



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DA ZONA RURAL DE IGUATU-CE

CARDOSO, P.H.G.¹; SILVA, D. G. DA²; CARVALHO, J.F.DO C.²;
SANTOS, J.C. DE F.² & SILVA, M. A. N. DA³

¹Graduando em Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri, Juazeiro do Norte-CE. Fone: (88) 92221939 e-mail: pedroherlleison@yahoo.com.br.

²Graduando em Recursos Hídricos / Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri, Juazeiro do Norte-

³Especialista em Saúde e Meio Ambiente pela Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri; Graduada em Recursos Hídricos / Saneamento Ambiental pelo CENTEC; Técnica da FATEC-Cariri e pesquisadora do CNPQ

RESUMO Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água para consumo humano dos poços das comunidades rurais de Barra I e II, Gameleira e do Cavaco município de Iguatu-CE, através de parâmetros físico-químicos recomendados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Foram feitas análises de pH, Ferro, Turbidez, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal (amônia), Dureza e Cloretos. Com base nos resultados das análises laboratoriais, constatou-se que água consumida de abastecimento não se encontra dentro dos padrões de potabilidade, para os parâmetros Ferro, Turbidez e Nitrogênio Amoniacal (amônia). Diante dos resultados obtidos, se faz necessário à conscientização da população quanto aos riscos à saúde a que estão expostos, bem como, ação dos poderes públicos competentes, no sentido de criar ferramentas para o tratamento da água na comunidade.

Palavras-chave: Consumo humano, água subterrânea, qualidade

EVALUATION PHYSICAL-CHEMICAL OF THE QUALITY OF THE WATER OF THE WELLS OF THE RURAL ZONE FROM IGUATU-CE

ABSTRACT: This work had the objective of the evaluate the water of the quality to human consumption of the wells of the rural communities of the Barra I and II, Gameleira and Cavaco city of Iguatu-CE, through by control information physical-chemical recommended by the regulation 518/04 from the Ministry from the health. They have been made analyses of pH, iron, turbidity, nitrate, nitrogen amoniacal, hardness and chlorides. The analyses verified that the water consumed of the supply isn't within of the norms of potabilidade, for the control information iron, turbidity and nitrogen amoniacal. Ahead of the gotten results, It's necessary that it does require one conscientization from the population with relation to the risk the health as well action of the public poderes apt, in an effort to breed toolds for it's handling from the water at the community.

Keywords: Human consumption, subterranean water, quality



INTRODUÇÃO

Com o processo de urbanização acelerado a partir da segunda metade do século XX, técnicas foram sendo desenvolvidas de modo que é possível o fornecimento de água potável em grandes volumes para atender a milhões de habitantes que se concentram nas médias e grandes cidades espalhadas por todo o globo terrestre. No entanto, a água potável não está atualmente disponível para todas as pessoas em muitas sociedades. De fato, os países do mundo desenvolvido conseguem atender, na maioria das vezes e de forma universal, às necessidades de suas populações por meios de sistemas coletivos de distribuição que caracterizam um acesso adequado à água potável para todos. Ao contrário, os demais países apresentam parcelas significativas de suas populações urbanas e rurais sem ter acesso ou com um acesso precário à água potável (Soto et al., 2006).

Como definição o sistema público de abastecimento de água constitui-se do conjunto de obras, instalações e serviços destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade suprimindo as necessidades da população para fins domésticos, serviços públicos, consumo industrial, comercial, lazer e outros usos. Um abastecimento de água caracteriza-se pela retirada de água da natureza passando por um processo de purificação que vai retirar da mesma, substâncias nocivas à saúde humana. Portanto, o homem sempre se preocupou com o problema de obter água e com qualidade para seu consumo.

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea no qual podemos destacar o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques séptico, a disposição inadequada de resíduos sólidos e a modernização da agricultura, representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias, vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas não degradáveis, nitrato, gás sulfídrico, metais pesados, fluoretos, arsênico, cloretos, ferro, manganês, sódio e sulfato, pesticidas, combustíveis, etc. Entre os constituintes inorgânicos nocivos à saúde, o nitrato é aquele que apresenta ocorrência mais generalizada e problemática, devido a sua alta mobilidade e estabilidade nos sistemas aeróbios de águas subterrâneas. Envenenamentos sérios e ocasionais fatais têm ocorrido em crianças devido à ingestão de água de poço contendo nitrato a uma concentração de 10 mg/l (Silva, 2001).

O município de Iguatu – Ce, mas precisamente nas comunidades de Barra I e II, Gameleira e Cavaco, a água para o consumo humano é de poços profundos, nessas localidades há ausência de uma estrutura de captação e monitoramento por parte do poder público quanto a sua potabilidade, colocando em risco a saúde dos que usufruem desse recurso. Essa pesquisa foi desenvolvida pela necessidade de se levantar dados sobre a qualidade da água consumida pelos

moradores das comunidades acima especificadas e também pela eventual necessidade de conhecer o padrão de potabilidade da água ingerida. O objetivo principal foi fazer um levantamento teórico e prático sobre o sistema de monitoramento da água utilizada, avaliando-a através de análises físico-químicas, e também conhecendo a real necessidade destas comunidades com o intuito de propiciar um maior conforto e qualidade de vida.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em quatro pontos localizados na zona rural do município de Iguatu, na região Centro - Sul do estado do Ceará, ($6^{\circ} 21'34''$ S e $39^{\circ} 17'55''$), com uma área de 1029 Km², e altitude de 217,8m acima do nível do mar, com população de 85.615 habitantes (IPECE, 2004). As amostras foram coletadas entre os meses de dezembro de 2005 a julho de 2006 quinzenalmente no período da manhã, com realização das seguintes análises físico-químicas: pH, Turbidez, Nitrato, Ferro, Nitrogênio Amoniacal (amônia), Dureza e Cloretos. Para a realização dos ensaios foram seguidas as diretrizes gerais da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

