



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

EMISSORES ALTERNATIVOS E DE BAIXO CUSTO PARA IRRIGAÇÃO

REDENÇÃO - CE

2018

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

EMISSORES ALTERNATIVOS E DE BAIXO CUSTO PARA IRRIGAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientadora: Prof. Dr. Rejane Felix Pereira

REDENÇÃO - CE

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Mendonça, Clíce de Araújo.

M494e

Emissores alternativos e de baixo custo para irrigação / Clíce de Araújo Mendonça. - Redenção, 2018.
30f: il.

Monografia - Curso de Especialização em Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientadora: Profa. Rejane Felix Pereira.

1. Irrigação. 2. Semiárido. 3. Spagotas. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 631.7

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA

CLICE DE ARAÚJO MENDONÇA

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 17/11/2018

Nota: 10,0

Banca Examinadora:

Rejane Felix Pereira
Profª. Drª. Rejane Felix (Orientadora)

Rita Karolinny Chaves de Lima
Profª. Drª Rita Karolinny Chaves de Lima

Maria Patrícia Sales Castro
Profª. Me Maria Patrícia Sales Castro

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por permitir vencer mais uma etapa e manter-me firme em meus objetivos.

Aos meus pais pelo amor e apoio incondicional, por entenderem a minha ausência durante muitos momentos importantes na família.

A UNILAB pela oportunidade de cursar a Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos.

A EEEP Monsenhor Odorico de Andrade pela concessão da área experimental.

Aos meus Alunos do Curso Téc. em Agropecuária que colaboraram na execução do projeto. Em especial André Barros, responsável pela invenção dos emissores.

Aos meus colegas da turma de Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos pelos momentos compartilhados.

Ao amigo e companheiro de curso George Romeiro, parceiro em todos os momentos, principalmente nos de desespero e angústia, resultantes da primeira experiência em EAD.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Tauá - Ce.....	18
Figura 2. Precipitação anual (mm) Sertão dos Inhamuns – 2007-2017.	19
Figura 3. Percentual dos estabelecimentos com agricultura familiar e não familiar na região dos Inhamuns.....	20
Figura 4. Palito gotejador no pomar de frutíferas (A), e na horta vertical (B).....	20
Figura 5. Material usado na confecção do Spagotas	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão.....	22
Tabela 2. Vazão média (Lh^{-1}) do palito gotejador avaliado em diferentes posições na área de irrigação.	23
Tabela 3- Valores de CUC, CUD e EA avaliados no sistema com palito gotejador.....	23
Tabela 4. Vazão média (Lh^{-1}) do microaspersor (Spagotas) avaliado em diferentes posições na área de irrigação.....	24
Tabela 5. Valores de CUC, CUD e EA avaliados no sistema com micro aspersor (Spagotas).	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Hidrologia nas regiões semiáridas.....	12
2.2 Água na produção agrícola.....	13
2.3 Agricultura familiar e extensão rural.....	15
2.4 Sistemas alternativos de irrigação	16
3 METODOLOGIA	18
3.1 Caracterização da área do estudo	18
3.2 Dimensionamento e confecção dos emissores	20
3.3 Procedimentos em campo e parâmetros avaliados	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

RESUMO

A irrigação é uma técnica que traz muitos benefícios ao produtor rural, por proporcionar maior produtividade, produção mais uniforme e várias colheitas ao longo do ano. No entanto, a irrigação comercial no Brasil é reconhecidamente onerosa, obstáculo que restringe seu uso por grande parte dos agricultores familiares. Objetivou-se com o presente trabalho desenvolver e avaliar dois emissores para sistemas de irrigação localizados que sejam tecnicamente eficientes e de baixo custo. Utilizou-se palitos de pirulitos, parafusos, espaguete e mangueiras de nível na confecção dos emissores, para os quais deu-se o nome de palito gotejador e *spagotas*. Após confecção dos emissores, dimensionamento e instalação do sistema de irrigação iniciaram-se as avaliações, determinando-se pressão, vazão, eficiência e coeficientes de uniformidade de irrigação. Os dois emissores desenvolvidos com materiais de baixo custo para sistemas de irrigação são tecnicamente eficientes, pois apresentaram valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de distribuição (CUD) dentro dos padrões recomendados pela literatura. O palito gotejador e o *spagotas* custam em média 90 % a menos quando comparado aos emissores comerciais mais em conta. Dando assim a possibilidade do pequeno produtor conseguir fazer a irrigação de suas culturas investindo pouco em sistema de irrigação.

Palavras-chave: Eficiência. Irrigação localizada. Semiárido. Spagotas.

ABSTRACT

Irrigation is a technique that brings many benefits to the rural producer, by providing greater productivity, more uniform production and several harvests throughout the year. However, commercial irrigation in Brazil is admittedly burdensome, an obstacle that restricts its use by most family farmers. The objective of this work was to develop and evaluate two emitters for localized irrigation systems that are technically efficient and low cost. It was used sticks of lollipops, screws, spaghetti and level hoses were used in the making of the emitters, for which the name of drip stick and spaghetti was given. After preparation of the emitters, sizing and installation of the irrigation system, the evaluations were started, determining pressure, flow, efficiency and irrigation uniformity coefficients. The two emitters developed with low cost materials for irrigation systems are technically efficient, since they presented values of uniformity coefficient of Christiansen (CUC) and distribution coefficient (CUD) within the standards recommended by the literature. The drip stick and the spagotas cost on average 90 % less when compared to the commercial issuers more in account. Thus giving the possibility of the small producer to be able to do the irrigation of its cultures investing little in irrigation system.

Keywords: Efficiency. Localized irrigation. Semi-arid. Spagotas.

¹ Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Redenção.

² Titulação. Doutora, Professora Adjunto na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

1 INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica que traz muitos benefícios ao produtor rural, por proporcionar maior produtividade, produção mais uniforme e várias colheitas ao longo do ano, sendo uma ferramenta de gestão contra o regime irregular e inconstante das chuvas, pois mesmo com a falta de precipitação o risco de perder a safra é minimizado, com maior garantia de produção, o que seria praticamente impossível sem o uso da irrigação. Desta forma, a irrigação pode ser vista como uma tecnologia que favorece o aumento da renda do produtor e a disponibilidade de produtos agropecuários, ao longo do ano, para os consumidores.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2017), estima-se que em 2050 a população mundial será cerca de 9,1 bilhões, e assim, haverá necessidade de elevar a produção de alimentos em 70%. Para isso, o setor produtivo depende de tecnologias que entreguem resultados e colaborem com a preservação dos recursos naturais, ajudando o produtor a cumprir esta meta e garantir uma produção de forma eficiente e ambientalmente adequada.

A área irrigada no mundo, em 2013, chegava a 310 milhões de hectares, tendo ainda, um potencial de expansão da agricultura irrigada em nível mundial estimado em cerca de 200 milhões de hectares. Mas, apesar da enorme importância da agricultura irrigada para a humanidade, o insumo primordial dessa técnica de produção, a água, um recurso finito e limitado, tem sofrido crescente demanda, das mais diversas origens, em um cenário com poucas perspectivas e visível escassez (FAO, 2017).

