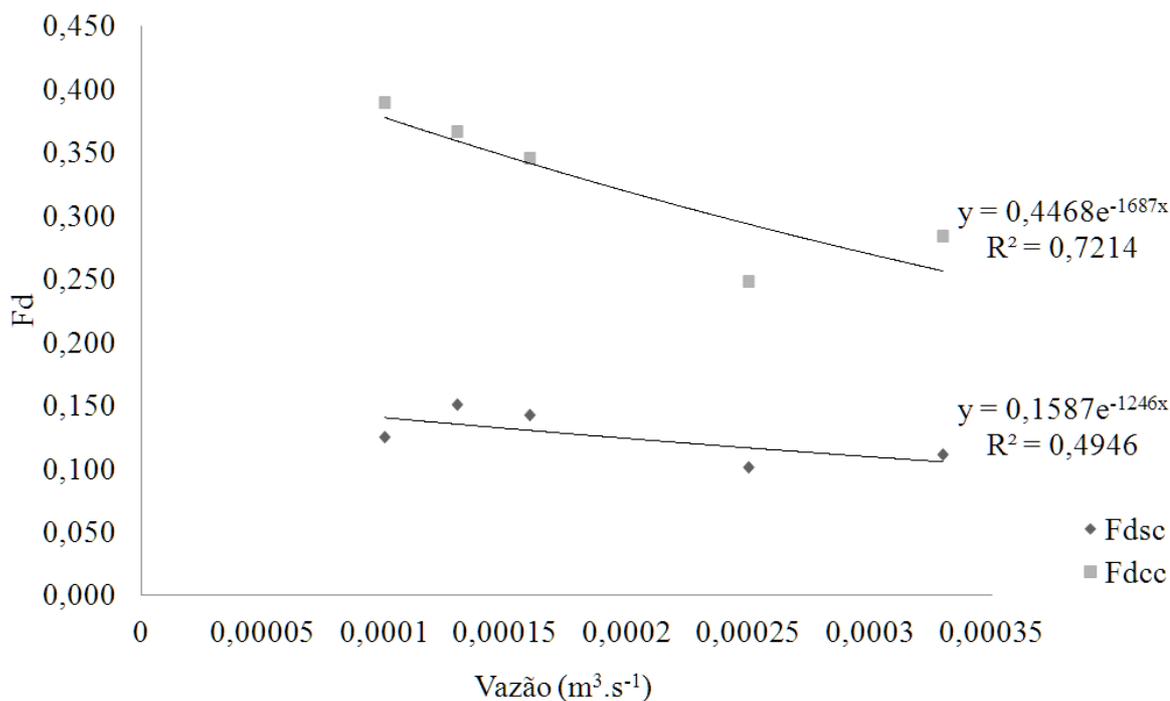


Figura 4. Relação entre F_d e a vazão em tubos de bambu com e sem conexão.

Pode-se observar que a relação entre as variáveis analisadas apresentou uma correlação maior para os trechos com conexão. Este fato se deve a maior turbulência gerada pelas conexões, que reflete valores de F_d qualitativamente superiores nos trechos sem conexão. Observou-se ainda que, o aumento da vazão promoveu valores menores de F_d nos trechos

sem e com conexão. Vale ressaltar que, na tubulação de bambu com conexão houve uma maior variação do coeficiente F_d , com o aumento da vazão, quando comparado a tubulação de bambu com conexão, confirmando o efeito maior da turbulência provocada pela conexão.

A Figura 5 apresenta a relação entre o diâmetro médio e os coeficientes F_d da equação de Darcy-Weisbach, obtidos experimentalmente para dutos de *Bambusa tuldooides* com e sem conexão.

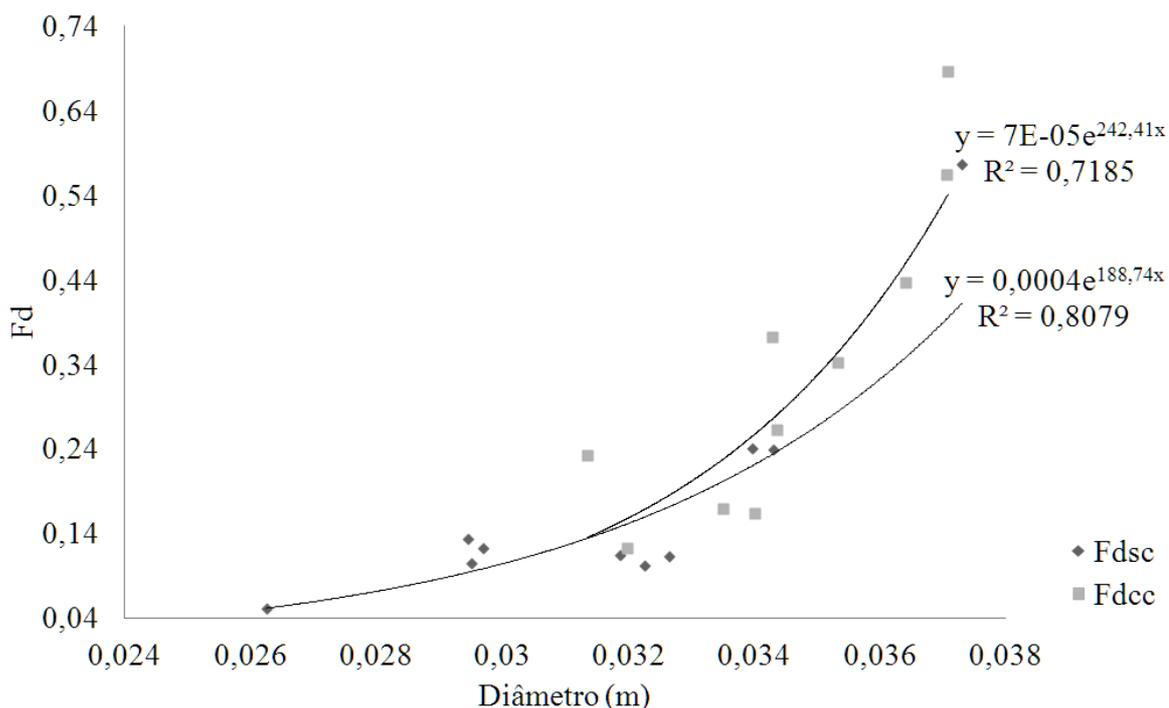


Figura 5. Relação entre F_d e o diâmetro médio em tubos de bambu com e sem conexão.

Na Figura 5, observa-se uma redução qualitativa do coeficiente F_d com aumento do diâmetro. Este fato se deve ao aumento da rugosidade dos dutos pela maior expressão da diferença: entre o diâmetro da seção perfurada nos diafragmas dos nós e o diâmetro dos entrenós. Observa-se também, maior correlação entre o diâmetro e F_d , do que entre a vazão e F_d . Este fato se deve ao modelo matemático empregado no cálculo da variável F_d (Darcy-Weisbach), no qual o diâmetro é submetido ao exponencial 5 no quociente e a vazão é submetida ao exponencial 2 no divisor. Vale ressaltar que os valores do diâmetro correspondem a valores médios, sendo que em dutos de bambu há uma grande irregularidade do diâmetro ao longo do comprimento.

A Figura 6 apresenta a relação entre o diâmetro e os coeficientes C da equação de Hazen-Williams, obtida experimentalmente para dutos de *Bambusa tuldoides* com e sem conexão.

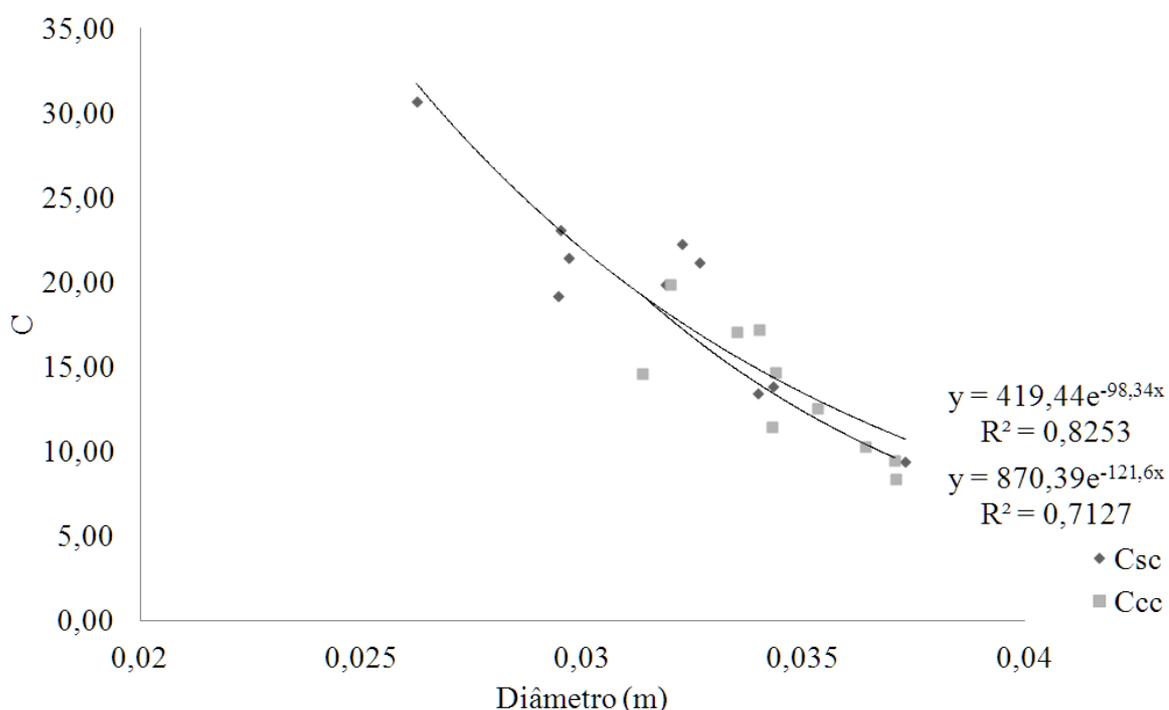


Figura 6. Valores do coeficiente C em tubos de bambu com e sem conexão para diferentes diâmetros.

Verifica-se que, com o aumento do diâmetro os valores do coeficiente C foram qualitativamente inferiores. Como observado na determinação do coeficiente Fd, este fato se deve ao aumento da rugosidade dos dutos promovida pelo aumento e variação do diâmetro dos entrenós, e o diâmetro padronizado da seção perfurada pelo mecanismo utilizado nos entrenós.

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos coeficientes Fd e C para condutos de *Bambusa tuldoides*, obtidos em todos os ensaios realizados no laboratório.