A escolha dos pontos foi feita através de uma pesquisa de campo, onde observou-se os pontos mais sujeitos à contaminação e que abastecem um maior contingente de famílias. Foram escolhidos 04 (quatro) poços artesianos, sendo que o poço 01(um) estava localizado na comunidade rural de Barra I, o poço 02 (dois) na comunidade de barra II, o poço 03 (três) na comunidade da Gameleira e o poço 04 (quatro) na comunidade rural do Cavaco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os pontos analisados os valores médios de pH não apresentaram diferenças significativas, variando de 6,77 a 7,62 se enquadrando, portanto na legislação vigente do Ministério da Saúde que indica que a faixa de pH ideal para o consumo humano é de 6,0 a 9,5. Em relação aos valores encontrados para Ferro, as menores médias obtidas foram nos pontos P4 (0,02 mg/L), P2 (0,27mg/L), e as amostras do poço 01 (0,76 mg/L) e poço 03 (1,45 mg/L) apresentaram-se fora dos padrões estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, que é de 0,30 mg/L. Quanto aos valores obtidos para Turbidez os poços P2 e P4 apresentaram as menores médias, 0,37 UT e os poços P1 e P3 respectivamente as maiores médias 5,79 e 5, 88, também não se enquadrando dentro dos padrões para consumo humano que estabelece um valor máximo de 5 UT .



Em relação aos valores encontrados de Amônia, o poço P4 apresentou a menor média 1,15 mg/L, e o poço P2 a maior média 3,72 mg/L. Apresentando, portanto valor elevado, pois fato este, que no poço 02, esse valor pode ser atribuído a possível contaminação pelo lançamento de esgotos domésticos *in natura* na área adjacente a esse poço. Segundo a Portaria dos padrões de potabilidade o valor máximo permissível para Amônia é de 1,5 mg/L.

Em relação aos valores encontrados na análise de Nitrato, os pontos que apresentaram menores médias foram os poços P1 (0,45 mg/L), P3 (0,47 mg/L) e P2 (0,56 mg/L) o poço que obteve a maior média foi o poço P4 (1,29 mg/L) estando todos dentro dos padrões da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, pois o valor máximo permissível para o Nitrato é de 10mg/L. Os valores obtidos na análise de Cloretos, as menores médias foram nos pontos P3 (127,95 mg/L) e P1 (191,83 mg/L) e as maiores médias foram nos pontos P2 (297,54 mg/L) e P4 (308,25 mg/L) estando fora dos padrões de potabilidade para consumo humano da Portaria em vigor que estabelece um valor máximo de 250 mg/L.

Os valores médios para Dureza situaram-se entre 207,38 mg/L e 385,89 mg /L, enquadrando-se dentro dos padrões para consumo humano que é de até 500mg/L.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos nas análises físico-químicas pode-se concluir que a água consumida de abastecimento não se encontra dentro dos padrões da portaria 518/04 do Ministério da Saúde para os parâmetros Ferro, Turbidez e Nitrogênio Amoniacal (amônia), podendo ocasionar varias doenças de veiculação hídrica. Vale ressaltar que os poços são as únicas fontes de abastecimento de água nessas comunidades, exercendo um papel vital para estas famílias. Por esta razão, é de suma importância a sua proteção, com eliminação das possíveis causas contaminantes, bem como a filtração e desinfecção para reduzir a possibilidade de transmissão de patógenos. Diante do exposto é fundamental a conscientização das pessoas para a importância da manutenção dos poços e fossas. Desde a sua construção, os poços devem seguir os padrões técnicos evitando contaminações, e as fossas devem ser limpas periodicamente para a remoção do lodo, de modo a prevenir vazamentos do efluente que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas oferecendo risco à saúde das pessoas daquela comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – AWWA – WEF (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition. American Public Health Association, American water works Association and water Environment Federation, Washington, D. C.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília DF. FUNASA. 2004.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal- Iguatu-CE Fortaleza-CE, 2004. Disponível em www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfilbasico/pbm2004_PDF/iguatu.pdf. Acesso em 10 ago. 2007

SOTO, F.R.M., FONSECA, Y.S.K., RISSETO, M.R., AZEVEDO, S. S., ARINI, M.de L.B., RIBAS, M.A., MOURA, C.R.V., MARCHETTE, D.S. Monitoramento da qualidade da água de poços rasos de escolas públicas da zona rural do Município de Ibiúna/ SP: parâmetros microbiológicos, físico-químicos e fatores de risco ambiental. Rev Inst Adolfo Lutz, v. 65(2), p. 106-111, 2006.

SILVA, R. de C.A. Qualidade Bacteriológica e Físico –química do manancial subterrâneo de Feira de Santana-BA - Junho 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa: ABES, 2001. (CD-ROM).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ARTIGO TÉCNICO

PROPOSTA DA GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM JUAZEIRO DO NORTE-CE

CARDOSO, P.H.G.¹; ARAÚJO, F.F.DE ²; PAULO, J.M.³ & SILVA, D.G.DA⁴

¹Graduando em Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri, Juazeiro do Norte-CE. Fone: (88) 92221939 e-mail: pedroherleyson@yahoo.com.br

²Graduanda em Saneamento Ambiental pela FATEC-Cariri.