No Brasil, a estimativa mais recente da Agência Nacional de Águas (ANA) indica que em 2015 atingimos a marca de 6,95 milhões de hectares de área irrigada. Enquanto o potencial efetivo de expansão da agricultura irrigada é de 11,2 Mha. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil é considerado um dos principais celeiros da produção de alimentos, fibras e biocombustíveis, e dono de aproximadamente 12% das águas doces superficiais do planeta. Embora abundante, a disponibilidade hídrica superficial não é homogênea. Há regiões onde a disponibilidade é menor, porém com grande demanda, como é o caso da região Nordeste.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005), entre todos os setores da sociedade, a agricultura é o que mais consome água, cerca de 70% de toda a água consumida no planeta é utilizada pela irrigação. Além do alto consumo, não raro provocado pelo mau aproveitamento, que leva ao desperdício, a agricultura também afeta drasticamente a qualidade dos solos e dos recursos hídricos. Os agrotóxicos e fertilizantes empregados na agricultura podem ser carregados

para os corpos d'água, causando a contaminação, tanto da água superficial, quanto subterrânea.

No entanto, para a produção de alimentos com qualidade nutritiva e comercial, a água é um dos elementos fundamentais para seu cultivo, pois a carência hídrica pode predispor as plantas a ataques de agentes patogênicos, inibe seu crescimento e interfere em seu ciclo produtivo (FEIDEN *et al.*, 2016). Para maior aproximação da área ambiental com a produção agrícola, a irrigação deve ser encarada como um processo de suprimento de água para as culturas, na quantidade e na hora correta, evitando, assim, desperdícios e gastos desnecessários.

Nesse contexto, deve-se dar prioridade aos sistemas mais eficientes no uso da água, tais como a irrigação localizada que inclui o sistema de irrigação por gotejamento e por microaspersão. Esse método de irrigação leva água bem próxima da raiz da planta, garantindo incremento de produtividade e economia de água. De acordo com Jannuzzi (2015), quando a irrigação é aplicada na área de absorção, o aumento de produtividade chega a 100% e a economia de água pode chegar a 60%, colaborando para que o produtor não cometa eventuais desperdícios.

Um grande obstáculo que restringe uma maior produção de alimentos de melhor qualidade e menor custo, pelos pequenos agricultores, é que a irrigação comercial no Brasil é reconhecidamente onerosa. Os sistemas de irrigação comumente usados têm preços que variam de 800 a 1500 reais na irrigação por sulcos e de 3000 a 6000 reais para irrigação localizada (MAROUELLI E SILVA, 2000). Razão principal de sua pouca utilização no segmento, que têm muitas razões para não praticarem a irrigação, às vezes pela pouca disponibilidade hídrica, mas a maioria dos casos é por falta de recurso financeiro ou ainda por falta de conhecimento e orientação técnica, recursos que dificilmente chega ao agricultor familiar.

No Brasil a agricultura familiar (AF) é composta por mais de 4,3 milhões de unidades produtivas, correspondendo a 84% do número de estabelecimentos rurais. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006 - último que avaliou características mais relacionadas com a AF, a mesma já era a base da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes. Além disso, era responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa do País e por mais de 70% dos brasileiros ocupados no campo. Sendo assim, a importância da agricultura familiar no Brasil é indiscutível quanto a sua contribuição no mercado.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver sistemas de irrigação localizados que sejam tecnicamente eficientes, ambientalmente adequados e de baixo custo. Além de promover a educação ambiental, utilizar espaguete e parafusos na irrigação, transformar palitos de pirulito em emissores e facilitar o trabalho no campo por reduzir a necessidade de mão de obra para irrigação da área sem a necessidade de grande investimento em sistema de irrigação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hidrologia nas regiões semiáridas

A Região Semiárida é caracterizada por um clima seco e quente, com evapotranspiração potencial em torno de 2.700 mm/ano, além de solos geralmente pobres e com baixa capacidade de retenção de umidade. Cerca de metade das áreas dos solos do Semiárido são de origem sedimentar, com elevado potencial de águas subterrâneas. Já a porção de origem cristalina apresenta um potencial bem mais baixo de águas subterrâneas, geralmente com alto teor de sais. A rede fluvial da região é predominantemente intermitente, com volumes de água limitados e a cobertura vegetal é predominantemente constituída pelo bioma Caatinga, (SILVA e GUIMARÃES FILHO, 2006).

As regiões semiáridas cobrem aproximadamente um terço da superfície da terra e estão entre os ambientes mais incertos, devido a secas periódicas e ao aumento crescente da exploração dos recursos hídricos (MALAGNOUX; SÈNE; ATZMON, 2007). No Brasil, segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), a região semiárida ocupa uma área de 1,03 milhão de km², onde reside uma população de aproximadamente 25 milhões de pessoas, equivalente a 12% da população brasileira em nove estados da Federação, sendo oito estados da região Nordeste mais o norte do estado de Minas Gerais, compreendendo, assim, a maior parte do polígono da seca.

A precipitação pluviométrica no semiárido brasileiro é marcada pela irregularidade, tanto no tempo quanto no espaço, segundo Costa (2007) é comum em anos chuvosos que metade da precipitação se concentre em um mês, com eventos isolados e elevada variabilidade espacial. De acordo com Marengo (2006), o Semiárido brasileiro sempre foi acometido de grandes eventos de secas, contudo, não é rara a ocorrência de grandes enchentes. Esses eventos estão diretamente associados à produção agropecuária, sendo os principais responsáveis pelo sucesso, ou não, dessa importante atividade na região.

A variabilidade da pluviosidade é, em muitos casos, decorrente de fenômenos meteorológicos de grande escala, como o El Niño (SOUZA *et al.*, 2001). Além deste fenômeno, esta variabilidade está associada a variações de padrões de temperatura da superfície do mar sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico (NOBRE e MELO, 2001), influenciando na ocorrência das precipitações, em sua quantidade, intensidade e frequência.

A Região Semiárida é delimitada com base na Precipitação pluviométrica média anual que deve ser igual ou inferior a 800 mm, no Índice de Aridez de Thorntwaite que deve ser igual

ou inferior a 0,50 e no Percentual diário de déficit hídrico que deve ser igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (SUDENE, 2017).

O déficit hídrico dessas áreas cresce a cada ano, em virtude: do crescimento da população, com maior demanda de água para consumo, além de mudanças no ciclo hidrológico induzidas pelo uso e ocupação inadequados do solo; das modificações no estilo de vida da população local e da urbanização; e das alterações climáticas, que levam à escassez hídrica, propiciando, assim, o aumento na competição por água entre a agricultura, indústrias e cidades (ALI e TALUKDER, 2008).

2.2 Água na produção agrícola

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada para irrigação, sendo esse valor superior ao utilizado pelo setor industrial e pelo setor doméstico. No Brasil, o índice de consumo de água nessa atividade chega a 72%, com uma área irrigável de aproximadamente 29,6 milhões de hectares.

A irrigação tem-se tornado uma prática cada vez mais importante no cultivo de vegetais, visto a distribuição das chuvas estar se tornando cada vez mais irregular e concentrada em poucos meses, bem como o acontecimento de anos com baixos índices de pluviosidade se tornado cada vez mais frequente, dificultando o planejamento agrícola (DRUGOWICH e D'AURIA, 2017).

Conforme a Agencia Nacional das Águas – ANA, (2017), embora o crescimento do uso da irrigação resulte, em geral, em aumento do uso da água, diversos benefícios podem ser observados, tais como o aumento da produtividade, a redução de custos unitários, a atenuação de riscos climáticos/meteorológicos e a otimização de insumos e equipamentos. A irrigação também é fundamental para o aumento e a estabilidade da oferta de alimentos e consequente aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira.