Tabela 1. Valores obtidos em literatura para o PVC dos coeficientes Fd e C, e valores médios experimentais obtidos para o fluxo em condutos de *Bambusa tuldoides*

Dutos de PVC		Dutos de bambu			
Valores de literatura		Sem conexão		Com conexão	
Fd	C	Fd	C	Fd	C
0,06	140	0,216	19,43	0,408	13,55

Observa-se que os valores de C e Fd obtidos para dutos da espécie *Bambusa tuldoides*, sem conexão, foram muito inferiores qualitativamente aos valores apresentados em literatura para o PVC (AZEVEDO NETO et al 2002).

Verifica-se ainda que, uma diferença significativa dos valores médios obtidos para a espécie *Bambusa tuldoides* comparados a espécie *Dendrocalamus giganteus* (ALMEIDA NETO, 2000 e PEREIRA 2001). Esse fato está relacionado a qualidade do acabamento da remoção dos entrenós pelo mecanismo perfurador utilizado e ao diâmetro superior da espécie analisada pelos autores. Algo que reflete na rugosidade absoluta elevada dos dutos de *Bambusa tuldoides*, gerado pela maior expressão da diferença entre a seção perfurada no diafragma dos nós e o diâmetro médio nos condutos de bambu da espécie *Bambusa tuldoides*, quando comparados a espécie *Dendrocalamus giganteus*.

A Figura 7 apresenta a comparação da quantificação da perda de carga unitária para as vazões analisadas no experimento, por meio do modelo de Hazen-Williams; utilizando-se valores experimentais de C dos dutos de *Bambusa tuldoides* (J Bambu), e valores de C recomendados para tubos de polietileno (J Polietileno). A comparação entre bambu e polietileno deve-se ao fato de, na maioria das vezes as linhas laterais de sistemas de irrigação localizada serem constituídas por este polímero.

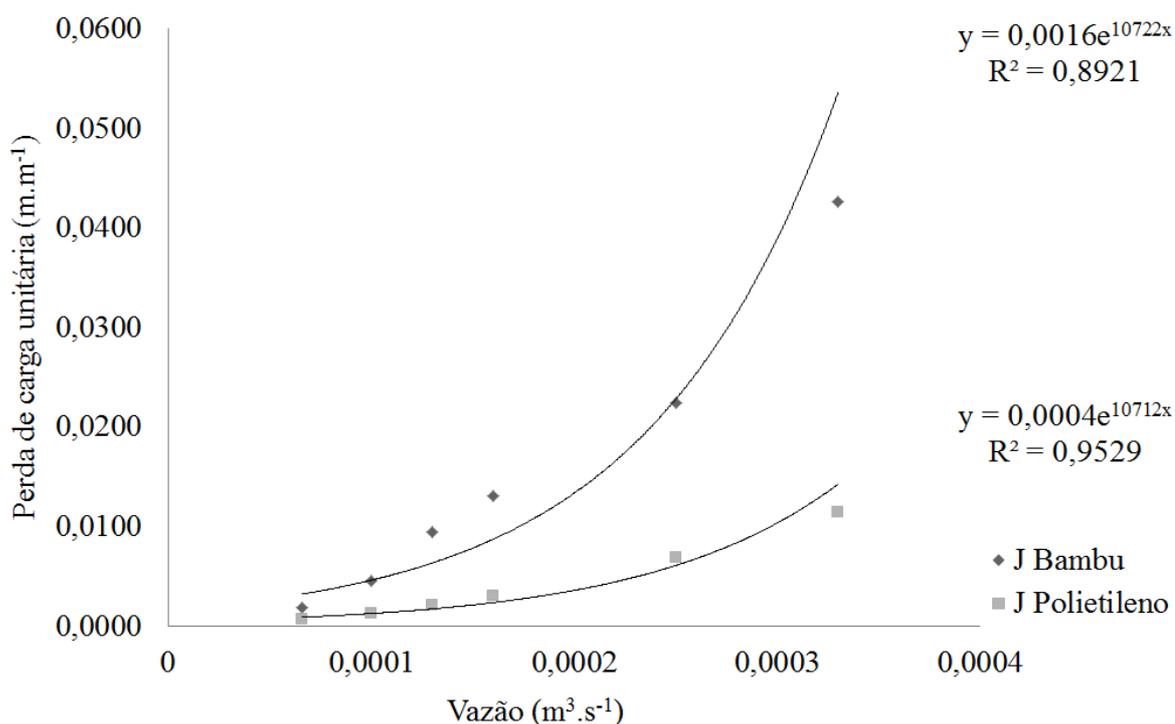


Figura 7. Perda de carga unitária (m.m⁻¹) obtida experimentalmente, utilizando-se o modelo de Hazen-Williams, em função da vazão.

Observa-se na Figura 7 que, com o aumento da vazão, aumenta-se a diferença da perda de carga entre tubulações de polietileno e de bambu. Com os valores obtidos nesta comparação, e supondo uma linha lateral de vinte metros; a diferença da perda de carga contínua entre linhas laterais montadas com polietileno e com bambu é de 0,624 m.

Este fato indica que a inferioridade hidráulica do bambu não altera de forma considerável o desempenho hidráulico de pequenos sistemas de irrigação, ao que se propõe a utilização deste material como alternativa.

A Figura 8 apresenta os dados referentes à quantificação do número de Reynolds em relação à variação da vazão em dutos *Bambusa tuldoides* sem conexão.

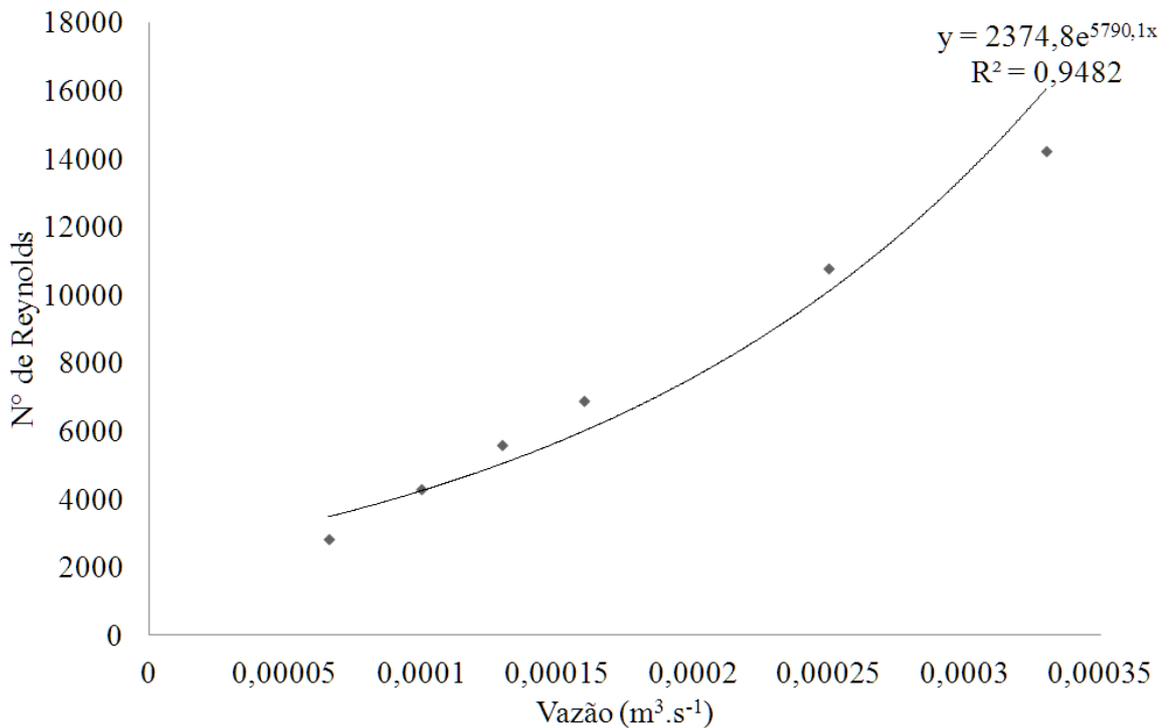


Figura 8. Valores médios do número de Reynolds (Re) frente a variação da vazão em dutos *Bambusa tuldoides* sem conexão.

Observa-se na Figura 8, que o regime do fluxo em condutos de *Bambusa tuldoides*, com exceção da vazão $0,000066 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pode ser caracterizado como turbulento ($\text{Re} > 4.000$). Isso indica que os valores experimentais obtidos para a vazão de $0,000066 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ não são precisos, devido ao fluxo nesta, estar caracterizado na zona de transição ($2.000 < \text{Re} < 4.000$).

A rugosidade média (ϵ) obtida para dutos de *Bambusa tuldoides* foi 6,9 mm; qualitativamente inferior a rugosidade média de condutos de ferro fundido incrustado (1,5 – 3 mm) e do plástico (0,06 – 0,1 mm) (AZEVEDO NETO et al, 2002).

Os valores médios obtidos na determinação da pressão de ruptura das conexões foi de 0,22 MPa; e dos tampões com e sem preenchimento de bambu foram de 0,38 e 0,26 Mpa respectivamente.

Os dados obtidos para a pressão de ruptura das conexões efetuadas com três tiras de câmaras de ar são superiores aos obtidos por Pereira (2001) para conexões efetuadas com 4 tiras de câmaras de ar, algo que comprova a variação da resistência das conexões frente a habilidade em efetuá-las, conforme descrita pelo autor.

As pressões de ruptura das peças especiais analisadas são superiores à pressão normalmente demandada em pequenos sistemas de irrigação localizada, demonstrando que vedação com três a quatro tiras de câmaras de ar tensionadas para as conexões, e tampões com camisas de câmaras de ar, são suficientes para vedação das linhas laterais de pequenos sistemas de irrigação confeccionados com bambu.

Os resultados obtidos na análise da intensidade de aplicação dos mecanismos confeccionados com hastes de cotonetes são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Vazão de adução no início da linha lateral (Q_{LL}) e vazão de aplicação (Q_a) para diferentes números de mecanismos aplicadores.

Números de mecanismos aplicadores					
16		32		64	
Q_{LL}	Q_a	Q_{LL}	Q_a	Q_{LL}	Q_a
L.min ⁻¹	L.min ⁻¹	L.min ⁻¹	L.min ⁻¹	L.min ⁻¹	L.min ⁻¹
2	0,130	2	0,060	2	0,034
4	0,258	4	0,123	4	0,060
6	0,376	6	0,195	6	0,100

Na Tabela 2 observa-se que, com o aumento da vazão aduzida, ocorreu um aumento da vazão de aplicação para as diferentes quantidades de mecanismos aplicadores analisadas, conforme esperava-se.