³Graduanda em Saneamento Ambiental pela FATEC-Cariri.

⁴Graduando em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pela FATEC-Cariri..

RESUMO A qualidade e oferta de água condicionam a saúde e o bem-estar das populações, e deve ser considerada, portanto como fator essencial no desenvolvimento das ações de serviços de abastecimento de água, bem como, a gestão da qualidade da mesma. A caracterização da gestão da qualidade da água da cidade de Juazeiro do Norte - CE documentará o monitoramento dos resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas, apresentará uma visão geral da qualidade da água nos ambientes monitorados e fará recomendações para controle dos principais problemas ambientais detectados. Neste contexto, o monitoramento sistemático, adotará como unidade de análise, pontos estratégicos de coleta de água, a partir do estabelecimento dos resultados dos questionários aplicados, uma vez aferidos. A análise do monitoramento informará o estado da qualidade das águas, permitindo a utilização do monitoramento como instrumento de gestão de recursos hídricos e qualidade da água no contexto ambiental, informando o cenário atual da degradação a que estão submetidos estes ambientes e identifica as oportunidades de equacionamento dos mesmos.

Palavras chave: Caracterização, recursos hídricos, gestão.

PROPOSAL OF THE MANAGEMENT OF THE QUALITY OF THE WATER FOR HUMAN CONSUMPTION IN JUAZEIRO OF THE NORTE-CE

ABSTRACT: The quality and offers of water conditions the health and well-being of the populations, and must be considered, therefore as essential factor in the development of the actions of services of water supply, as well the quality of the same one. The characterization of the management of the quality of the water in Juazeiro of the Norte - CE, It will register the monitoramento of the results of the analyses physicist-chemistries and microbiological, it will present a general vision of the quality of the water in monitored environments and It will make recommendations for control of the main detected ambient

problems. In this context, the systematic monitoramento, It will adopt as unit of analysis, strategical points collection of water, from the establishment, of the results of the questionnaires applied a time surveyed. The analysis of the monitoramento will inform the state of the quality of water, It is allowing the use of the monitoramento as instrument of management of hídricos resources and quality of the water in the ambient context, It is informing the current scene of the degradation the one that are submitted these environments and It identifies the chances of equacionamento of the same ones.

Key-words: Characterization, hidricos resources, and management.

INTRODUÇÃO

De todos os bens existentes no mundo, a água destaca-se como o mais precioso desses, devido suas importâncias nas maiores diversas áreas e formas de consumo. Pode-se encontrar no Brasil uma quantidade significativa de água doce em relação ao mundo, contudo sofre problemas de desabastecimento devido a uma gestão precária das reservas disponíveis e a interesses políticos e econômicos, que desconsideram as reais necessidades da sociedade. Já as empresas sofrem com o custo da água em seus processos e as novas políticas de saneamento têm obrigado que elas melhorem seus níveis de consumo e reuso.

A crescente demanda de água e a multiplicidade de seu uso têm provocado, em grande parte, crises de escassez e conflitos de interesse, competição institucional, perturbações sociais e até obstáculos ao crescimento econômico e a preservação ambiental, resultando, daí, a necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos, sob os aspectos quantitativos e qualitativos (Campos e Studart, 2003).

Segundo Rebouças (2006), o bom gerenciamento dos recursos hídricos depende de decisões políticas, que devem ser tomadas por toda a sociedade, e não apenas pelo governo. Para ele, todas as cidades com menos de 20 mil habitantes podem ser abastecidas exclusivamente por poços artesianos. As vantagens disso são muitas. Uma delas está ligada à economia.

A água além de promover a vida, também pode servir de agente de inúmeras doenças relacionadas a ela, principalmente se estiver poluída. Em geral, a infecção humana decorre da ingestão de água contaminada: cólera, amebíase, giardíase, salmonelose, hepatite A, leptospirose e diversos tipos de diarreia; por contato com a água contaminada: esquistosomose, teníase, ascaridíase, outras verminoses e leptospirose; por meio de insetos que se desenvolvem na água: dengue, febre amarela, filariose, malária e leishmaniose (Ecoaché, 2002).

A disponibilidade dos Recursos Hídricos da cidade em estudo é bastante comprometida do ponto de vista de gestão sanitária em regiões onde o desenvolvimento se processou de forma desordenada, provocando a poluição das águas pelo lançamento desordenado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes. A qualidade da água para



consumo humano deve ser considerada, portanto, como fator essencial no desenvolvimento das ações dos serviços de captação, qualidade e abastecimento de água, quer públicos ou privados, de maneira que a água distribuída ao usuário tenha todas as características de qualidade determinadas pela legislação vigente.

DESCRIÇÃO DO ASSUNTO

A pesquisa será realizada na zona urbana do município de Juazeiro do Norte-CE Localiza-se no sul do Estado, a 600 km da capital Fortaleza. Sua área é de 248,558 km², a uma altitude média de 350 metros. A população do município é estimada em 240.638 habitantes. A taxa de urbanização é de 95,3% (IPECE, 2004).

A metodologia usada para o desenvolvimento do projeto será dividido em 03 (três) etapas facilitando sua execução.

Etapa 01: Basicamente será feito estudo bibliográfico para reconhecimento de campo que verificará a demanda e qualidade da água para consumo humano, analisando a gestão como uso sustentável. Os cadastramentos das fontes de consumo de água serão elaborados por questionários sócio-econômico e ambiental em pontos estratégicos do referente município, com marcação das suas coordenadas geográficas com GPS. Todas as informações obtidas serão analisadas com estudo estatístico, possibilitando a formação de um banco de dados e elaboração dos mapas, tabelas e gráficos.