A falta ou excesso de água pode acarretar em situações de estresse para a planta, sendo assim, a baixa disponibilidade de água no solo influencia negativamente o crescimento das plantas, reduzindo, portanto, a produtividade (FLEXAS *et al.*, 2006). De acordo com Oliveira (2000) um bom sistema de irrigação deve oferecer a umidade necessária para que a relação ar/água do solo e a necessidade hídrica das plantas seja suprida e mantida, o mais uniformemente possível.

A necessidade hídrica das plantas varia com sua fase de desenvolvimento ao longo do ciclo, expressando a evapotranspiração da cultura (ETc), sendo o seu conhecimento importante

no dimensionamento e no manejo de projetos de irrigação, para quantificar a água a ser repostada ao solo para atender a demanda da cultura (FREIRE *et al.*, 2011). O manejo da irrigação deve ser feito visando a fornecer água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico, favorecendo incremento de produtividade e qualidade da produção, e minimizar o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente, (SOUSA *et al.*, 2011).

A agricultura irrigada, para manter-se sustentável, em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água na irrigação. Pode-se obter aumento na eficiência do uso da água para irrigação de diversas medidas, como: melhoria na estrutura de irrigação e gestão do uso de água, utilização de métodos de manejo da irrigação adequados, e técnicas que permitam aumento da eficiência do uso da água (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Keller e Bliesner (1990), a eficiência de irrigação relaciona-se com uniformidade de aplicação e perdas na operação do sistema. A uniformidade tende a aumentar a produtividade da cultura e reduzir o consumo de energia do bombeamento (SOARES; RAMOS; LUCATO JÚNIOR, 1993). A adoção de técnicas racionais de manejo adequado da irrigação favorece a maximização de sua eficiência.

Existem quatro métodos de irrigação: irrigação por aspersão, por superfície, microirrigação ou irrigação localizada e irrigação subterrânea. A irrigação localizada compreende a microaspersão e o gotejamento, o último, por sua vez, é considerado como o de maior eficiência chegando a 90%, pois as perdas de água por evaporação são menores devido a posição do emissor no solo (COELHO; COELHO FILHO; OLIVEIRA, 2005).

Segundo Bernardo (1995), o sistema de irrigação por gotejamento é eficiente quanto ao uso de água, devido ao controle de aplicação apenas na proximidade do sistema radicular, assim diminui a perda por evaporação, por percolação profunda, por escoamento superficial e por vento. Além disso, contribui na prevenção de processos de salinização de solos na região semiárida.

Com o advento das inovações tecnológicas na agricultura, a otimização do uso da água passou a ser um fator essencial para a produção agrícola (FAGGION; OLIVEIRA; CHRISTOFIDIS, 2009), sendo que sua disponibilidade e distribuição podem definir a viabilidade de um projeto agropecuário, estimulando a busca pelas máximas eficiências no uso da água na irrigação e o incremento em produtividade das culturas, como menor consumo de água, principalmente em regiões com limitação física de recursos hídricos (ZWIRTES *et al.*, 2015).

Em regiões semiáridas, onde a água é fator limitante, devem ser desenvolvidas pesquisas com o intuito de adequar os sistemas de irrigação para se alcançar máxima produção, por unidade de água aplicada. Segundo Montovani *et al.*, (2009), a determinação da quantidade de água necessária para a irrigação é um dos principais parâmetros para o correto planejamento,

dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação, assim como para avaliação dos recursos hídricos.

2.3 Agricultura familiar e extensão rural

A agricultura brasileira se destaca entre as maiores do mundo e representa uma fonte de alimentos e de matéria prima para muitos países. Nela estão presentes diversos modos de fazer agricultura, entre os quais a produção agrícola familiar, encontrada em extensas e importantes regiões do país. A agricultura familiar no Brasil é crescentemente uma forma social de produção reconhecida pela sociedade brasileira, por suas contribuições materiais e imateriais, (DELGADO e BERGAMASCO, 2017).

De acordo com a Lei Federal n. 11.326, de 24 de julho de 2006, no artigo 3º (BRASIL, 2006), são destacadas como características primordiais para se enquadrar como agricultores familiares: (i) não possuir área maior do que quatro módulos fiscais; (ii) a mão de obra utilizada nas atividades econômicas ser predominantemente familiar e (iii) o maior percentual da renda ser obtido das atividades econômicas do estabelecimento.

A discussão sobre a importância e o papel da agricultura familiar no desenvolvimento brasileiro vem ganhando força nos últimos anos, impulsionada pelo debate sobre desenvolvimento sustentável, geração de emprego e renda, segurança alimentar e desenvolvimento local. A elevação do número de agricultores assentados pela reforma agrária e a criação do Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) refletem e alimentam este debate na sociedade, (GUANZIROLI e CARDIM, 2000).

Quando se fala da situação econômica do país, é comum pensarmos na participação da agricultura no Produto Interno Bruto. Mesmo assim, muitas vezes não conhecemos o fato de que a agricultura familiar, com áreas superiores a agricultura patronal, tem uma participação bastante significativa na produção agrícola do país (NAZZARI; BERTOLINI; BRANDALISE, 2010).

A agricultura familiar (AF) representa o setor numericamente majoritário do agro brasileiro. Segundo o ministério de desenvolvimento agrário 84,4% dos estabelecimentos agropecuários do país são classificados como de agricultores familiares. A agricultura familiar é responsável pela produção da maior parte dos alimentos que vai à mesa do brasileiro, produz 70% do feijão nacional, 34% do arroz, 87% da mandioca, 46% do milho, 38% do café e 21% do trigo. O setor também é responsável por 60% da produção de leite e por 59% do rebanho suíno, 50% das aves e 30% dos bovinos.

Apesar dessa grande importância, historicamente no Brasil, os agricultores familiares sempre receberam pouco apoio do poder público para realizar suas atividades. Este segmento foi

comparativamente negligenciado pelas diversas esferas governamentais ao longo do processo de modernização da agricultura brasileira, que se iniciou no final da Segunda Guerra Mundial, (CASTRO, 2015).

A atividade agrícola familiar é ainda negativamente afetada pelo baixo nível de capacitação técnica e gerencial dos produtores. O frágil nível de sua organização dificulta uma maior inserção desse segmento produtivo no mercado e nas cadeias produtivas. A deficiência de coordenação e a desarticulação entre os distintos segmentos dos incipientes arranjos produtivos locais existentes impedem a plena ocupação dos espaços de valorização e competitividade dos produtos junto aos mercados regional e nacional (SILVA e GUIMARÃES FILHO, 2006).

De acordo com o IBGE (2009), no Nordeste brasileiro, 90% dos produtores possuem escolaridade inferior ao ensino fundamental (incluindo os analfabetos ou quase), menos de 5% possuem ensino médio ou técnico e apenas cerca de 1% possui ensino superior. Situação que, segundo Castro (2015), se refletiu na não adoção de tecnologias, na não utilização de cuidados culturais ou no uso de práticas incorretas no processo produtivo, perdas na produção e baixos rendimentos na medida em que os agricultores se veem impossibilitados de adotar inovações tecnológicas disponíveis.

As políticas públicas de apoio à agricultura familiar existentes, embora fortalecidas nos últimos anos, carecem de melhor articulação (SILVA, 2006). É preciso garantir-lhes acesso fácil ao crédito, às tecnologias existentes, assistência técnica, condições e recursos tecnológicos para a produção e manejo sustentável de seus estabelecimentos, bem como garantias de comercialização. Quanto ao nível de satisfação com relação a esse tipo de serviço, Medina e Novaes (2014) relatam que a maioria dos produtores entrevistados estavam insatisfeitos e ainda que possuem muitas dificuldades de acesso às políticas de crédito, assistência técnica e comercialização.