Observa-se ainda na Tabela 2 que a metodologia utilizada para estimativa da vazão da linha lateral, apresentou resultados satisfatórios, para 16 e 32 mecanismos aplicadores apresentando diferença modular entre os valores medidos e estimados de 0,27% ($Q_{LL} = 6$ L.min⁻¹ e 16 mecanismos aplicadores) a 4,17% ($Q_{LL} = 2$ L.min⁻¹ e 32 mecanismos aplicadores). Quando se analisava a linha lateral com 64 mecanismos aplicadores as diferenças modulares entre os valores medidos e estimados aumentaram, variando de 4,17% ($Q_{LL} = 4$ L.min⁻¹) a 11,24% ($Q_{LL} = 2$ L.min⁻¹).

As conexões de câmaras de ar da tomada de água da bancada, mesmo quando reforçadas com conjunto de quatro abraçadoras metálicas, demonstraram-se insuficientes para promoção da vedação, durante os ensaios referentes a pressão de ruptura das paredes dos dutos. A pressão estática máxima obtida antes que ocorressem vazamentos foi 0,51 Mpa (51

mca). Este fato indica que os dutos de quatro metros da espécie analisada podem suportar pressões estáticas superiores a máxima registrada. Verificou-se ainda na análise experimental a não ocorrência de vazamentos durante os ensaios, comprovando a eficiência das tiras de borracha utilizadas na vedação das conexões.

3.4. Conclusões

Diante dos resultados apresentados conclui-se que:

- dutos de bambu são hidráulicamente inferiores a dutos de PVC, promovendo uma perda de carga hidráulica superior na condução pressurizada de água;
- os coeficientes Fd e C das equações empíricas empregadas no dimensionamento de redes hidráulicas, obtidos experimentalmente para tubos de *Bambusa vulgaris* usinados com o mecanismo perfurador utilizado neste trabalho, foram qualitativamente inferiores aos obtidos por Pereira (2001) e Almeida Neto (2000) para dutos feitos de varas de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) usinados por impacto; devido principalmente à diferença de diâmetro dos colmos entre essas espécies;
- a diferença da perda de carga contínua obtida para dutos de *Bambusa vulgaris*; indicam que a inferioridade hidráulica do bambu não altera de forma considerável o desempenho hidráulico de pequenos sistemas de irrigação, ao que se propõe a utilização deste material como alternativa;
- as conexões confeccionadas com três a quatro tiras de câmaras de ar tensionadas e tampões com camisas de câmaras de ar sem preenchimento demonstram serem adequadas para pequenos sistemas de irrigação, uma vez que resistem a pressões comuns a esses sistemas e permitem a vedação das linhas laterais de confeccionados com bambu;
- a metodologia utilizada para estimativa da vazão de aplicação dos mecanismos aplicadores demonstrou-se satisfatória para obtenção de valores, que servem como orientação para utilização destes mecanismos por agricultores, para a estimativa da vazão da linha lateral de pequenos sistemas de irrigação; e

- os dutos de bambu não apresentaram ruptura quando submetidos a pressão estática muito superior as utilizadas em sistemas de irrigação localizada.

CAPÍTULO II

MONTAGEM DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU E DETERMINAÇÃO DE SUA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA – RJ

4. MONTAGEM DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU E DETERMINAÇÃO DE SUA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ

Resumo

O experimento foi realizado no Sistema Integrado de Pesquisa Agroecológica (SIPA), e teve como objetivo analisar a uniformidade de um sistema alternativo de irrigação localizada confeccionado com dutos de bambu de duas diferentes espécies e conexões feitas a partir de tiras de câmaras de ar e trechos reaproveitados de PVC. Os mecanismos aplicadores utilizados foram confeccionados a partir de metades de hastes de cotonetes sem as extremidades de algodão. Foram realizados testes de uniformidade de aplicação cujos dados foram tratados por dois modelos matemáticos comumente empregados. O tempo de execução da montagem foi quantificado e comparado com o tempo demandado por métodos de molhamento rudimentares comumente utilizados por pequenos agricultores. Todo o procedimento de montagem do sistema de irrigação foi sistematizado de maneira didática visando viabilizar a repetição dos procedimentos por todos os interessados nessa tecnologia. Espera-se com os resultados obtidos contribuir para a valoração dessa tecnologia milenar tão indispensável em sistemas de produção.

Abstract

The experiment was conducted in the Integrated Research in Agroecology (SIPA) of 47 km, and aimed to analyze the uniformity of an alternative system of located irrigation pipes made of bamboo species and two different connections made from strips of chambers air passages and recycled PVC. The mechanisms applicators used were made from rods swabs halves without the ends of cotton. Tests were conducted uniformly applied and data were treated by two mathematical models commonly used. The runtime assembly was quantified and compared with the time required for wetting rudimentary methods commonly used by small farmers. All the assembly procedure of the irrigation system was systematized in a didactic way in order to enable procedures to be repeated by all interested in this technology is

expected to contribute to the results obtained for the evaluation of this technology as indispensable in ancient systems of production.

.

4.1. Introdução

No mundo existem cerca de 1600 espécies de bambu sendo, 33% encontradas da América Latina (LOPEZ, 2003). O bambu apresenta a maior taxa de crescimento vegetativo do planeta e conseqüentemente é uma planta com alto potencial de estoque de carbono: entre 49.399 e 77.728 kg CO₂.ha⁻¹.ano⁻¹ (NETTO, 2008). Diversos autores o relacionam como um dos mais promissores recursos florestais do século XXI.

O bambu é encontrado em abundância no meio rural, demonstrando-se uma matéria-prima de baixo custo, acessível e de múltiplas aplicações na unidade produtiva, além do benefício ambiental e sua beleza cênica. Adequa-se dessa maneira à necessidade de incentivos públicos a sua pesquisa e propagação, no intuito de garantir maior sustentabilidade a pequenas unidades produtivas pelo desenvolvimento de tecnologias simples que promovam o bem estar a pequenos produtores, principalmente em ambientes agroecológicos de produção que buscam a utilização mínima de recursos não renováveis.

Dentre as inúmeras possibilidades da utilização do bambu, pode-se destacar o seu uso como dutos que permitem conduzir água em sistemas de irrigação, sendo que esta tecnologia poderá auxiliar principalmente agricultores de baixa renda. Desta forma, esse sistema apresenta-se como alternativa promissora, porém carece de mais estudos, para que possa ser utilizada baseada em critérios técnicos que permitam o correto dimensionamento de sistemas de irrigação e possibilite um manejo adequado da lâmina de água aplicada.

A utilização da irrigação em sistemas de produção agrícola promove o aumento de rendimento quantitativo e qualitativo, e conseqüentemente maior valor agregado, permitindo assim um aumento significativo na renda e qualidade de vida dos agricultores (BERNARDO et al, 2008). Em contrapartida, o elevado custo de sistemas de irrigação comerciais, inviabiliza o uso desta técnica por agricultores descapitalizados.

O presente trabalho tem como objetivo principal descrever o procedimento da montagem de um sistema de irrigação localizada alternativo, confeccionado com dutos de bambu das espécies *Bambusa vulgares* e *Bambusa tuldoides*. A partir da montagem do referido sistema, o presente trabalho tem como objetivo complementar a avaliação da uniformidade de aplicação de água de linhas laterais, cujos emissores foram confeccionados a partir de metade da haste de cotonetes sem as extremidades de algodão.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), denominado “Fazendinha Agroecológica Km 47”, localizado no município de Seropédica-RJ, região metropolitana do Rio de Janeiro (Latitude 22°48'00''S; Longitude 43°41'00''W; altitude de 33,0 m). O SIPA é uma área de 59 ha destinada à experimentação e desenvolvimento da agroecologia. Trata-se de um projeto implantado no ano de 1993 mediante convênio entre a EMBRAPA-Agrobiologia, UFRRJ e PESAGRO RIO, visando o exercício de pesquisa sistêmica, de caráter multi e interdisciplinar.

Para a montagem do sistema de irrigação localizada com dutos de bambu, foi necessária a utilização de outros materiais, utilizados na adutora e tubulações auxiliares, nas conexões e nos mecanismos aplicadores.

A tubulação da adutora, bem como a linha principal do sistema de irrigação foi constituída de PVC, pois essas tubulações já conduziam a água até a gleba experimental onde foi realizado o experimento de campo. Vale ressaltar, que essas tubulações poderiam ser constituídas de bambu.

Nas conexões entre os dutos de bambu, foram utilizadas câmaras de ar, sendo que para sua obtenção, percorreram-se oito borracharias no trecho entre os quilômetros 40 e 52 da BR 465, no município de Seropédica. Foram arrecadadas 21 câmaras de ar de diversos modelos predominando as de caminhão e motocicletas. Outras 12 câmaras de ar foram arrecadadas na borracharia do setor de transporte da Prefeitura Universitária da UFRRJ, predominando câmaras de pneus de trator. As câmaras de ar utilizadas como material vedante das conexões; foram obtidas por doação após descarte.

Para confecção dos emissores, utilizaram-se hastes de cotonetes, que foram adquiridas no comércio devido a grande quantidade demandada. Entretanto seu valor de aquisição foi relativamente baixo, comparando-se ao de gotejadores convencionais.

A metodologia empregada na montagem da rede hidráulica será subdividida em tópicos ordenados conforme a execução das atividades de montagem do sistema de irrigação, para facilitar a compreensão do procedimento, e torná-lo didático.

4.2.1. Corte e usinagem das varas

A seleção e o corte das varas utilizadas para confecção dos dutos foram efetuados no dia 28/03/2011. Neste procedimento empírico buscou-se, dentro do universo amostral, varas com linearidade e diâmetro apreciáveis a confecção de dutos, tendo como parâmetro colmos com idade superior a 1,5 anos.

Foram cortadas 150 varas de *Bambusa tuldoides* e 20 varas de *Bambusa vulgaris*, atividade que demandou somente uma pessoa para sua realização. O corte foi realizado na fase lunar minguante, segundo recomendado por Pinzon (2002).

Após o corte, foi realizado um tratamento mínimo preservativo das varas, cujo objetivo é aumentar sua vida útil, denominado cura na touceira. Tal procedimento consiste somente em deixar as varas na posição vertical na touceira por trinta dias (PEREIRA 2001). As varas das duas espécies, em sua maior parte, originavam dois trechos úteis de 4,20 m de comprimento.

Para realizar a usinagem das varas das duas espécies de bambu utilizadas no sistema de irrigação (*Bambusa tuldoides* e *Bambusa vulgaris*), utilizaram-se dois mecanismos perfuradores artesanais desenvolvidos por Souza e Silva (2009); com medida de lâmina de corte diferenciada para cada espécie (0,019 e 0,049m).