Etapa 02: Após o cadastramento serão escolhidos no mínimo 15 (quinze) pontos de coleta de água para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas. As coletas serão realizadas mensalmente, coletando quantidades suficientes para determinação da qualidade de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde., sendo transportadas para os Laboratórios de Análises Físico-químicas de Água e Efluente (LAE) e para o Laboratório de Análises Microbiológicas de Água e Efluente (LMAE) da Faculdade de Tecnologia CENTEC-Cariri durante um período de 12 (doze) meses. Para a análise Físico-química serão pesquisados parâmetros de aceitação para consumo humano: alcalinidade, cloreto, cor, dureza, pH, turbidez, nitrato, ferro, nitrogênio amoniacal (amônia) e sólidos totais dissolvidos. Os métodos analíticos seguirão as recomendações de APHA et al. (1995). As amostras destinadas às análises microbiológicas serão submetidas à técnica dos Tubos Múltiplos para análise do N.M.P. coli total/fecal através dos testes presuntivo, confirmativo e *Escherichia coli*.

Etapa 03: A partir os resultados das análises serem detectados e os questionários serem respondidos, haverá a elaboração do diagnóstico local, fazendo-se uma comparação entre os

resultados já existentes das pesquisas feitas na companhia de abastecimento da referida cidade com os obtidos no decorrer do projeto. O desenvolvimento das ações, tais quais: palestras para que a população seja sensibilizada sobre a importância da qualidade e gestão da água, mobilização da mesma para que haja sustentabilidade do recurso analisado por meio de intervenções humanas e ambientais; procurando minimizar os impactos negativos ocorridos no município. Será realizada de acordo com as comparações medidas favoráveis a população visto os resultados.

CONCLUSÕES

Ao se caracterizar as condições dos pontos de coleta de água e a qualidade da mesma, que esta sendo consumida pelas comunidades da cidade de Juazeiro do Norte – CE, acredita-se que tais informações oferecerão subsídios e orientação à comunidade e a gestão dos programas que faz parte do planejamento e execução de atividades que lidam com a gestão e qualidade da água da cidade em questão, bem como, criar estratégias que melhore as condições de saúde pública e abastecimento, diminuindo a procura da população aos programas assistenciais de saúde, que é precário, bem como, a proporção de uma boa qualidade de vida, tendo-se um bom sistema de abastecimento de água, que não seja inoperante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA; AWWA; WEF. Standart methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington: APHA, 1998.
- CAMPOS, N; STUDART, T. Gestão da Águas – Princípios e Práticas. 2.ed. Porto alegre, ABRH, 2003. 242p.
- ECOACHÉ. Água, todos precisamos dela para viver. Revista Amigos da Ecologia. Editora Informal. Ano 1. 2002.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal- Juazeiro do Norte. Fortaleza-CE, 2004. [http://www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfilbasico/pbm2004_PDF/juazeiro do norte. pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicações/perfilbasico/pbm2004_PDF/juazeiro_do_norte.pdf). Acesso em: 14 ago. 2007. Disponível em:
- REBOUÇAS. Economizar Água: A Única Solução Viável para Todos. Revista Banas Qualidade, São Paulo, SP, ano XVI, outubro de 2006, nº 173, editora de produtos e serviços Ltda, 2006.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL DO SOLO¹

PAIXÃO, F. J. R.²; ANDRADE, A. R. DOS S. DE³; AZEVEDO, C. A. V. DE⁴,
COSTA, T. L.⁵; SOUSA, J. DOS S.⁶; FRANCO, E. S.²

¹Parte da Dissertação de Mestrado do 1º. Autor, apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg, Centre de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB;

²MSc Eng. Agric. Bolsista do CNPq. Doutorando, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande-PB, e-mail:

jardel.paixao@gmail.com;

³Pesquisador Dr. Bolsista DRC/CNPq, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande – PB, Br; 3 - Eng. Agric. Profª. Dra. DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande – PB, Br.

⁴Profª. Dr. DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, Br.

⁵MSc. Eng. Agric., Bolsista do CNPq, Prof. FATEC-SERTÃO CENTRAL.

⁶MSc. Eng. Agric., Bolsista do CNPq, Doutorando, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande-PB

RESUMO: Objetivando avaliar dois métodos de estimativa da dimensão fractal do solo (D) realizou-se uma pesquisa onde foram coletadas amostras de solo deformadas nas profundidades de 0-20, 20-40 e de 40-60 cm de profundidade, em um total de 36 pontos amostrais, em que se determinou a curva característica e curva de distribuição de partículas para posterior determinação da dimensão fractal (D). O experimento foi conduzido na Área Experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias – EMEPA, localizada no município de Lagoa Seca, Estado da Paraíba, a uma altitude média de 335 m, apresentando as coordenadas geográficas de 07° 13' S; 35° 52' W. A teoria fractal por meio da determinação da dimensão fractal (D) baseada na curva de retenção de água no solo e na curva de distribuição de partículas, estimou com excelente precisão os valores da dimensão fractal do solo.

Palavra chave: física do solo, curva de retenção, irrigação, modelos físicos-matemáticos

METHODOLOGY TO DETERMINE THE SOIL FRACTAL DIMENSION

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate two methods of estimate the soil fractal dimension (D) soil samples were collected at depth of 0-20, 20-40 and 40-60 cm, in a total of 36 points, the characteristic curve and particle distribution curve for further fractal dimension determination. The experiment was conducted in sandy soil of the experimental area of the State Enterprise of Agricultural Research, located in the Lagoa Seca city, Paraíba State, Brazil, with an average altitude of 335 m, and geographic coordinates 07° 13' S; 35° 52' W. The fractal theory by the determination of fractal dimension (D) based on the soil water retention curve and particle distribution curve, gave with an excellent precision the values of the soil fractal dimension.