2.4 Sistemas alternativos de irrigação

Apesar do custo inicial de aquisição e instalação de sistemas de irrigação convencional ser elevado, principalmente para o pequeno agricultor, existem formas de adotar sistemas com menor custo, tornando-os mais acessíveis ao agricultor familiar. O uso de emissores artesanais é uma alternativa que diminui significativamente o custo de aquisição e manutenção de um sistema de irrigação.

De acordo com Coelho; Martins; Silva, (2012) várias recomendações de sistemas para pequenas áreas estão disponíveis, tais como o uso de irrigação por potes, irrigação tipo xique-xique, low-head bubbler, sistema mandala, dentre outros. O uso de garrafas de plástico (PET) e

outros objetos têm sido veiculados na mídia em sistemas de irrigação tipo microaspersão com uso de cotonetes e dutos de água feitos de garrafas de plástico, como exemplo.

Coelho *et al.* (2014) afirma que quando tomados os devidos cuidados no uso da água, os sistemas de irrigação montados de material de baixo custo apresentam os mesmos efeitos dos sistemas convencionais sobre a produção de culturas de ciclo curto e perenes em áreas de agricultura familiar do semiárido.

O semiárido requer soluções que aumentem a segurança hídrica e possibilitem alternativas de irrigação eficientes, especialmente para a agricultura familiar, com uso mínimo de água, baixo custo de implantação e, além do mais, que contribuam para a redução da pegada ecológica, (NASCIMENTO; BORGES; LUNA, 2015).

De acordo com Nascimento (2017) as técnicas de irrigação de baixo custo visam atender a demanda hídrica das culturas, utilizando materiais não tradicionais em sistemas de irrigação, dando assim a possibilidade do pequeno produtor conseguir fazer a aplicação de água investindo muito pouco em um sistema. Essas técnicas contemplam todos os métodos de irrigação e utilizam para isso materiais alternativos encontrados no cotidiano de um agricultor, trazendo alternativas eficientes atreladas ao uso racional de água.

Tecnologias acessíveis e de baixo custo, que permitam otimizar o uso da água para irrigação, são importantes para a agricultura familiar no semiárido brasileiro. E, insere-se nesse contexto, a ideia da sustentabilidade e a defesa da agricultura familiar como agente fundamental da construção do desenvolvimento do meio rural (GAVIOLI e COSTA, 2011).

Conforme Coelho; Martins; Silva (2012), diferentes opções de sistemas de irrigação de baixo custo para agricultura familiar estão disponíveis e avaliadas. No entanto, é necessário à capacitação dos agricultores para uso desses sistemas, com noções principalmente de eficiência de irrigação e de uso de água, dado que os agricultores tendem a irrigar em excesso, o que pode resultar em excessivas perdas, principalmente por percolação.

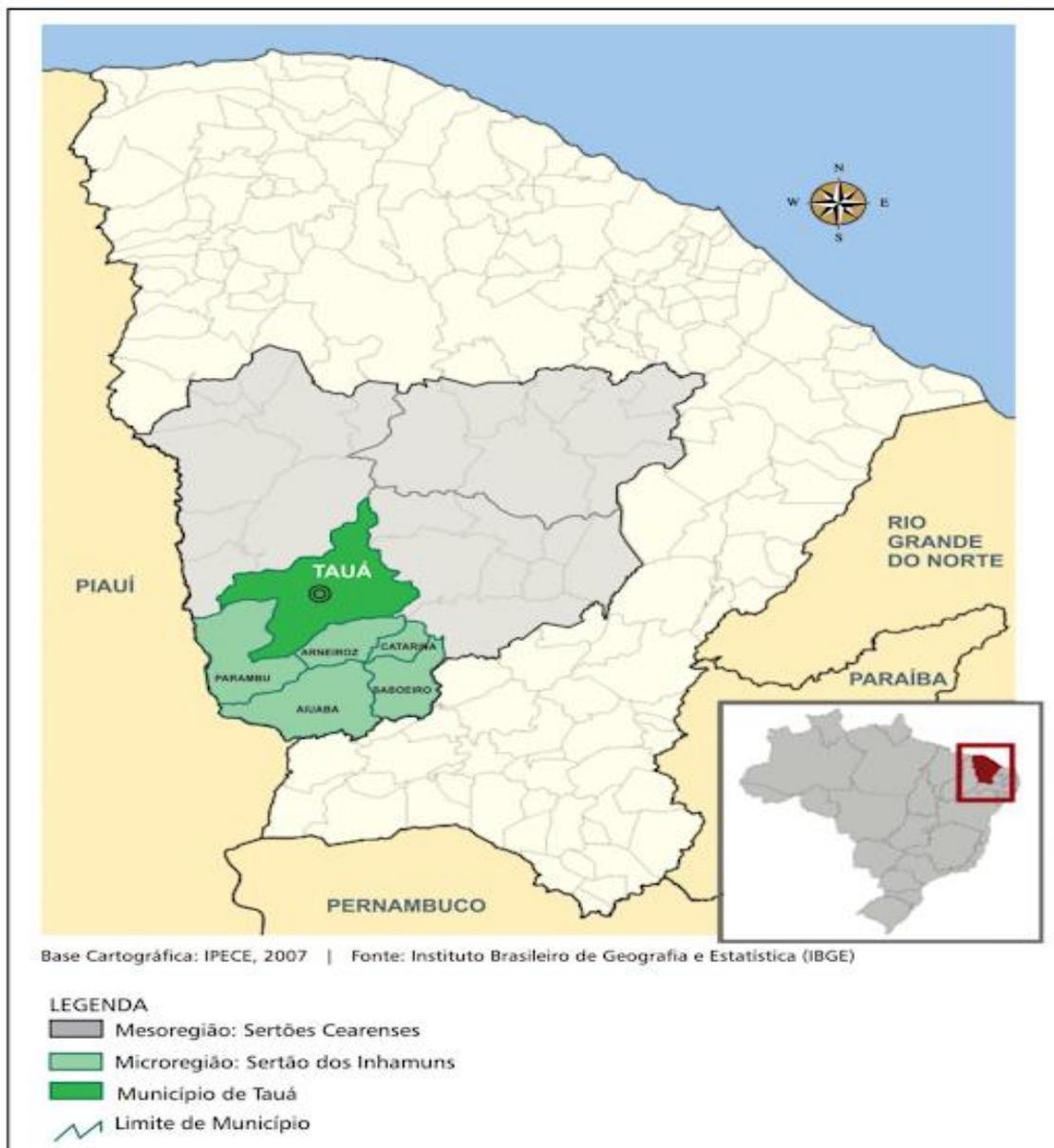
O manejo correto em um sistema de irrigação é importante para que o agricultor tenha sucesso na produção. Em virtude disso, a escolha de um sistema de irrigação simplificado, eficiente e de fácil acesso ao pequeno agricultor é um fator determinante para que o mesmo tenha maior margem de lucro (ARAÚJO; GOMES; COSTA, 2014). Uma propriedade que adota um sistema de irrigação pode ter lucro bruto até cinco vezes maior do que as que não a utilizam, isso porque a produtividade é superior de 2,5 a 3 vezes, em relação a culturas de sequeiro (PIRES, 2005).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área do estudo

O Município de Tauá (Figura 1) localiza-se a sudoeste do Estado do Ceará, na microregião do Sertão dos Inhamuns, apresenta como características climáticas singulares a irregularidade temporal e espacial das chuvas e as elevadas taxas de evaporação. O regime pluviométrico, quando normal, caracteriza-se, principalmente, por uma estação chuvosa com precipitações abundantes, e um período muito seco, de duração variável, cujas chuvas são raras pouco intensas e de curta duração (FUNCEME, 2015).