Efetou-se uma limpeza prévia da área de trabalho, aonde foi preparado um cavalete que utilizou a arquitetura natural da touceira de bambu para amarração dos feixes de bambu, este foi denominado cavalete de touceira (Figura 1). O procedimento de usinagem constou na: movimentação e amarração das varas em feixes de três varas, perfuração por barra giratória acionada por furadora de 600 W (Figura 2), e limpeza para remoção de sujidades. Foram usinadas 150 varas de *Bambusa tuldoides* e vinte varas de *Bambusa vulgaris*. Das vinte varas de *Bambusa vulgaris* usinadas, dez foram selecionadas ao acaso para comporem os ramais de derivação.



Figura 1. Cavalete de touceira utilizado para fixação dos feixes de varas de bambu.



Figura 2. Usinagem dos dutos de bambu com furadora elétrica (600 W).

As varas de *Bambusa vulgaris* destinadas a compor os ramais, foram separadas aos pares e perfuradas por uma broca pena de uma polegada no espaçamento de 1,30 m, aonde seriam rosqueados trechos de 0,15 m de cano PVC 0,019 m dando origem às tomadas de linha lateral. Foi necessária uma redução de 0,001 m nas extremidades da lamina de corte da broca para promoção de rosca interna no furo pela rosca externa do trecho de PVC, assim conferindo melhor fixação das linhas laterais. Procedeu-se os primeiros furos de cada vara destinada a compor os ramais, distados 0,50 e 0,80 m das extremidades das varas destinadas a conexão, prosseguindo os outros furos com espaçamento de 1,30 m. Dessa maneira evitou-se que tomadas de linhas laterais coincidisse com as conexões, facilitando-se assim a montagem. Cada vara recebeu três perfurações, totalizando seis linhas laterais por ramal.

4.2.2. Montagem da linha principal

A linha principal do sistema derivava da tubulação de recalque de PVC de 0,0508 m de diâmetro, que margeia a parcela experimental, e teve seu fluxo pressurizado por um conjunto motobomba com potência de 1,5 CV, proporcionando uma pressão estática de 0,33 MPa nas tomadas dos ramais de irrigação das subparcelas.

Devido à necessidade de subdividir o sistema de irrigação em cinco subparcelas experimentais distintas em experimento contíguo realizado na mesma gleba, foram utilizados na composição da linha principal: dutos, conexões e válvulas globo em PVC de engate rápido, com diâmetro nominal de 0,05 m. Esse material foi recuperado entre tubulações e conexões descartadas ao final de projetos realizados na mesma unidade experimental. Vale ressaltar novamente que se utilizaram tubulações de PVC na linha principal, pois a mesma já estava montada; porém haveria a possibilidade da mesma ser de bambu.

4.2.3. Montagem dos ramais de irrigação

Foram montadas cinco linhas de derivação de bambu, sendo que as mesmas foram conectadas a linha principal por meio de tomadas de PVC de 0,0508m de diâmetro, contendo em cada tomada uma válvula de globo de PVC.

As linhas de derivação (L_D) foram compostas por duas varas de *Bambusa vulgares*, conectadas pelo enrolamento de quatro tiras de câmaras de ar com comprimento de 0,7 m. Foram montadas seis linhas laterais (L_L) conectadas a cada linha de derivação, totalizando 30 linhas laterais em toda a parcela experimental (Figura 3).

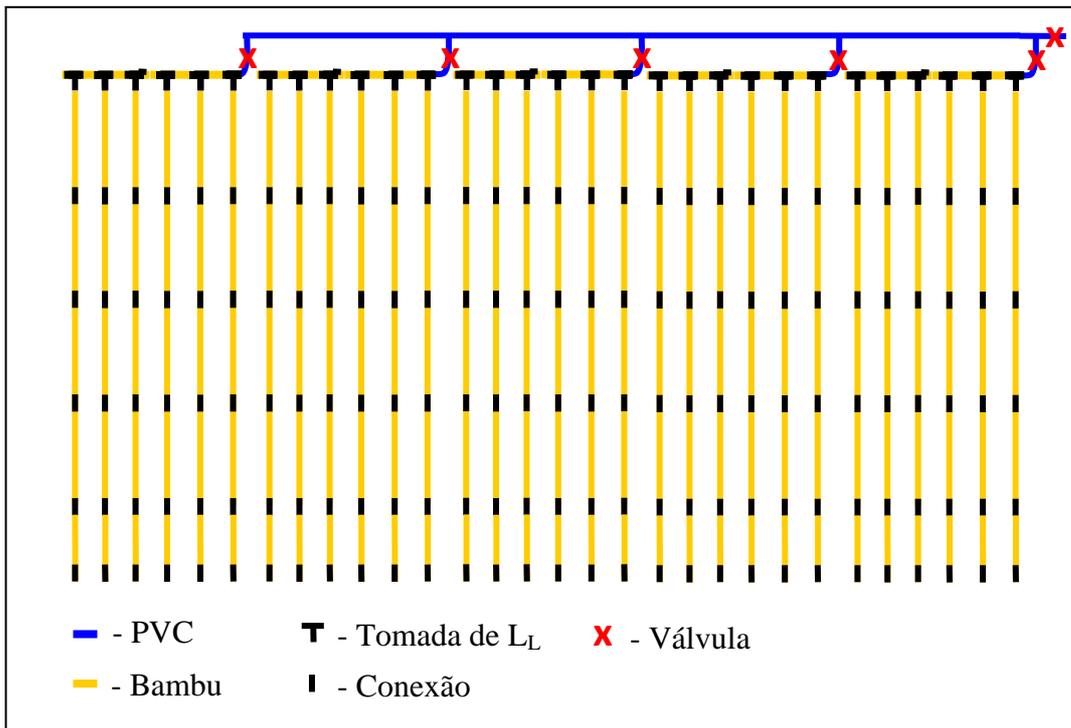


Figura 3. Croqui do sistema de irrigação

Cada linha de derivação era conectada à linha principal por meio da introdução de uma tubulação de PVC de 0,0508m de diâmetro no início da linha de derivação que continha uma válvula de globo. Para realiza a vedação foram enroladas três tiras de câmara de ar tensionadas nas extremidades conectadas. Antes de se realizar o procedimento de tamponamento das linhas de derivação, permitia-se o fluxo de água para remoção de sujidades da tubulação. Os ramais foram tamponados com a introdução de um trecho de bambu composto por nó e entrenó, vedado também com três tiras de câmaras de ar (Figura 4a e 4b).



Figura 4. Tamponamento do ramal, a) introdução do tampão, e b) vedação do tampão.

Para realizar a conexão entre a linha de derivação e a linha lateral, foram rosqueados trechos de canos de PVC com diâmetro nominal de 0,019 m e 0,15 m de comprimento (Figura 5), e para realizar a vedação utilizou-se o mesmo procedimento descrito anteriormente, ou seja, enrolando-se tiras de borracha (Figura 6).



Figura 5. Montagem da tomada de linha lateral



Figura 6. Vedação da tomada da linha lateral

4.2.4. Montagem das linhas laterais

A montagem das 30 linhas laterais, contou com a participação de três homens e consistiu na distribuição aleatória dos dutos de bambu nas subparcelas 1. Exceto pela escolha de dutos oriundos de trechos basais das varas para compor as tomadas da linha lateral por apresentar um melhor ajuste aos trechos de PVC 0,019 m, rosqueados aos ramais.

Foram utilizados como luvas de conexão entre os dutos dois ou três trechos de câmara de ar, variando conforme seus tamanhos e elasticidade, ou simplesmente pela habilidade dos envolvidos na montagem (Figuras 7a e 7b).

Após montada a malha hidráulica os ramais foram, um por vez, submetidos à condução de água sem que as linhas laterais estivessem tamponadas, a fim da remoção de sujidades oriundas da usinagem dos dutos e conferência da remoção completa dos diafragmas dos nós, permitindo fluxo em toda malha.

Para o tamponamento das linhas de irrigação foram utilizados trechos de quinze centímetros de câmaras de ar de bicicleta e motocicleta. Estas foram escolhidas por apresentarem diâmetro reduzido o que originava camisas tensionadas nas extremidades das linhas laterais. Posteriormente as camisas eram dobradas (Figura 8a) e fixadas por uma luva composta por duas tiras de câmaras de ar (Figura 8b).



Figura 7. Conexão entre os dutos das linhas laterais, a) ajuste das extremidades dos dutos, e b) vedação com luva de câmara de ar.



Figura 8. Tampão das linhas laterais, a) tampão com camisa de câmara de ar, e b) vedação do tampão.

4.2.5. Colocação dos mecanismos aplicadores

A fim de garantir que todos os aplicadores tivessem o mesmo diâmetro, almejando maior uniformidade de aplicação, foram utilizadas hastes de cotonetes da mesma marca comercial. Previamente foram cortadas as extremidades envolvidas por algodão, e o trecho restante era partido ao meio, originando dois mecanismos aplicadores com diâmetro interno de 0,002 m e 0,025 m de comprimento por haste.

As linhas laterais foram perfuradas no espaçamento de 0,5 m com um mecanismo artesanal, confeccionado a partir de um raio de roda de bicicleta apontado como uma broca pena, e fixado em um trecho de dez centímetros de cano PVC (Figura 9).



Figura 9. Mecanismo furador artesanal para colocação dos emissores.

Os furos foram efetuados com ângulo aproximado em 45° no primeiro quadrante, para posteriormente serem direcionados em 45° no segundo quadrante pela rotação no sentido horário da linha. Essa técnica economizou tempo em relação à possibilidade de efetuar o furo direcionado para baixo, o que necessitaria elevar o trecho da linha a cada perfuração (Figura 10).



Figura 10. Perfuração das linhas laterais.

Para a instalação dos emissores, as hastes de cotonete foram introduzidas 1,5 cm com o objetivo de promover um preenchimento parcial do duto antes do início da aplicação pelo mecanismo. Foram instalados 36 mecanismos aplicadores em cada linha lateral, totalizando 1080 mecanismos aplicadores. Conforme se completava a colocação dos mecanismos aplicadores de um ramal, permitia-se o fluxo para constatação de seu pleno funcionamento.

4.2.6. Determinação da vazão média de aplicação e dos Coeficientes de Uniformidade de Chistiansen e Dimensional (CUC e CUD)

A escolha das parcelas destinadas às análises de determinação da vazão média dos mecanismos aplicadores obedeceu ao seguinte critério: a subparcela três, por estar localizada na porção central da parcela experimental, comporia todos os ensaios, e as demais parcelas seriam sorteadas sem que se permitisse a repetição do evento. Os pares de subparcelas avaliadas foram 3 e 1; 3 e 4; e finalmente 3 e 2.

Nos ensaios de aplicação, foram utilizadas como recipientes coletores, garrafas pet com volume de dois litros. Distribuía-se ordenadamente os recipientes coletores por cada linha de irrigação, nas duas subparcelas sorteadas para comporem o ensaio experimental. Em seguida, cada subparcela era submetida a três ensaios com tempo estabelecido de três minutos.