Key word: soil physics, retention curves, irrigation, mathematical physical models

INTRODUÇÃO

A geometria fractal foi introduzida, nos anos 70, por Benoit Mandelbrot, matemático polonês, que propôs, através dela, uma maneira que possibilitasse melhor capacidade de representar estruturas complexas e irregulares da natureza. Ao contrário da geometria euclidiana, a fractal se apresenta como ferramenta eficientemente capaz de quantificar e qualificar série de dados temporais e espaciais descrevendo, com maior exatidão, a sua complexidade.

Pela definição de MANDELBROT (1982) citado por REICHARDT e TIMM (2004) e HOTT (2005), o termo fractal provém do latim *fractus*, que significa fragmentar, quebrar as partes, opostamente ao termo álgebra, que se refere à junção das partes, ou seja, fractais são objetos cujos valores de suas dimensões são números reais não inteiros.

Em ciências do solo, os fractais são utilizados para descrição do percurso de infiltração e redistribuição da água, além de modelar, de forma eficiente, a ocorrência de fenômenos durante esses dois processos, uma vez que o solo é um corpo tridimensional. A dimensão fractal pode ser determinada com alguns atributos físicos do solo, permitindo estudos com novas abordagens fundamentadas em parâmetros físicos, passando a ocupar o espaço de estudos utilizando-se parâmetros puramente empíricos (HOTT et al., 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias – EMEPA, localizada no município de Lagoa Seca, Estado da Paraíba, a uma altitude média de 335 m, apresentando as coordenadas geográficas de 07° 13' S; 35° 52' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw'i (clima tropical úmido com estação seca da primavera a início do verão). O solo da área é classificado como um Neosolo Reolítico (EMBRAPA, 1999). Apresentando uma camada superficial bastante arenosa, tendo a seguinte composição: de 00-20cm: areia; 75,27 g kg⁻¹, silte; 8,08 g kg⁻¹ e argila; 16,65 g kg⁻¹ de 20-40cm: areia; 72,24 g kg⁻¹, silte; 10,10 g kg⁻¹ e argila; 17,66 g kg⁻¹, sendo caracterizado como um solo franco-arenoso nas duas profundidades, respectivamente.

Foram coletadas amostras de solo deformadas de uma área cultivada com Gergelim irrigado nas profundidades de 0-20, 20-40 e de 40-60 cm de profundidade, em um total de 36 pontos amostrais. A análise granulométrica foi realizada pelo Método do Hidrômetro.

Uma das metodologias capazes de determinar a dimensão fractal do solo é baseada na distribuição do tamanho médio das partículas sólidas do solo uma vez em que o tamanho médio das partículas do solo bem como dimensão fractal, estão ligadas com a estrutura do solo e pode ser estimada através da expressão:



$$W(R) = c R^{\frac{3D^2 - 13D + 14}{D^2 - 5D + 4} + 1} \quad (1)$$

Sendo que, $W(R)$ – massa acumulativa das partículas do solo, c – constante, R – raio médio das partículas do solo, D – dimensão fractal.

A equação (1) é a expressão através da qual se estima o percentual da massa acumulativa das partículas, em função dos raios das partículas do solo. No sentido de se estimar D , aplica-se o método dos mínimos quadrados para obtenção dos coeficientes da reta linearizada e, por via de consequência da própria dimensão fractal (D). A dimensão fractal D , obtida por este procedimento, resulta na dimensão fractal de superfície (baseada na distribuição do tamanho das partículas do solo) representada por D_{PSD} .

Com base na equação de proposta por BROOKS e COREY (1964), modificada por PIERRER et al (1996) citado por ANDRADE, 2002, aplica-se o processo de regressão não linear aos dados de tensão de água no solo. Uma maneira mais específica entre o volume de poros e o seu raio, foi encontrada por PERRIE et al. (1996) e se escreve da seguinte forma:

$$-\frac{dV(\geq r)}{dr} = \beta(E - D)r^{E-D-1} \quad (2)$$

em que : E - representa a dimensão euclidiana, β - uma constante e r – raio do poro.

Para estimar o teor de água no solo, assume-se que o valor que o raio de poro é inversamente proporcional ao potencial hidráulico h , assim como $h=A/r$, em que A é uma constante. Tradicionalmente, usam-se valores absolutos das tensões de água no solo, em lugar de tensões negativas. A equação (2) é muito usada para se estimar a curva de retenção de água no solo, mesmo havendo outras formas de se correlacionar os poros do solo com as tensões da água (Tyler & Wheatcraft, 1990; BIRD et al., 1996).