Figura 1. Localização do município de Tauá - Ce.

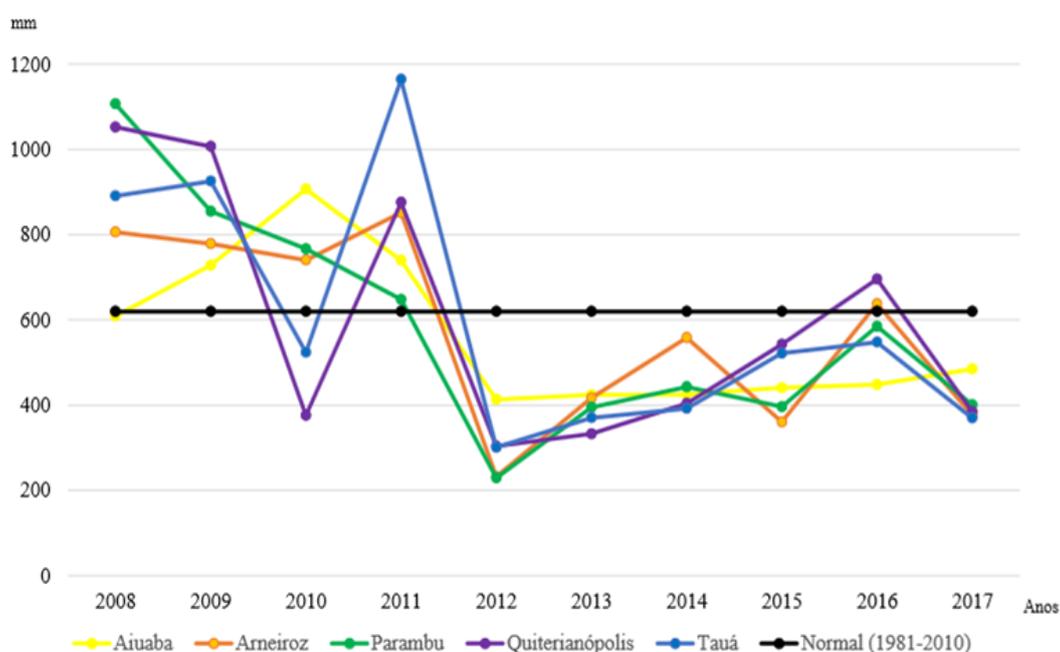


A região dos Inhamuns compreende os municípios de Aiuaba, Arneiroz, Catarina, Parambu, Saboeiro e Tauá. Caracteriza-se por elevada população, regimes de precipitações

médias anuais baixas, combinados com altas temperaturas médias anuais, grandes áreas rurais para as atividades de natureza agropastoril. Dos municípios que apresentam áreas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará, Tauá é um dos mais críticos (OLIVEIRA, 1995).

Os últimos 6 anos registraram no Ceará chuvas abaixo da média, numa das secas mais severas já ocorridas na história do Estado (Figura 2).

Figura 2. Precipitação anual (mm) Sertão dos Inhamuns – 2007-2017.

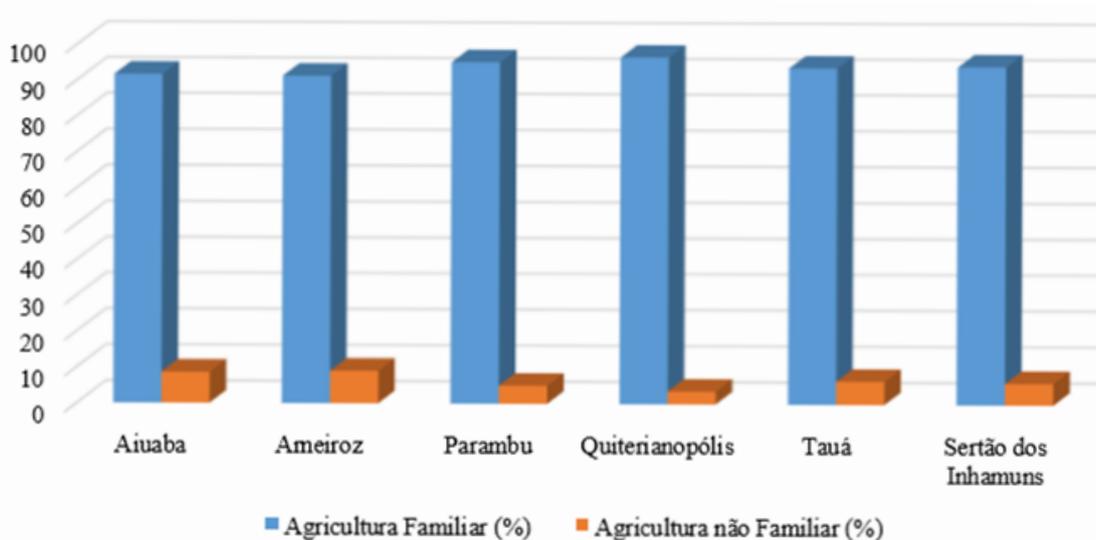


Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, 2018.

Tauá é habitado por 55.716 habitantes, sua densidade demográfica é de 13,87 hab/km² (IBGE, 2018), e sua sede municipal está localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 6°00'11" S e 40°17'34" W. As principais atividades econômicas desenvolvidas pela população tauaense são: serviços (comércios, profissionais liberais e escolas), agropecuária (criação de gados bovinos, caprinos e ovinos), indústria de transformação (produção de redes, queijos, couros etc.) e mineração de rochas ornamentais e britas (IPECE, 2014; IBGE, 2018).

De acordo com dados do IBGE (2010) a maioria da população de Tauá (57,93%) vive na zona urbana. E segundo os dados do último censo agropecuário que coletou dados relacionados a agricultura familiar, dos estabelecimentos agrícolas de Tauá, a grande maioria pertence a agricultores familiares Figura 3, razão pela qual decidimos desenvolver o presente trabalho para que possamos ajudar os pequenos produtores da região dos Inhamuns a produzirem em maior escala, com menor mão de obra pra regar as culturas e mais eficiência no uso da água, com pouco investimento para montarem e manterem um sistema de irrigação.

Figura 3. Percentual dos estabelecimentos com agricultura familiar e não familiar na região dos Inhamuns.



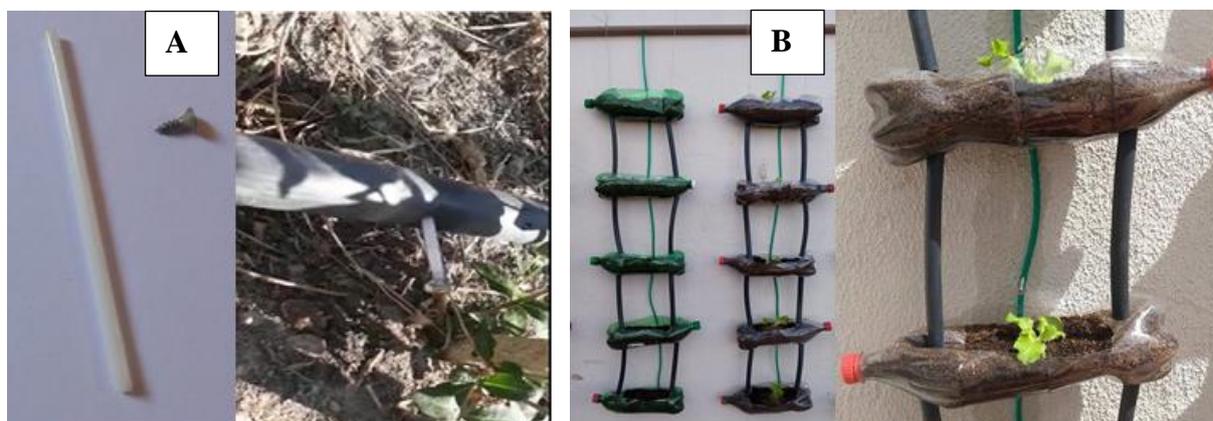
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo Agropecuário (2006).