Na medição do volume aplicado foi utilizada uma proveta com escala que varia graduação a cada 0,005 litros. A vazão foi obtida por meio da medição do volume de oito coletores equidistantes ao longo de cada linha lateral. A vazão média adotada foi determinada pela média aritmética, das médias obtidas em cada subparcela nas três repetições realizadas.

Para determinação da uniformidade de aplicação, foram realizadas três análises espaçadas de 75 dias. Vale ressaltar que as parcelas analisadas foram utilizadas na irrigação de uma cultura (experimento contíguo); sendo assim, ao longo do período de avaliação o sistema de irrigação permaneceu em pleno funcionamento.

Os modelos matemáticos utilizados para determinação da uniformidade de aplicação foram o Coeficiente de Uniformidade de Chistiansen (CUC) e o Coeficientes de Uniformidade Dimensional (CUD) descritos nas Equações 1 e 2.

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad (1)$$

em que:

\bar{X} = média dos valores amostrados, (média do volume dos coletores), mL;

X_i = valor da cada leitura, (volume do coletor), mL; e

n = número de valores amostrados.

$$CUD = 1,59 \cdot CUC - 59 \quad (2)$$

Na realização dos testes de uniformidade foram selecionados o primeiro e último mecanismos das linhas ímpares, e o mecanismo central das linhas pares, como demonstra a Figura 11.

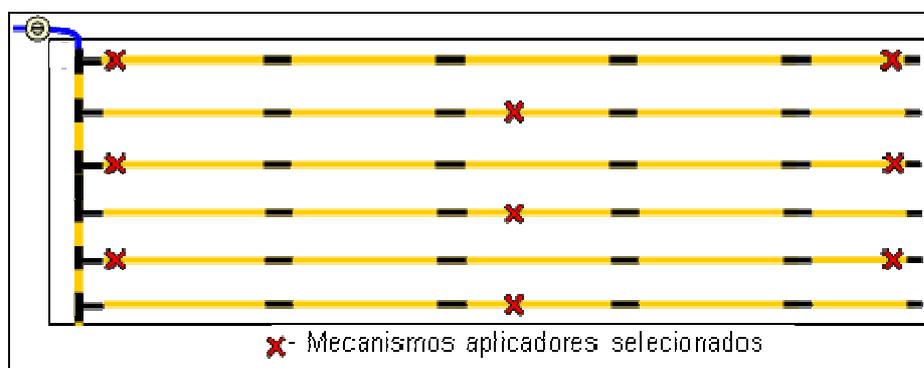


Figura 11. Seleção dos mecanismos aplicadores na subparcelas

Cada ensaio foi composto por dados obtidos em duas subparcelas selecionadas conforme o critério estabelecido na determinação da vazão dos mecanismos aplicadores. A determinação da uniformidade se deu pela média aritmética dos dados obtidos em cada subparcela analisada.

4.3. Resultados e Discussão

O tempo consumido nas etapas de: obtenção de materiais, corte e usinagem das varas, montagem da linha principal, montagem das linhas de derivação, montagem das linhas laterais, colocação dos mecanismos aplicadores, e ajustes finais; bem como a quantidade de mão-de-obra necessária em cada etapa, são apresentados na Tabela 1.

Verifica-se, que a etapa de corte e usinagem das varas foi a que mais demandou tempo e disponibilidade de mão-de-obra. Observa-se também que o tempo total para obtenção e preparo do material e da montagem do sistema de irrigação foi de 50 horas.

Tabela 1. Quantificação de tempo consumido na montagem do sistema de irrigação.

Atividades	Número de participantes	Tempo consumido (h)
Obtenção de materiais	1	8,0
Corte e Usinagem das varas	3	19,0
Montagem da linha principal	1	1,0
Montagem dos ramais	2	2,5
Montagem das linhas de irrigação	3	8,0
Colocação dos mecanismos aplicadores	2	8,5
Ajustes finais	2	3,0
Total	-	50

É possível dizer que o tempo necessário para obtenção e preparo do material é relativamente baixo, quando comparado ao tempo consumido por um agricultor na aquisição de um sistema comercial convencional. Vale ressaltar que para a compra do material convencional, faz-se necessária a ida do agricultor ao estabelecimento comercial, o que demanda tempo e possivelmente haverá a necessidade de se utilizar um transporte automotivo, que será também utilizado para o transporte do material até a unidade agrícola, demandando assim um grande número de horas para tal atividade e também consumo de combustível para realizar o transporte.

Outro fator considerável está relacionado à sanidade e desenvolvimento diferenciado promovido por um manejo adequado de irrigação, dificilmente realizado de maneira uniforme quando se utiliza a mangueira para se promover a irrigação. Esse tipo de irrigação ainda é realizado em um número considerável de estabelecimento de agricultura familiar no estado do Rio de Janeiro.

A Tabela 2 apresenta os valores de vazão média dos mecanismos aplicadores ao longo das três análises realizadas obtidas nos pares de subparcelas.

Tabela 2. Determinação da vazão média dos mecanismos aplicadores nas três análises, obtidas por pares de subparcelas.

Análise	Pares de Subparcelas	Vazão média (L.min ⁻¹)
1°	3 e 1	0,303
2°	3 e 4	0,271
3°	3 e 2	0,248
Média		0,274
Média da parcela 3		0,275

Os mecanismos aplicadores apresentaram vazão média ao longo do cultivo de 0,274 L.min⁻¹ quando o sistema era submetido à pressão estática de 0,33 MPa na tomada do ramal, como demonstra a Tabela 2.

Foi observada uma redução da vazão de aplicação da ordem de 18,15 % ao longo do período analisado, em relação aos pares de subparcelas analisadas. Analisando-se somente a subparcelas 3, pois esta foi analisada em todos os ensaios de vazão, a redução verificada foi de 21,32%, sendo as vazões médias obtidas foram 0,309; 0,274 e 0,243 L.min⁻¹.

É válido ressaltar que entre a primeira análise de vazão e a última, o sistema de irrigação ficou em funcionamento durante cinco meses. Esta redução pode ser explicada pelo fato do sistema não possuir cabeçote de filtragem de água, além do fato dos dutos de bambu liberarem partículas grosseiras durante as primeiras irrigações, provocando o entupimento de alguns mecanismos aplicadores como observado por Souza e Silva (2009).

A. Figura 12 mostra o volume médio coletado nos emissores ao longo da linha lateral, durante um ensaio de determinação de vazão na subparcela 2, sendo que os volumes coletados correspondem aos emissores localizados nas seguinte posições: 1, 8, 15, 22, 29 e 36. O primeiro emissor da linha lateral corresponde a posição 1 e o último emissor da linha lateral corresponde a posição 36.

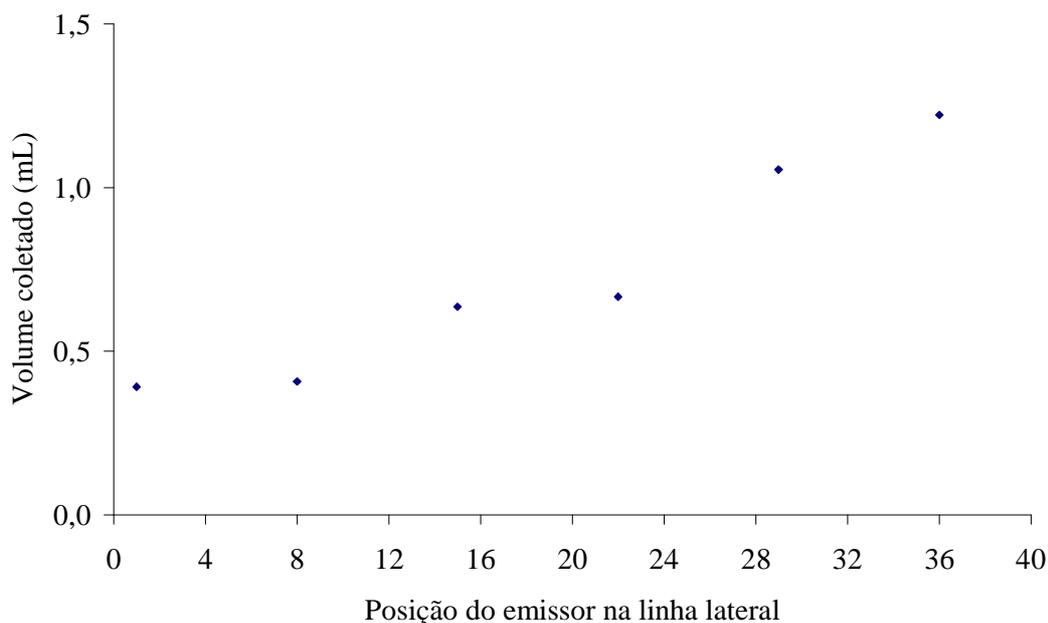


Figura 12. Variação do volume médio ao longo da linha lateral da subparcela 2.

É possível notar na Figura 12 que o volume coletado aumenta ao longo da linha lateral, este fato se deve ao mecanismo aplicador utilizado não apresentar um sistema anti drenante; sendo assim, mesmo após a válvula de globo ser totalmente fechada, as linhas laterais continham água, o que provocava a continuidade da emissão de água pelos mecanismos aplicadores. Como as linhas laterais se apresentavam em declive, os emissores localizados na parte final das linhas laterais eram os últimos a cessar a aplicação de água.

Na Tabela 3 apresentam-se os valores de CUC e CUD obtidos ao longo do experimento nos pares de subparcelas analisados.

O sistema apresentou durante o período de análise, um CUC médio de 86,38%, considerado regular segundo parâmetros técnicos estabelecidos por Bernardo et al. (2008). Resultado superior às expectativas, considerando o fato dos aplicadores não terem nenhum mecanismo de auto compensação frente à variação de pressão ao longo das linhas laterais, e a ocorrência de um declive médio de 2,7% ao longo das linhas laterais. Este declive associado ao diâmetro elevado dos dutos proporcionou a continuidade da aplicação de água nos mecanismos das posições finais na linha lateral; mesmo fechada à válvula da tomada do ramal.

Tabela 3. Determinação dos coeficientes de uniformidade de aplicação, ao longo do período analisado obtidos para os pares de subparcelas.

Análise	Subparcelas	CUC (%)	CUD (%)
1°	3 e 1	90,74	85,28
2°	3 e 4	82,41	72,03
3°	3 e 2	86,01	77,76
Média		86,38	78,357
Parcela 3		83,65	74,00

O CUD obtido apresentou valor médio de 78,35 %, considerado também como eficiência Regular de aplicação. Seu valor menor está relacionado ao fato deste modelo considerar os menores valores de aplicação frente à média total dos coletores, possibilitando uma maior interferência do entupimento parcial ou total dos mecanismos aplicadores.