O modelo para se estimar a curva de retenção de água proveniente da equação (2) apresenta uma rígida relação com uma lei física, o conteúdo de água do solo e a tensão com que esta água encontra-se retida entre as partículas sólidas do solo (PIERRER et al., 1996). Com base na equação de proposta por BROOKS e COREY (1964), modificada por PIERRER et al (1996) citado por ANDRADE, 2002, a dimensão fractal (D_{SWRC}) foi determinada aplicando-se o processo de regressão não linear aos dados de umidade do solo (θ) versus o potencial matricial de água no solo (ψ_m) por meio da seguinte expressão:

$$\theta_{(h)} = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left(\frac{h_s}{h} \right)^{3-D} \quad (3)$$

sendo que: $\theta(h)$ - umidade do solo em base de volume, na tensão h , θ_s - umidade do solo em base de volume na saturação, θ_r a umidade residual do solo (correspondente ao ponto de

murcha permanente), h_0 - valor absoluto da tensão de água no ponto de entrada de ar e D representa dimensão fractal distribuição dos tamanhos de poros do solo (D_{SWRC}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo estatístico de D_{SWRC} encontra-se na Tabela 1 para as três profundidades estudadas e o resumo estatístico dos dados experimentais da curva de retenção de água no solo, determinada através das placas de Reichardt, está discriminado na Tabela 1.

Os valores de D_{SWRC} , apresentados na Tabela 1, são superiores aos valores de D_{PSD} . Andrade (2002), trabalhando com solos de textura franco argilosa no Estado de São Paulo também encontrou valores de D_{PSD} inferiores aos determinados pelo método D_{SWRC} .

Ainda na Tabela 1, pode-se observar que nos valores de D_{SWRC} , ocorreram uma menor variabilidade dos dados, uma vez que os parâmetros estatísticos de D_{SWRC} foram inferiores aos de D_{PSD} , com exceção do valor da variância na profundidade de 0-20 cm que foi superior pelo método D_{SWRC} (0,00016). Com relação aos demais parâmetros estatísticos analisados, o método D_{SWRC} foi o que se mostrou mais coerente, devido à menor variação dos valores dos parâmetros analisados, que foi de 2,880 a 2,845 (00-20 cm), 2,875 a 2,854 (20-40 cm) e 2,873 a 2,807 (40-60 cm), respectivamente, com uma amplitude total media de 0,035, 0,021 e 0,066. Os desvios padrões indicaram uma menor variação dos dados (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo estatístico da dimensão fractal do solo determinada pelo método baseado na curva de retenção de água do solo (D_{SWRC}) e baseado na distribuição do tamanho de partículas (D_{PSD})

Parâmetro estatístico	Dimensão fractal (D_{SWRC})		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Média	2,863	2,864	2,837
Variância	0,00016	0,00008	0,00045
CV (%)	0,005	0,003	0,007
Desvio padrão	0,013	0,009	0,021
Valor máximo	2,880	2,875	2,873
Valor mínimo	2,845	2,854	2,807
Amplitude total	0,035	0,021	0,066
Dimensão fractal do solo (D_{PSD})			
Média	2,811	2,829	2,834
Variância	0,0013	0,00093	0,00083
CV (%)	0,013	0,011	0,010
Desvio padrão	0,035	0,030	0,029
Valor máximo	2,841	2,857	2,863
Valor mínimo	2,751	2,772	2,782
Amplitude total	0,098	0,085	0,081



De forma geral, os menores valores dos parâmetros estatísticos da D_{SWRC} indicam que quando comparados com os de D_{PSD} , para as três profundidades estudadas, pode ter sido possivelmente em decorrência das pequenas variabilidades das características físicas nos horizontes texturais do solo. A grande importância de se obter uma dimensão fractal o mais confiável possível deve-se ao fato de que essa propriedade é usada como parâmetro para determinação de propriedades físico-hídricas de extrema importância para irrigação e drenagem, cuja determinação das mesmas é difícil e/ou dispendiosa com os métodos tradicionais, como condutividade hidráulica saturada e não saturada.

Estatisticamente constata-se que os valores de D_{PSD} apresentaram pequena variabilidade nas profundidades estudadas, fato este mostrado pelos baixos valores dos parâmetros estatísticos (Tabela 1). Os resultados variam de 2,841 a 2,751 (00-20 cm), 2,857 a 2,782 (20-40 cm) e 2,863 a 2,782 (40-60 cm), respectivamente, com valores médios de 2,811, 2,829 e 2,834 e amplitude total de 0,098, 0,085 e 0,081.

ANDRADE (2002) e CARVALHO et al. (2002) estudando solos de textura média, também encontraram valores com baixas variabilidades da dimensão fractal e coeficiente de correlação (R^2), através do método D_{PSD} .

Os menores valores de D_{PSD} foram encontrados na profundidade de 0-20 cm e os maiores na de 40-60 cm que corresponde aos solos que indicando um acréscimo nos valores de areia muito fina e silte (Tabela 1), estando coerentes com os valores mencionados por Kravchenko (1997) e Kravchenko (2000). Rawls & Brakesek (1995) obtiveram valores de D_{PSD} de 2,42 em solos arenosos e de 2,87 para solos argilosos e ANDRADE (2002) trabalhando com solos de textura média encontrou valores de D_{PSD} que variaram de 2,700 a 2,970, também com baixos valores dos parâmetros estatísticos.

CONCLUSÕES

A teoria fractal por meio da determinação da dimensão fractal (D) baseada na curva de retenção de água no solo e na curva de distribuição de partículas, estimou com excelente precisão os valores da dimensão fractal do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. R. S. de. Aplicação da teoria fractal e da geoestatística na estimativa da condutividade hidráulica saturada e do espaçamento entre drenos. Botucatu, Universidade

- Estadual Paulista “Julio de Mesquita” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2002. (Tese de Doutorado)
- CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n.4, p.701-709, 2000.
- BIRD, N.R.A., BARTOLI, F. DEXTER, A.R. Water retention models for fractal soil structures. J. Soil Sci., v.47, p.1-6, 1996.
- BROOKS, R.H. & COREY, A.T. Hydrdraulic properties of porus media Hidrol. Pap. 3, Colorado State Univ. Fort Collins, 1964. 180p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- GUERRA, H.C. Física dos solos, 1 ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 173 p.
- PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. 1º. ed. Curitiba: C.L, 1996. 446p.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da Água no Solo. Piracicaba – ESALQ, 2000, 497 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

INFLUENCIA DE DIFERENTES NÍVEIS MATÉRIA ORGÂNICA NA DENSIDADE DO SOLO¹

ANDRADE, A. R. S.²; PAIXÃO, F. J. R. DA³; AZEVEDO, C. A. V. DE⁴;
SILVA, E. J.⁵; PIMENTEL, J. V. F.⁶ & FRANCO, E. S.³.