3.2 Dimensionamento e confecção dos emissores

O experimento foi realizado em uma área de 0,6 ha na escola de educação profissional Monsenhor Odorico de Andrade em Tauá – Ce. A abordagem metodológica utilizada compreendeu o planejamento, dimensionamento, confecção dos emissores e implantação de unidades experimentais de irrigação para avaliação do sistema. Foram utilizados palitos de pirulitos, parafusos, espaguete e mangueiras de nível para confecção dos emissores, para os quais deu-se o nome de palito gotejador e *spagotas*.

Para confeccionar o gotejador basta colocar o parafuso (3,5 x 8 mm) em uma das extremidades do palito, inseri-lo na mangueira e ajustar a vazão necessária (Figura 4A). O palito gotejador também pode ser utilizado na irrigação de hortas verticais, construídas com garrafas PET, uma vez pronto, o emissor é inserido no espaguete, sendo este inserido em uma tubulação de PVC de 20 mm de diâmetro (Figura 4B).

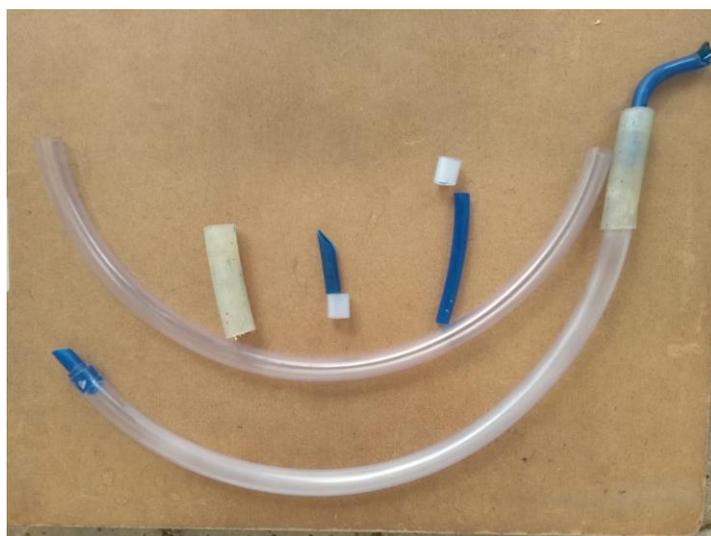
Figura 4. Palito gotejador no pomar de frutíferas (A), e na horta vertical (B)



Fonte: Autora, 2018.

O spagotas é confeccionado usando 30 cm da mangueira de nível menos espessa (1/4”), mais três pedaços do mesmo diâmetro de 1 cm de comprimento (ambos são cortados na vertical, um colado na base inferior dos 30 cm, outro na base superior da mangueira mais espessa (3/8”) e o outro na base inferior do espaguete mais espesso); 5 cm da mangueira mais espessa, que será colado na base superior da menos espessa; dois pedaços do espaguete mais espesso, sendo um de 2 cm com a base cortada em bisel, para conectar o *spagotas* à linha de irrigação, o outro pedaço de 5 cm e um outro pedaço de 5 cm do espaguete menos espesso que será colado no anterior, ambos serão usados como emissores (Figura 5).

Figura 5. Material usado na confecção do Spagotas



Fonte: Autora, 2018.

3.3 Procedimentos em campo e parâmetros avaliados

Após a confecção dos emissores, implantou-se as unidades experimentais para avaliações e ajustes do sistema, a linha secundária de polietileno com 37 m de comprimento e 3/4” de diâmetro e as linhas laterais também de polietileno com 20 m de comprimento e 1/2” de diâmetro. Os gotejadores foram instalados no pomar de frutíferas, com espaçamento de 2 x 3 m. Os microaspersores (spagotas) foram instalados em canteiros com espaçamento de 5 x 6 m.

O material empregado para avaliação do sistema de irrigação foram: um cronômetro digital, proveta graduada em mL, manômetro de Bourdon, recipiente com capacidade de 6,0 L, mangueira e trena métrica.

A uniformidade de irrigação das subáreas irrigadas foi determinada coletando-se a vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a 1/3 e a 2/3 do comprimento e o último gotejador, com quatro repetições. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, foram: à primeira, as situadas a 1/3 e 2/3 do comprimento e a última linha lateral.

Para determinação da vazão dos gotejadores selecionados, foi colocado sob o mesmo um coletor que interceptava toda água descarregada, e em seguida colocada em uma proveta graduada de 250 mL. Os volumes coletados foram posteriormente convertidos em vazão (Lh^{-1}). O tempo de duração para cada coleta foi de 30 minutos, sendo medido por meio de um cronômetro digital. Com os dados coletados, foram estimados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC); o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a Eficiência de Aplicação (Ea) conforme Merriam e Keller (1978), empregando-se as Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$CUC = 100 - \frac{\sum_i^n Q_i - Q}{n Q} \quad (1)$$

Em que: Q_i = vazão coletada em cada gotejador (Lh^{-1}); Q = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (Lh^{-1}) e n = número de gotejadores analisados.

$$CUD = \frac{Q_{25\%}}{Q_{med}} 100 \quad (2)$$

Em que: $Q_{25\%}$ = média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, (Lh^{-1}) e Q_{med} = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, (Lh^{-1}).

$$Ea = 0,9 * CUD \quad (3)$$

As vazões dos microaspersores foram determinadas com o auxílio de uma mangueira acoplada ao bocal de cada emissor, um reservatório com capacidade de 5,0 L e um cronômetro de precisão. A vazão determinada representou a média aritmética de três repetições em cada aspersor. A interpretação dos valores dos coeficientes de uniformidade (CUC e CUD) baseou-se na metodologia apresentada por Mantovani (2001) apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação dos valores do desempenho dos sistemas de irrigação por aspersão.

Classificação	CUC (%)	CUD(%)
Excelente	> 90	> 84
Bom	80 - 90	68 - 84
Razoável	70 - 80	52 - 68
Ruim	60 - 70	36 - 52
Inaceitável	< 60	< 36

A pressão foi medida na entrada da linha lateral e na saída da linha lateral, esse procedimento foi feito para todas as linhas analisadas. Nesta pesquisa o desempenho da irrigação foi avaliado através de índices.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores das vazões dos gotejadores coletadas em campo, verificou-se que o modelo desenvolvido apresenta vazão suficiente para suprir a demanda hídrica da maioria das culturas que são possíveis de serem irrigadas por gotejamento, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2. Vazão média (Lh^{-1}) do palito gotejador avaliado em diferentes posições na área de irrigação.

Linhas	Emissores			
	Primeiro	1/3	2/3	Último
Primeira	0,8	0,8	0,7	0,7
1/3	0,8	0,8	0,7	0,7
2/3	0,8	0,8	0,7	0,65
Última	0,75	0,7	0,65	0,65

Fonte. Elaborada pela autora.