Em experimento realizado da bacia do Rio Itapemirim (ES), Reis e Barros (2005), analisando quatro sistemas de irrigação localizada com emissores auto compensantes, obtiveram valores de CUC de até 90,15%.

Quando comparadas: as variações da vazão aplicada, o CUC e o CUD, ao longo do período analisado, observa-se que a redução contínua da vazão não expressou uma redução da uniformidade. Isso indica que a análise quanto ao ótimo funcionamento do sistema de irrigação não apresenta interdependência das variáveis analisadas, uma vez que este pode ter uma boa uniformidade sem fornecer a lâmina de irrigação demandada pela cultura (BERNARDO et al., 2008). Isto indica que experimentos que visam determinar a contribuição da tecnologia de irrigação em culturas agrícolas devem realizar um acompanhamento da vazão de aplicação para quantificação da lâmina irrigada.

4.4. Conclusões

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a tempo gasto nas atividades de implantação do sistema de irrigação constituído por dutos de bambu é satisfatório, levando-se em consideração a redução da mão de obra envolvida na atividade de rega por métodos rudimentares ao longo do ciclo de produção e da capacidade de investimento do público alvo desta tecnologia;
- a facilidade de obtenção dos materiais e a simplicidade na montagem de um sistema de irrigação constituído por dutos de bambu permite o acesso à irrigação por pequenos agricultores descapitalizados;
- a variação de vazão do sistema de irrigação proposto não afeta qualitativamente a uniformidade da aplicação de água;
- o sistema proposto apresentou uniformidade de aplicação regular, fato satisfatório frente à natureza do material, seu baixo custo de implantação, e a ausência de mecanismos aplicadores auto compensantes e;
- a durabilidade do sistema demonstrou-se satisfatória para cultivos de ciclo curto, permanecendo o sistema em funcionamento pelo período de 150 dias.

CAPÍTULO III

CULTIVO DA PIMENTA CAMBUCCI (*Capsicum baccatum L. var. pendulum*) IRRIGADO COM UM SISTEM ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA (RJ)

CULTIVO DA PIMENTA CAMBUCI (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*) IRRIGADO COM UM SISTEMA ALTERNATIVO CONFECCIONADO COM DUTOS DE BAMBU NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA (RJ)

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), denominado “Fazendinha Agroecológica km 47”, localizado no município de Seropédica-RJ, região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro (Latitude 22°48'00''S; Longitude 43°41'00''W; altitude de 33,0 m). Teve como objetivo principal a avaliação das produções obtidas no cultivo da pimenta Cambuci, quando submetida a três diferentes turnos de rega, em irrigação praticada com um sistema alternativo de irrigação confeccionado com dutos de bambu. Não foram observadas diferenças significativas na produção da pimenta quanto à variação do turno de rega.

Summary

This study was conducted at SIPA (Integrated Agroecological Production), called "Agroecological Fazendinha 47 km", located in the municipality of Seropédica-RJ, the metropolitan region of Rio de Janeiro (Latitude 22o48'00" S, Longitude 43o41 '00" W, height 33.0 m). Was aimed at evaluating the yield obtained in the cultivation of pepper Cambuci when subjected to three different irrigation frequency, irrigation practiced with an alternative system of irrigation pipes made of bamboo. There were no significant differences in the production of pepper on the variation of the irrigation schedule.

5.1. Introdução

O uso da água pela irrigação é quantitativamente o mais importante comparando-se com todas as outras formas de uso consultivo de recursos hídricos. Atualmente a irrigação consome cerca de 70% de toda água utilizada no mundo, seguido da indústria com 20% e do abastecimento urbano com 10%. O uso racional deste recurso natural é fundamental para a preservação do meio ambiente e também para a maximização da produtividade.

A frequência de aplicação da lâmina de irrigação é um dos fatores que devem ser considerados no manejo racional da irrigação, uma vez que a variação da umidade do solo está diretamente relacionada à disponibilidade de água as culturas.

De acordo com Lima et al. (2006), plantas do gênero *Capsicum* são bastante suscetíveis a deficiências hídricas, resultando em crescimento reduzido da cultura e na produção de frutos desuniformes. Desta forma, a irrigação constitui-se em um fator no aumento de produtividade e redução de riscos, influenciando na qualidade e quantidade dos frutos. O estágio mais sensível à escassez de água por essa cultura corresponde ao início da floração, devendo-se manter o solo próximo a 80% da sua capacidade de armazenamento na profundidade do sistema radicular. Doorenbos e Kassam (1994) citam que a necessidade hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento. Segundo Pereira (1990), o maior consumo de água no gênero *Capsicum* ocorre na fase de floração e frutificação.

O cultivo da pimenta no Brasil é praticado por agricultores de base familiar, que exploram pequenas áreas, até 2 hectares, com o uso intensivo de mão-de-obra. Este sistema tem alcançado até 30 toneladas por hectare, com apreciável retorno econômico. Um dos mercados da pimenta brasileira “*in natura*” é o argentino, que em função de crises econômicas reduziu o volume importado nos últimos anos. Entretanto, continuou sendo um mercado potencial a ser mantido. Já o produto processado tem sido comercializado por empresas do Brasil para o mercado europeu. (HENZ 2004). Segundo a FAO (2011) a cultura registrou área de 32.739 ha. no ano de 2007; e segundo Miranda (2006), a cultura chega a demandar na fase da colheita 15 trabalhadores por hectare.

As pimentas “*in natura*” possuem um mercado relativamente pequeno quando comparadas com outras hortaliças. Ao mesmo tempo, a demanda é relativamente constante e o mercado cativo. Por estas razões, é importante oferecer um produto de alta qualidade ao

consumidor, com frutos de tamanho e coloração padronizados e isentos de resíduos de agrotóxicos (EMBRAPA, 2004). Segundo o IBGE (2008), a região sudeste é a segunda maior região produtora de pimenta, sendo o estado de São Paulo responsável por 28% da produção nacional.

Dentre os diversos tipos de pimentas, pode-se destacar a pimenta Cambuci (*Capsicum baccatum* Var. *pendulum*), também conhecida como Chapéu de Bispo ou Chapéu de Frade. Esta variedade tem o formato gracioso e o sabor agradável, que combina o aroma das pimentas ardidas com a doçura de um pimentão. Quando verde, a pimenta lembra o formato da fruta Cambuci (CARVALHO, 2004).

Face às crises sócio-ambientais, geradas a partir do modelo de desenvolvimento rural e tecnológico vinculado aos paradigmas da Revolução Verde, é necessário ampliar a investigação de formas alternativas de manejo dos recursos naturais e de organização social. Estas devem ser capazes de responder positivamente aos desafios da produção agrícola sustentável, da preservação da biodiversidade sócio-cultural e da inclusão social (MOREIRA, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar o efeito de diferentes turnos de rega no cultivo irrigado da pimenta Cambuci, em um sistema de produção orgânico no município de Seropédica, RJ.

4.5. Material e Métodos

O experimento de campo foi desenvolvido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), denominado “Fazendinha Agroecológica km 47”, localizado no município de Seropédica-RJ, região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro (Latitude 22°48’00’’S; Longitude 43°41’00’’W; altitude de 33,0 m). O SIPA é uma área de 59 ha destinada à experimentação e desenvolvimento da agroecologia. Trata-se de um projeto implantado no ano de 1993 mediante convênio entre a EMBRAPA Agrobiologia, UFRRJ e PESAGRO RIO, visando o exercício de pesquisa sistêmica, de caráter multi e interdisciplinar. O solo foi classificado por Almeida et al. (2003) como Argissolo Vermelho-Amarelo; com a textura média variando de 15 a 20 % de argila na profundidade de 0,0 a 0,20 m; e, de acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen, com inverno seco.

Dados climáticos de Seropédica (INMET, 2005) registraram em 30 anos (1977-2007) médias anuais de temperatura em torno de 28° C e pluviosidade em torno de 1.200 mm. A precipitação pluviométrica se concentra entre os meses de outubro e março, com elevadas temperaturas neste mesmo período do ano. Normalmente, ocorre uma estiagem prolongada, que vai de abril a setembro e frequentes “veranicos” nos meses de janeiro e fevereiro.

O plantio das mudas de pimenta Cambuci (*Capsicum baccatum* Var. *pendulum*) foi realizado no dia 11/04/2011, a partir de sementes originadas do experimento de Souza e Silva (2009), conduzido em manejo orgânico. A semeadura foi realizada na casa de vegetação do SIPA, sendo utilizadas seis bandejas de 200 células com substrato formulado no mesmo centro de pesquisa. A germinação e emergência das plântulas se deram após oito dias. Posteriormente as mudas foram repicadas em doze bandejas de duzentas células e mantidas na casa de vegetação pelo período de 20 dias após a germinação.

O preparo do solo da área experimental foi realizado nos dias 02, 04 e 06/05/2011, e constaram na aração a 0,25 m, gradagem superficial e sulcamento das linhas de plantio a 0,20 m. A adubação de plantio foi realizada com um copo medidor, com volume predefinido por marcação, de 0,2 litro de esterco bovino no fundo do sulco, seguindo o espaçamento adotado para a cultura de 1,30 m entrelinhas e 0,50 m entre as plantas. Conforme metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997), realizou-se análises referentes à fertilidade e as características físicas do solo da parcela experimental.

O transplântio das mudas foi realizado no dia 09/05/2011, quando as mudas apresentavam vinte dias de emergência. A seguir procedeu-se um período de sete dias de irrigação de “pegamento”. A ocorrência de precipitações até o dia 18 /05/2011 conduziu o início do manejo de irrigação para o dia 19/05/2011.

O sistema de irrigação utilizado foi um sistema alternativo, cujas tubulações das linhas de derivação e laterais eram de bambu e os emissores (gotejadores) eram hastes flexíveis (cotonetes). O sistema de irrigação foi montado de forma que foram utilizadas cinco subparcelas experimentais, sendo que cada uma delas continha uma linha de derivação e seis linhas laterais com 36 emissores em cada linha lateral, espaçados de forma equidistantes.

A conformação da parcela experimental se deu segundo o delineamento experimental que considerou como parcelas úteis na análise da variação da produção frente à variação do turno de rega, somente as subparcelas centrais da parcela experimental. As subparcelas P1 (primeira) e P5 (última), localizadas nas extremidades, compuseram apenas as análises

referentes ao funcionamento da malha hidráulica de bambu, ou seja, funcionaram como bordadura. Os tratamentos entre as subparcelas úteis para análise variaram somente pela diferenciação do turno de rega, em: diário (P3 - subparcela central), dois dias (P2) e três dias (P4).