¹Parte da Dissertação de Mestrado do 2º. Autor, apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola - DEAg, Centre de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB;

²Pesquisador Dr. Bolsista DRC/CNPq, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande – PB, Br;

³MSc Eng. Agric. Bolsista do CNPq. Doutorando, DEAg/CCT/UFCG, Campina Grande-PB, e-mail: jardel.paixao@gmail.com;

⁴Profº. Dr. DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, Br. e-mail: cazevedo@deag.ufcg.edu.br ;

⁵Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, Caixa Postal 12168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone: (85) 4008 9762. e-mail: emsufo@gmail.com

⁶Eng. Agro. Mestrando, Bolsista do CNPq, DEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, Br..

RESUMO: Objetivando avaliar o efeito de diferentes fontes e quantidades de matéria orgânica na densidade do solo (Ds), conduziu-se na estação experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba, EMEPA-Lagoa Seca, PB, um experimento de campo em blocos casualizados com quatro repetições e nove tratamentos compostos de torta de mamona (TM₁ = 3000, TM₂ = 6000, TM₃ = 10.000 e TM₄ = 13.33 kg ha⁻¹), torta de algodão (TA₁ = 400, TA₂ = 800, TA₃ = 1.200 e TA₄ = 1.600 kg ha⁻¹), e a testemunha (ST - sem matéria orgânica). Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos com matéria orgânica, porém, o tratamento sem matéria orgânica diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade apenas do tratamento com torta de algodão na quantidade de 16.000 kg ha⁻¹.

Palavra chave: propriedades físicas, irrigação, densidade do solo.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS ORGANIC MATTER IN THE SOIL DENSITY

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the different sources and quantities of organic matter in the soil density (Ds), The experiment was conducted in sandy soil of the experimental area of the State Enterprise of Agricultural Research, located in the Lagoa Seca city, Paraíba State, Brazil. The field experiment was in randomized blocks with four repetitions and nine treatments castor oil plant pie (TM₁ = 3000, TM₂ = 6000, TM₃ = 10.000 and TM₄ = 13.33 kg ha⁻¹), cotton pie (TA₁ = 400, TA₂ = 800, TA₃ = 1.200 e TA₄ = 1.600 kg ha⁻¹), and a witness (ST – without organic matter). It was verified that didn't occur significant differences between the organic matter treatments, however, the treatment without organic matter differed statistically at rate of 5% probability level of the cotton pie only, with 16.000 kg ha⁻¹.

Key word: physical properties, irrigation, soil density.

INTRODUÇÃO

A densidade do solo é uma propriedade física do solo mais afetada pelo grau de compactação, manejo e tipo de cultura, havendo uma tendência desta propriedade em aumentar com o acréscimo da profundidade do solo pelo fato de ter-se uma redução no teor de matéria orgânica à medida em que se estuda em camadas mais profundas (Americo, 1979; Cavalcante & Fernandez, 1979). Para Reichardt (2004) a densidade é um índice do grau de compactação do solo uma vez em que ao se compacta o solo, esse reduz seu volume e a densidade sofre um acréscimo, quando o solo é arenoso as partículas de solo não apresentam um bom arranjo e conseqüentemente não são grandes, o que ocorre ao inverso em solos de características argilosas. A densidade global é um dos atributos do solo que interfere de forma direta no manejo de irrigação e crescimento vegetal, sendo muito importante sua determinação em projetos de irrigação e drenagem. A densidade do solo é um atributo que é afetado pela estrutura do solo, grau de compactação, manejo e tipos de culturas (Andrade et al, 2005). Frasão (1991) constatou que o manejo do solo tem grande influencia na densidade global do solo, e conseqüentemente na porosidade total, uma vez em que esta propriedade varia com o grau de compactação em que o solo se encontra, sendo que áreas cultivadas continuamente apresentam densidades mais elevadas que as camadas superficiais de áreas sob florestas. A pesquisa teve como objetivo avaliar a influencia da aplicação de diferentes níveis de matéria orgânica no solo advindas da torta de mamona (TM) e da torta de algodão (TA).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias – EMEPA, localizada no município de Lagoa Seca, PB. Com uma altitude média de 335m apresento as coordenadas geográficas aproximadas de 07°13' S; 35°52' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw'i, a temperatura média anual é de 23,3 °C e a precipitação média anual de 764,3mm, e umidade relativa média é de 82,7%. O solo da área é classificado como neossolo reolítico (EMBRAPA, 1997). A área do experimento era cultivada com gergelim e irrigada com sistema de irrigação por aspersão convencional.