Caso o agricultor necessite de vazão superior a que o emissor apresenta para suprir a demanda hídrica da cultura, tem a opção de colocar dois gotejadores por planta na mesma linha, ou ainda, utilizar fileira dupla com dois emissores em cada, totalizando quatro emissores por planta, aumentando a vazão. No entanto deve-se sempre atentar a real necessidade hídrica das culturas, e utilizar irrigação de forma eficiente. Segundo Pimentel *et al.* (2012) as vazões dos emissores são fatores que influenciam no desempenho de eficiência dos sistemas de irrigação, pois sua operação incorreta provoca variações que refletirão na lâmina de irrigação útil para a cultura.

Na Tabela 3 encontram-se os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de distribuição (CUD) e da eficiência de aplicação (EA), determinados para um sistema de irrigação com palito gotejador. A metodologia usada na interpretação dos resultados foi baseada em Merriam e Keller (1978), informando que: CUD maior que 90% é classificado como excelente, entre 80% e 90%, bom, 70 e 80%, regular, e menor que 70%, ruim.

Tabela 3- Valores de CUC, CUD e EA avaliados no sistema com palito gotejador.

Método	(%)	Classificação
CUC	90	Excelente
CUD	85	Bom
EA	77	Regular

Fonte. Elaborada pela autora.

Os resultados de eficiência de aplicação encontrados estão abaixo do mínimo aceitável

(80,0%) recomendado por Bernardo; Soares; Mantovani (2008), podendo isto ser atribuído às variações de pressão (de 12 até 10 mca) e vazão observada nas linhas laterais. Uma maneira de melhorar a eficiência é com o manejo adequado do sistema de irrigação, como por exemplo, deixando as linhas que têm menor pressão e conseqüentemente vazão ligadas por mais tempo que as que apresentam vazão adequada.

Entre os valores dos coeficientes avaliados o CUD apresentou o menor valor obtido em campo, entretanto em sistemas de irrigação localizada, segundo López *et al.* (1992), ele é o mais utilizado na avaliação, pois este possibilita uma medida mais rigorosa, dando maior peso às plantas que recebem menos água. Segundo Souza *et al.* (2006) o sistema de irrigação avaliado está bem dimensionado, isso porque a média de CUD ficou acima de 80%.

Pode se ainda observar na Tabela 3, que o valor do CUC é maior que o CUD, isso ocorre de acordo com Lopez *et al.* (1992), pelo fato em que o CUD é submetido a tratamentos mais detalhados aos problemas de distribuição no decorrer da linha de irrigação. De acordo com ZOCOLER (2005) a uniformidade de aplicação do sistema se enquadrou em boa, concordando com valores de Merriam e Keller (1978), isso acontece quando o valor do CUC fica igual ou superior a 90%.

Os resultados da vazão, ao longo das linhas laterais da área irrigada por micro aspersão encontram na Tabela 4. Pode-se observar que apresentam vazão alta o que é uma vantagem, pois permite irrigações de curto tempo, o que é interessante para o produtor que precise maximizar o tempo em sua propriedade.

Tabela 4. Vazão média (Lh^{-1}) do microaspersor (*Spagotas*) avaliado em diferentes posições na área de irrigação

Linhas	Emissores			
	Primeiro	1/3	2/3	Último
Primeira	180	180	178	177
1/3	180	180	178	177
2/3	178	177	176	175
Última	178	177	176	175

Fonte. Elaborada pela autora.

A necessidade hídrica das culturas varia de acordo com vários parâmetros como, estágio fenológico, tipo de solo e clima, portanto o agricultor precisa saber a quantidade de água a aplicar para fazer o uso racional do sistema de irrigação. Sabendo a demanda hídrica da cultura e a vazão do sistema, saberá exatamente quanto tempo o sistema precisará ficar funcionando por dia, evitando assim o desperdício de água, bem como atenderá a necessidade das plantas.

A variação da vazão no sistema de irrigação deve-se a variação da pressão ao longo das linhas (9 mca nas primeiras linhas e 11 mca nas últimas). No entanto, está dentro do limite aceitável, pois em projetos de irrigação costuma-se usar o limite máximo de variação de vazão na linha lateral de 10% (MATOS e RAGOSO, 1997). Quando se ultrapassa esse limite à uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação cai abaixo do nível recomendado (CALGARO e BRAGA, 2008).

Na Tabela 5 encontram-se os valores de Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e da eficiência de aplicação (EA), determinados para o sistema de irrigação por micro aspersão (Spagotas). Pode-se observar pelo valor da eficiência de aplicação, que de acordo com NRCS (1997), para sistemas de irrigação localizada do tipo microaspersão encontra-se bom, que o sistema foi corretamente dimensionado. A eficiência de irrigação é definida pela relação entre a quantidade de água incorporada ao solo, até a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e a quantidade de água aplicada. O valor apresentado significa que 88% do volume de água aplicado ficará disponível para a planta.

Tabela 5. Valores de CUC, CUD e EA avaliados no sistema com micro aspersor (Spagotas).

Método	(%)	Classificação
CUC	98	Excelente
CUD	98	Excelente
EA	88	Excelente

Fonte. Elaborada pela autora.

Observa-se também na Tabela 5 que o sistema de irrigação por micro aspersão conforme as condições de campo, apresentou um coeficiente de uniformidade de distribuição e Coeficiente de Uniformidade de Christiansen de 98% que segundo os critérios propostos por Mantovani (2001) possuem grau de aceitabilidade considerado excelente. Segundo Mantovani e Ramos (1994), quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima.

Os modelos de emissores desenvolvidos são confeccionados com materiais simples, sendo facilmente encontrados no cotidiano de um agricultor, trazendo alternativas eficientes associadas ao uso racional de água. Cada palito gotejador custa em média 10 centavos e cada *spagotas* 50 centavos, 90% a menos quando comparado aos emissores comerciais mais em conta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois emissores desenvolvidos são tecnicamente eficientes, por apresentarem valores de uniformidade e de distribuição dentro dos padrões recomendados pela literatura.

Os materiais utilizados na confecção dos emissores são de baixo custo, podendo ainda ser reciclados, porque além de reduzir a poluição ao meio ambiente proporcionam maior agilidade na confecção e adaptabilidade à irrigação, por serem mais firmes que materiais novos.

Os emissores são facilmente adaptáveis à realidade de cada pequeno produtor e não necessitam de alta pressão para funcionamento.

Se realizado o manejo adequado do sistema, as plantas irrigadas atingirão à máxima produtividade e boa qualidade do produto, usando água de maneira eficiente.

A irrigação de baixo custo proporciona maior rapidez e menos mão de obra para a rega das plantas, quando comparado a uma área irrigada de forma manual, facilitando o trabalho do agricultor, sem a necessidade de alto investimento em sistemas atualmente comercializáveis.

A horta vertical é uma excelente opção para manter em casa, condimentos saudáveis e sempre frescos, mesmo em ambiente reduzido e por quem não tem disponibilidade de tempo para cuidar. O palito gotejador é ideal para esse cultivo, pois uma vez instalado manterá as plantas sempre irrigadas.