A pimenta Cambuci foi cultivada em um sistema orgânico de produção e permaneceu a campo por 127 dias, que somados aos vinte e oito dias do plantio e formação das mudas, totalizou 155 dias de cultivo. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas duas adubações de cobertura com 0,2 litro de torta de mamona incorporada superficialmente ao solo, aos 65 e 110 dias após o plantio. Também foram realizadas: duas pulverizações com Dipel 2%, duas pulverizações com óleo de Nim 1%, e duas pulverizações com calda sulfocálcica 2%.

O controle das plantas espontâneas foi efetuado por meio de capinas manuais regulares na área de projeção das copas, e por roçadoras motorizadas nas entrelinhas de cultivo. Junto à primeira capina foram feitas bacias no contorno das plantas para interceptação do esguicho produzido pelo mecanismo aplicador.

O acompanhamento da umidade do solo foi realizado pelo método padrão de estufa, o que permitiu a sua determinação direta. As coletas de amostras eram realizadas nas bacias de interceptação do esguicho produzido pelo mecanismo aplicador antecedendo as irrigações, às profundidades de 0,2 m e 0,4 m; e distadas 0,20 m do caule das plantas. As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Hidráulica e Recursos Hídricos do Instituto de Tecnologia da UFRRJ e processadas segundo método estabelecido pela EMBRAPA (1997).

Para quantificação da produção foram sorteadas vinte plantas por tratamento, nas quais foram realizadas três colheitas. Cada planta recebeu um número de registro amostral identificando: o tratamento, a linha de plantio e sua posição na linha. Em seguida o material foi conduzido ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Instituto de Tecnologia da UFRRJ, para sua quantificação e qualificação.

A análise de variância e o teste de médias de Tukey (0,05 e 0,1) foram efetuados utilizando-se o software SISVAR desenvolvido pela UFLA.

4.6. Resultados e Discussão

O resultado da análise da fertilidade do solo da parcela experimental é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise da fertilidade do solo da parcela experimental.

Prof.	Na	Ca	Mg	H+Al	Al	S	pH água	C org	P	K
cm	cmol _c .dm ⁻³					1:2,5	%	mg.L ⁻¹		
0-20	0,045	3,0	1,5	2,5	0,0	4,92	6,0	1,39	43	145

A densidade do solo foi determinada em 1,552 e 1,728 e a umidade volumétrica na capacidade de campo foi 0,226 g.cm⁻³ e 0,200 g.cm⁻³, respectivamente para a profundidade de 0,20 m e 0,40 m.

A Tabela 2 apresenta o número de irrigações e o tempo médio de aplicação da lâmina de água realizadas nos períodos 0 - 70 dias e 70 - 122 dias, bem como o volume médio diário aplicado por planta e o volume médio total aplicado a cada planta, para os respectivos tratamentos, ou seja, turno de rega diário (P3), turno de rega de 2 dias (P2) e turno de rega de 3 dias (P4).

Tabela 2. Volume médio diário aplicado por planta; volume médio total aplicado a cada planta; número de irrigações e o tempo médio de aplicação da lâmina de água realizadas nos períodos 0 - 70 dias e 70 - 122 dias; para os diferentes tratamentos.

Parcelas	Tr (dias)	0 - 70 dias		70 - 122 dias		Volume (L.planta ⁻¹ .dia ⁻¹)	Volume Total (L.planta ⁻¹)
		Nº	T (min)	Nº	T (min)		
P2	2	36	12	28	18	2,067	256,4
P3	1	70	6	54	9	2,001	248,2
P4	3	23	18	19	27	2,047	253,9

Verifica-se na Tabela 2 que o consumo médio de água nesse experimento foi de aproximadamente 2 litros.planta⁻¹.dia⁻¹, e os volumes totais de água aplicada variaram de 256,4 a 248,2 litros.planta⁻¹. Nota-se ainda que o tempo médio de irrigação para o período 70

- 122 dias, foi superior ao do período 0 - 70 dias, este fato tem relação direta com o aumento da demanda hídrica da cultura, correspondentes a floração e frutificação.

Marinho (2011) obteve valores médios de volume aplicado para o cultivo protegido de pimenta Tobasco de 2,23 litros.planta⁻¹. dia⁻¹, com níveis mais elevados de consumo da planta ocorrendo entre 91 e 152 DAT. O autor afirma ainda que o requerimento hídrico do gênero *Capsicum* varia de 600 a 1250 mm, dependendo de fatores ambientais e de manejo. Pode-se facilmente acrescentar a variabilidade genética ampla que ocorre nesse gênero, com espécies de variadas arquiteturas, como componente dessa variação. Em condições de campo Chaves et al. (2005), obtiveram valores médios para a evapotranspiração da cultura de 7,14 mm.dia⁻¹, ao longo 135 dias de cultivo, em Pentecostes-CE.

Os valores de umidades do solo obtidos para todos os tratamentos ao longo de todo o período analisado, demonstraram que a umidade do solo permaneceu próximo ao valor da capacidade de campo, demonstrando assim que mesmo o tratamento com turno de rega de 3 dias não promoveu restrição hídrica à cultura.

A Tabela 3 apresenta produtividades obtidas, considerando turnos de rega de 1, 2 e 3 dias, bem como as análises estatísticas em dois níveis de significância, 5 e 10% com relação ao teste de Tukey.

Tabela 3. Produtividades obtidas, considerando turnos de rega de 1, 2 e 3 dias e teste de Tukey para os níveis de significância de 5 e 10%.

Turno de rega (dias)	Teste Tukey 0,05				Teste Tukey 0,10			
	Produtividade (kg.planta ⁻¹)		Produtividade (kg.ha ⁻¹)		Produtividade (kg.planta ⁻¹)		Produtividade (kg.ha ⁻¹)	
1	1,047	a1	15.975,60	a1	1,047	a1	15.975,60	a1
2	0,889	a1	13.549,26	a1	0,889	a1 a2	13.549,26	a1 a2
3	0,828	a1	12.613,12	a1	0,828	a2	12.613,12	a2
CV (%)	33,44		33,55		33,44		33,55	

Nota-se na Tabela 3 que para o teste de Tukey (5%) não houve diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, a variação do turno de rega não afetou significativamente a produtividade da cultura. Considerando que a umidade do solo apresentou baixa variação ao

longo do experimento, permanecendo próxima a capacidade de campo e a lâmina aplicada não variava com a frequência da irrigação.

Nota-se ainda na Tabela 3 que para o teste de Tukey (10%) não houve diferença significativa entre as produtividades correspondentes aos turnos de rega de 1 e 2 dias, e que o mesmo ocorreu entre os turnos de rega de 2 e 3 dias.

4.7. Conclusões

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- a variação do turno de rega em 1, 2 e 3 dias não afetou significativamente produtividade da pimenta Cambuci; e
- o turno de rega de 3 dias poderá ser adotado pelo agricultor desde que haja uma estimativa correta da lâmina aplicada para que se possa manter a umidade do solo adequada.

5. Conclusões finais

Diante dos resultados obtidos nos trabalhos realizados, conclui-se que:

- tubulações de bambu, apresentam boa resistência quando submetida a elevadas pressões, demonstrando que podem ser utilizadas em pequenos sistemas de irrigação;
- o sistema de irrigação proposto neste trabalho apresenta-se como uma alternativa viável para pequenas áreas de cultivo implantadas por pequenos agricultores descapitalizados, sendo que, para realização de um projeto técnico de irrigação, devem-se utilizar coeficientes desenvolvidos especificamente para as tubulações utilizadas; e
- o cultivo da pimenta Cambuci, apresentou uma produção satisfatória, quando submetida a um manejo adequado da irrigação, ou seja, com uma estimativa correta da lâmina aplicada e manutenção da umidade do solo adequada em condições ótimas.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. 2009.** Brasília, 2009. 93 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. ; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 297 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, D.L.; AZEVEDO, M.S.F.R.; CARDOSO, M.O .; DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; MEDEIROS, C.A.B.; NEVES, M.C.P.; NÚNES, M.U.C.; RODRIGUES, H.R.; SAMINEZ, T.C.O; VIEIRA, R.C.M. **Agricultura Orgânica: Instrumento para a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção e Valoração de Produtos Agropecuários.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000. 22p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 122)

ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. de L.D. **Sistema Integrado de Produção Agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 37p. (Documentos, 169).

ALMEIDA NETO, J.A. **Contribuição ao estudo do bambu: Comportamento hidráulico de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*).** Campinas: UNICAMP. Faculdade de Engenharia Agrícola, 1992. Dissertação de Mestrado.

ALMEIDA NETO, J. A. ; TESTEZLAF, R. ; MATSURA, E. E. . **Características hidráulicas de tubos de bambu gigante.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2000.

ALMEIDA, D.L de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. DE L.D. **Sistema integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Documento 169), p. 39, 2003.

AZEVEDO NETTO, J.M. et al. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard Blucher, 8ed., 1998. 669p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8ª ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2008, 657 p.

BRALTS, V.F.; EDWARD, D.M.; WU, I.P. **Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept**. In: HILLEL, D. (Ed). Advances in irrigation. Orlando: Academic Press, 1987. v.4, p.67-117.

CAIXETA, T.J. **Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulco e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão**. Viçosa, 1978, 60p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

CAMARGO, A.M.M.P.; CASER, D.V.; CAMARGO FILHO, W.P.; CAMARGO, F.P.; COELHO, P.J. **Área cultivada com agricultura orgânica no estado de São Paulo, 2004**. Informações Econômicas, São Paulo, v.36, n.3, p.33-62, 2006.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. **A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 18, n. 3, set./ dez., 2001.

CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A.. **Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem**. Revista Brasileira Agrometeorologia, Santa Maria, v.14, n.1, p.97-105, 2006.

CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A.. **Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem**. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, n.1, p.97-105, 2006.

CARVALHO, H. H. C. **Avaliação da atividade antibacteriana de plantas com indicativo etnográfico condimentar.** 2004. 200 f. Tese (Doutorado em Ciência Veterinária) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CASTRO, A, M, G. **O futuro do melhoramento genético vegetal no Brasil – impactos da biotecnologia e das leis de proteção do conhecimento.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

CEMIG. **Estudo de Otimização Energética. Belo Horizonte,** 1993. 22p.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M. de; BEZERRA, M. L. B.; MORAIS, N. B. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenta em lisímetro de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 3, p. 262-267, 2005.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling.** Berkeley: University of Califórnia, 1942. 124 p.

CHRISTOFIDIS, Demetrius. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Revista ITEM: Irrigação e Tecnologia.** Brasília, DF, n. 49. p. 8-13. 1o trim.2001

CURTIS, L. M.; POWELL, A. A.; TYSON, T. W. **Microirrigation of peaches in the southeast.** Irrigation Journal, New York, v.46, n.2, p. 22, maio 1996.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. **Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento.** Revista Ceres, Viçosa. 1980. v 27, n. 150, p. 155 - 162.

DOORENBOS J; KASSAM AH.. *Efeito da água no rendimento das culturas.* Campina Grande: Tradução Gheyi H.R. e outros, UFPb FAO, 2000. 221p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução: GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO M.; PEZZOPANE, J. E. M.. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento** Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.13, n.2, 74 74-81, Abr./Jun., 2005

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. & URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. R. Bras. Ci. Solo, 30:321-328, 2006.

EMBRAPA. **Sistemas de produção**. Cultivo de pimenta Tobasco no Ceará, 2006. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/aceervo/sp_0003.pdf>. Acesso em: 05 de nov. 2011.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA.. CNPS, Documentos, 1)

Embrapa Hortaliças Sistema de Produção de Pimentas (Capsicum spp.) Versão Eletrônica Dezembro/2004 disponível em:
http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_pimenta/introducao_importancia_economica.htm . Acesso em: 09 de set 2011

EPAMIG. **Boletim Técnico n° 56**, Viçosa-MG, 1999

FAO. **Faostat database gateway**. 2009. Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>>. Acesso em: 05 nov. 2011.

FEIDEN, A. **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para. Sistemas de Produção Orgânicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2001. 20p.

FILGUEIRAS, T.S & GONÇALVES, A.P.S. **A Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (Poaceae)**. Bamboo Science & Culture. The journal of the American Bamboo Society. Vol. 18. 2004.

FILGUEIRAS, T.S. **Bambus nativos do Distrito Federal, Brasil (Gramineae: Bambusoideae)**. RVTA. Brasil. Bot. 11:47-66 (1988).

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, 1992, 53 p. (Séria Didática).

FUCK, M. P. BONACELLI, M. B. M.. **A agenda da pesquisa pública frente as possibilidades de desenvolvimento agrícola**. Estudos Sociedade e Agricultura. Vol. 16, n. 1. 2008. 142 p

GONZÁLEZ-DUGO, V.; ORGAZ, F.; FERERES, E. **Responses of pepper to deficit irrigation forr paprika production**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 114, p. 77-82, 2007

GUERRA, A. F. **Adequação e manejo das irrigações por aspersão por pivô central no cerrado**. EMBRAPA/CPAC, 2004. Disponível em <http://www.agronline.com.br/artigos>>. Consultado em 27 jun. 2005.

HENZ, G.P. **Perspectivas e potencialidades do mercado para pimentas**. In: Encontro Nacional do Agronegócio Pimentas (*Capsicum*), 1., Mostra Nacional de Pimentas e Produtos Derivados, 1., 2004, Brasília, DF. Anais. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2004. 1 CD-ROM.

HIDALGO, L.O. **El bambú: Su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería e artesanía.** 1. Ed. Colômbia, Estudos Técnicos Colombianos Ltda., Cali, Colômbia, 1974. 318p.

HOWARD, A. **Um Testamento Agrícola.** Londres: Rodales, 1943. 253 p.

HSIUNG, W. **Prospects for bamboo development in the world,** In : IB C 88, France, 1988.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA, 2008. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/dbda>>. Acesso em 15 out. 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Censo Agropecuário 2006 - resultados preliminares.** Rio de Janeiro, p.1-146, 2006. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/biblioteca/PDF/censo06.pdf>>. Acesso em 20 de set. de 2011

INMET. **Dados agroclimáticos de Seropédica:** Estação Experimental de Seropédica, 2005.

IPSED- INTERNATIONAL PROGRAM IN SANITARY ENGINEERING DESIGN. **Water supply using bamboo pipes.** AID-UNC/IPSED. University of North Caroline, 1966. 28p.

JENSEN, M.E.; SWARNER, L.R.; PHELAN, J.T. Improving irrigation efficiencies. In. HAGAN, R.M. **Irrigation of agriculture lands.** St. Joseph: **ASAE**, 1967. Cap.61.p.1120-42(Agronomy,11).

JONES, T.; BESSIN, R.; STRRANG, J.; ROWEL, B.; SPALDING, D. **Kentucky pepper integrated crop management.** Kentucky: University of Kentucky, College of Agriculture, Cooperative Extension Service, 2000. 38 p.

KELLER, J.; BLIESNER, D.R. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

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

LAMPKIN, N.H. & PADEL, S (ed.). **The Economics of Organic Farming: an international perspective**. Wallingford, UK: Cab International. 468 p. 1994.

LIPPERT, S. **Bamboo pipes for pressurized water systems: A feasibility study**. Amherst: School of Engineering, University of Massachusetts, 1976. 35p.

LIPANGILE, T.N. **Manufacture and construction of bamboo water supply systems**. Iringa, Tanzânia: Wood-Bamboo Division Report, 1988. 42p.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001. 344 p.

LIMA, P. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIRA JUNIOR, M. A.; SANTOS, F. X.; PEDROSA, E. M. R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 1, n. 1, p. 73-80, 2006.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadíos, 1992. p.217-229.

LOPEZ, O. H. **Bamboo, The Gift of the Gods**. Bogotá, Colômbia: Lopez Editor, 2003. 553 p.

MADAIL, J. C. M.; SCHNEID, L. F.; SIMA, L. F.; WENDT, A. N. **Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turuçu-RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 27 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 19).

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318p.

MARINHO, L. B. **Irrigação plena e com déficit em pimenta cv. Tabasco em ambiente protegido**. Piracicaba, 2011. Tese de doutorado. ESALQ

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1998. 15p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 11).

MEDEIROS, J.F. **Coefficiente de cultura do meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades e cultivado com e sem cobertura do solo**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro, BA. Resumos... Juazeiro: ABID, 2003. CD Rom.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MIYAZAWA M; KHATOUNIAN CA; ODENATH-PENHA LA. 2001. **Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico**. *Agroecologia Hoje* 2: 23.

MIRANDA, F. R; GONDIM, R. S.; COSTA, C. A. G. **Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.)** *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 82, p. 237-246, 2006.

MOREIRA, C.F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais**. 2003. 125p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

NMBA. **Processing bamboo shoots**. Training manual. New Delhi, India. 2004. 27 p.

NETTO G.N. **Determinação dos fluxos de CO₂ de uma plantação comercial de bambu no Brasil: Oportunidades para a diminuição da emissão de CO₂**. XV SIMPEP, 2008.

PAZ, V.P.S.; Teodoro, R.E.F.; Mendonça, F.C. **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PEREIRA, M. A. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Bauru-SP: Editora da UNESP, 2001. 58 p.

PEREIRA, M. A. R. ; SOUSA, A. P. . **Hidráulica de tubos de bambu : Coeficiente C de Hazen-Williams**. Irriga (Botucatu), FCA-Unesp-Botucatu, v. 4, n. 2, p. 120-138, 1999.

PEREIRA, M. A. R. . **O Uso do bambu na irrigação**. In: XXVI Congresso brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 97 e Simpósio Materiais não Convencionais para Construções Rurais, 1997, Campina Grande. Simpósio - Materiais não convencionais para construções rurais, 1997.

PEREIRA, A. L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: DNOCS, 1990. 50 p.

PEREIRA, M. A. **Bambu: espécies, características e aplicações**. Bauru . SP: Editora da UNESP, 2001. 58 p.

PEREIRA, M. A. **Características hidráulicas de tubos de Bambu Gigante**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.21, n.1, p.32-42, jan. 2001.

PELAEZ, V. A firma em face de regulação da tecnologia: a experiência da Monsanto. Publicado em 2003. Disponível em: <www.abphe.org.br/congresso2003/textos/abphe_2003_110.pdf>. Anais do congresso de Economia. Acesso em 20 de outubro de 2011.

PINZON, T. M. **Ensayo preliminar de contenido de azucar em la guadua**. Pereira, Colômbia: FMA , 2002. 12 p.

PUGLIA, S.; CASCIO, B.L. **Effetti produttivi alcuni metodi irrigazione sul peperone (*Capsicum annuum* L.)**. Irrigazione, Bologna, v.2, p.47-50, 1979. Apud Irrigation and Drainage Abstracts, Farnham Royal, v.6, n.2, p.86-87, 1980. [[Links](#)]

REIS, E. F. dos; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento**. Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG, v. 13, n. 2, p. 74-81, abr./jun. 2005.

RODRIGUES, E. T. **Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 60 p. Dissertação de Mestrado.

RODRIGUEZ, R. D. G.; PRUSKI, F. F.; NOVAES, L. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, D. D.; TEIXEIRA, A. F. **Estimativa da demanda de água nas áreas irrigadas da bacia do rio Paracatu**. Engenharia agrícola. Jaboticabal, v.27, n.1, p.34-42, 2007.

SALGADO, A.L.B. **Bambu: cultura, utilização, preservação, etc. e Tao.** In: I Seminário Norte/Nordeste sobre a utilização do bambu, Santo Amaro: Anais. 2001.

SACHS, I. **Espaços, Tempos e Estratégias do Desenvolvimento.** São Paulo: Vértice, 1986. 198 p.

SCHIOSCHET, T., DE PAULA, N. **Soja transgênica no Brasil: os limites do processo de difusão tecnológica.** Estudos Sociedade e Agricultura. Vol. 16, n. 1. 2008. 142 p

SILVA, J. G. da. **Políticas não-agrícolas para o novo rural brasileiro.** In: ORNAs. Ocupações rurais não-agrícolas: oficina de atualização temática. Iapar, 2000.

SOUSA, J. L. de. **Pesquisa e desenvolvimento tecnológico na agricultura orgânica.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22,n. 212, p. 73-79, set./out. 2001.

SOUZA, D. G.; SILVA, L. D. B. **Utilização de Bambusa vulgaris e Bambusa tuldoides na Montagem de Sistemas de Irrigação Localizada.** Revista Brasileira de Agroecologia. Curitiba-PR. São Paulo: Tec Art Editora Ltda., 2009. v.4. N 2. p 1251-1255.

UEDA, KOICHIRO, **“Bamboo Industry in Japan, Present and Future”** In: “Bamboo Production and Utilization and related species”. XVII IUFRO World Congress, Iugoslávia p.7-21, 1986.

UNIVERSITY OF DAR ES SALAAM. Report: **Hydraulic design conditions of bamboo pipes for water supply and irrigation projects in rural areas.** Dar es Salaam Department of Civil Engineering, 1979. 53p.

VILLELA, A. L. O. **Variabilidade espacial da qualidade físico-hídrica dos solos de uma unidade de pesquisa em produção agroecológica.** 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

WEISHEIMER, N. **Juventudes rurais: mapa de estudos recentes.** Brasília: MDA/ NEAD. 2005.

YUSSEF, M.; WILLER, H. (Eds.) **The world of organic agriculture: statistics and future prospects.** 5th rev.ed. [S.l]: IFOAM Publication, Feb. 2003. 130 p.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação.** Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em 27 jun. 2005.