REFERÊNCIAS

- ALI, M. H.; TALUKDER, M. S. U. Increasing water productivity in crop production: a synthesis. *Agricultural Water Management*. Amsterdam, v. 95, n. 11, p. 1201-1213, Nov. 2008.
- ARAUJO, J. F. GOMES, F. H.; COSTA, A. C. S. Utilização de sistema simplificado de irrigação. Salvador, 32p. 2014.
- ATLAS IRRIGAÇÃO: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 86 p.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, MG: UFV, 1995. 596p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- BEZERRA, G. J; Schlindwein, M. M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. *INTERAÇÕES*, Campo Grande, MS, v. 18, n. 1, p. 3-15, jan./mar. 2017.
- BRASIL. Senado Federal. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <[http:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2006/lei/111326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2006/lei/111326.htm)>. Acesso em: 7 set. 2018.
- CALGARO, M.; BRAGA, M.B. Determinação da Uniformidade de Distribuição e Água em Sistema de Irrigação Localizada. *Instruções Técnicas da Embrapa Semi-Árido*. Petrolina, Dezembro 2008. 4p.
- CASTRO, C. N. Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural. *Boletim regional, urbano e ambiental* | 12 | jul.-dez. 2015.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. *Bahia Agrícola*, v.7, n.1, 2005.
- COELHO, E. F.; MARTINS, T. S.; SILVA, A. J. P.; SANTOS, D. B. Sistemas de irrigação para agricultura familiar. Cruz das Almas – BA: Embrapa Informação Tecnológica, 12 p. 2012.
- COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; PARIZOTTO, I.; SILVA, T. S.M. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 45 p. 2014.
- COSTA, A. C. Hidrologia em uma bacia experimental em caatinga conservada no semi-árido brasileiro. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2007.
- DELGADO, G. C. BERGAMASCO; PEREIRA, S. M. P. Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 470 p, 2017.
- DRUGOWICH, M. I.; M. G. D. P. M. D'AURIA. A ÁGUA NA AGRICULTURA. Campinas, CATI 2017. 44p.

- FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária, **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.2, n.1, p.187-190, jan./abr. 2009.
- FEIDEN, A.; SILVA, A. M.; MOL, D. J. S.; FEIDEN, A. Sistema de Irrigação de Baixo Custo com Mangueira Preta e Garrafas PET. Corumbá : Embrapa Pantanal, 15 p. 2016.
- FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; GALMÉS, B. J.; HENKLE, M.; MARTÍNEZCAÑELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. *New Phytologist*, n. 172, p. 73-82, 2006.
- FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. de L. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 1, p. 82-91, 2011.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo II – Inhamuns. Fortaleza, 290p. 2015.
- GAVIOLI, F. R.; COSTA, M. B. P. As múltiplas funções da agricultura familiar: um estudo no assentamento Monte Alegre, região de Araraquara (SP). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49, n. 2, p. 449-472, 2011.
- GUANZIROLI, C. E. CARDIM, S. E. C. E. Projeto de Cooperação Técnica INCRA / FAO, 76 p, 2000.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 25 setembro 2018.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tauá. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/taua/panorama>>. Acessado em: 12 setembro 2018.
- IPECE - Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal de Tauá - CE. Fortaleza, 2014.
- JANNUZZI, C. Irrigação inteligente economiza água e não desperdiça. Grupo Cultivar, 2015. disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/irrigacao-inteligente-economiza-agua-e-nao-desperdica>. Acesso em 10/09/2018.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649p.
- LÓPEZ, J. R., ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. Riego Localizado. Madrid, Espana: Mundi – Prensa, 1992. 405p.
- MARENCO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. (Biodiversidade, 26).
- MALAGNOUX, M.; SÈNE, E. H.; ATZMON, N. Forests, trees and water in arid lands: a delicate balance. *Unasylva-Fao*, v. 229, n. 58. p. 24-25, 2007.

- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Ed.) Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. p. 60-71.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.
- MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M.M. Manejo da irrigação. In Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA, 1994. cap. 5, p.129-158.
- MATOS, J.A.; RAGOSO C.R.A. Caracterização da performance hidráulica de dois emissores tipo microaspersor. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v. I, p.17-20, 1997
- MEDINA, G. NOVAES, E. Percepção dos agricultores familiares brasileiros sobre suas condições de vida. INTERAÇÕES, Campo Grande, v. 15, n. 2, p. 385-397, jul./dez. 2014.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. Form irrigation system evaluation a guide for management. Logan Agricultura lan Irrigation Engineering Department, 1978, 271p.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente Água: Um recurso cada vez mais ameaçado. In: Consumo sustentável: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.
- NASCIMENTO, N. R.; BORGES, F. F.; LUNA, F. M. Sistema de baixo custo baseado em resíduos têxteis para irrigação subterrânea eficiente no semiárido. In: Congresso Internacional da diversidade no semiárido. II, 2015.
- NASCIMENTO, F. F. L. Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo. Cruz das Almas - Ba. 17 p. 2017.
- NRCS. Estimation of Direct Runoff from Storm Raifall. In: Hydrology. National Engineering Handbooks. National Resources Conservation Service. USDA, Washington, USA, 1997.Part 630. Cap. 10 79p. disponível em <http://www.tx.nrcs.usda.gov/>. Acesso em 10 de novembro de 2018.
- NAZZARI, R. K.; BERTOLINI, G. F.; BRANDALISE, L. T. Gestão das unidades artesanais na agricultura familiar: uma experiência no Oeste do Paraná. 2. ed. – Cascavel: EDUNIOESTE, 2010.
- NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade Climática Intrasazonal Sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. Revista Climanalise, 2001. Cachoeira Paulista, SP.
- OLIVEIRA . C. F. Áreas Degradadas suscetíveis aos Processos de Desertificação no Ceará. In: GOMES, Gustavo M., SOUZA, Hermínio R. de, e MAGALHÃES, Antonio R. Desenvolvimento Sustentável no Nordeste. Brasília: Ipea, 1995. p. 305327
- OLIVEIRA, M. A. C. Irrigação - Água na medida certa. revista Cultivar Hortaliças e Frutas, v. 3, agosto/setembro, 2000.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO. In: Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil. Brasília, 243p. 2017.
- PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C.; Paixão, F. J. R. da. Uniformidade de distribuição de

água em irrigação por gotejamento no cultivo de cumaru (amburana cearensis). IV winotec workshop internacional de inovações tecnológicas da irrigação. Inovagr International Meeting. CD Rom 2012.

PIRES, C. Irrigação: Técnica que dá resultado. A granja, p. 54 – 58. outubro, 2005.

SILVA, P. C. G da; GUIMARÃES FILHO, C. Eixo Tecnológico da Ecorregião Nordeste. In: SOUSA, I.S.F.de. (Ed.) Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 434p. Cap3. p.109-123.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. Revista científica eletrônica de agronomia, v. 8, 17p. 2005.

SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; LUCATO JÚNIOR, J. Uso racional de energia elétrica em sistemas de irrigação tipo pivô-central no estado de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de engenharia agrícola, 22, 1993.

SOUZA, S. S.; TOMASELLA, J.; GRACIA, M. G.; AMORIM, M. C.; MENEZES, P. C. P.; PINTO, C. A. M. O. Programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da SUDENE – PROCLIMA Boletim da Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25 n. 1, p. 15-24, 2001.

SOUZA, J. A. A; CORDEIRO, E. A.; COSTA, E. L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n.1, p. 5-9, 2006.

SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 771 p. 2011.

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 2017. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 7 set. 2018.

ZOCOLER, J. L. Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação. Ilha Solteira – SP: UNESP, 2005. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em 11 de novembro de 2018.

ZWIRTES, A. L.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; KUNZ, J.; REIMANN, G. K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. Eng. Agríc. Vol.35 no.4 Jaboticabal July/Aug. 2015.