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, onde cada bloco teve uma área de 126 m² (3,5 x 36 m), que foi dividida em 9 parcelas experimentais de 14 m² (4 x 3,5 m) cada uma. Havendo quatro repetições, a área total do experimento foi de 504 m². Os blocos foram separados entre eles em 0,70 m. O espaçamento da cultura foi de 0,70 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas, havendo cinco fileiras por bloco, sendo as duas mais externas disponibilizadas



para o efeito bordadura. Os tratamentos corresponderam a quatro doses de matéria orgânica advindas da torta de mamona (TM₁ = 3.000, TM₂ = 6.000, TM₃ = 10.000 e TM₄ = 13.000 kg ha⁻¹) e quatro provenientes da torta de algodão (TA1 = 4.000, TA2 = 8.000, TA3 = 12.000 e TA4 = 16.000 kg ha⁻¹), mais a testemunha, que foi sem a aplicação de nenhuma torta (ST) (Figuras 1).

Após 90 dias em que as doses de matéria orgânica foram incorporadas manualmente ao solo, foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-20, em um total de 9 por bloco, uma amostra por parcela, com estrutura indeformada, para determinação da densidade do solo totalizando 36 amostras. Para a coleta das amostras indeformadas foram utilizados anéis volumétricos de bordos cortantes de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro.

O amostrador utilizado foi do tipo Uhland, conforme GUERRA (2000). A densidade do solo foi determinada pelo Método do Anel Volumétrico, de acordo com o procedimento recomendado pela EMBRAPA (1999).

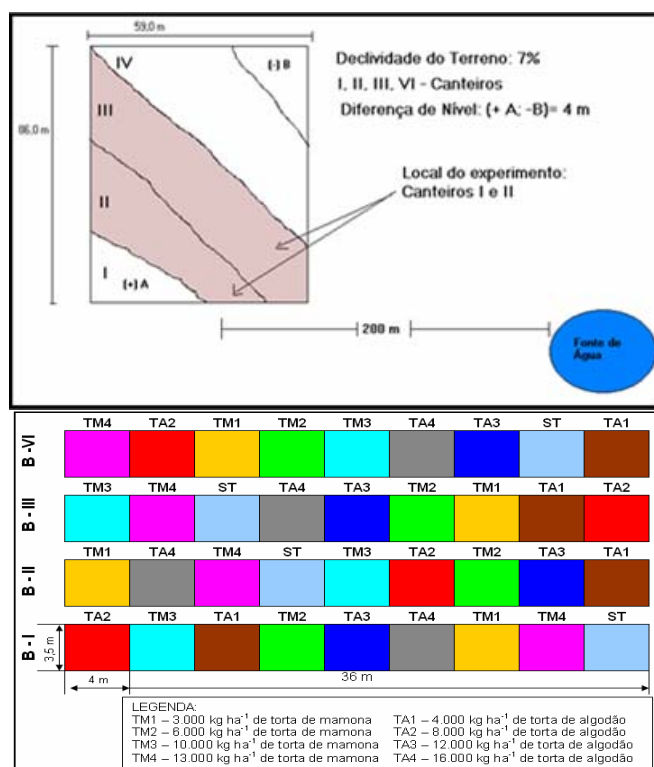


Figura 1. Croqui da área experimental e diagrama esquemático das parcelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão discriminados os resultados da análise de variância para a densidade do solo (Ds). Através do teste F pode-se verificar que a aplicação dos tratamentos proporcionou diferenças estatisticamente significativas a 5%.

Com aplicação do teste de Tukey (Figura 2A) constatou-se que houve diferenças estatísticas entre os valores da densidade do solo (Ds) quando submetidos aos tratamentos TM e TA em relação a qualquer uma das quantidades aplicadas por meio das duas fontes, quando comparadas com o tratamento testemunha (ST). Observa-se na Figura 2B que houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos de forma mais acentuada quando estes são comparados com o tratamento testemunha (sem adição de torta), indicando que as quantidades de matéria orgânica aplicadas ao solo por meio das duas fontes, foram capazes de melhorar a estrutura do solo.

Observa-se com a Figura 2A, que os valores médios da densidade do solo diferiram estatisticamente do tratamento testemunha, muito embora não tenham diferenciados entre si, exceto para o tratamento de 16.000 kg ha⁻¹ de torta de algodão (TA₄) que proporcionou os melhores resultados da densidade do solo (Ds), possivelmente devido ser o tratamento que incorporou maior quantidade de matéria orgânica no solo; nota-se ainda observando a Figura 2A que o valor da Ds tende se reduzir a partir dos tratamentos com 3.000 kg ha⁻¹ de torta de mamona (TM₁) e 4.000 kg ha⁻¹ de torta de algodão (TA₁).

Objetivando verificar as tendências e o comportamento da densidade do solo (Ds) realizou-se uma análise de regressão (Figura 2B). Na Figuras 2B, é possível observar que quando foram aplicadas no solo tortas de algodão e de mamona, a Ds tendeu a decrescer com um comportamento polinomial, indicando uma maior sensibilidade da Ds para o tratamento com 16.000 kg ha⁻¹ de torta de algodão (TA₄), tratamento este que forneceu maior quantidade de matéria orgânica (Figura 2A). Verifica-se na figura 1B, que a densidade do solo reduziu-se de forma polinomial negativa quando o solo foi submetido aos tratamentos com torta de algodão (TA) e torta de mamona. O melhor incremento da Ds, ocorreu quando o solo foi submetido ao tratamento TA4 (Figura 2B).

Tabela 1. Análise da variância da, densidade do solo (Ds), submetidas aos diferentes tratamentos

Fonte de variação	GL	QUADRADO MÉDIO
		Densidade do solo (Ds)
Tratamentos	8	0,0125*
Blocos	3	0,003ns
Resíduo	24	0,005
CV (%)		4,75

**, * e ns, respectivamente, significativo a 1 e 5% e não significativo

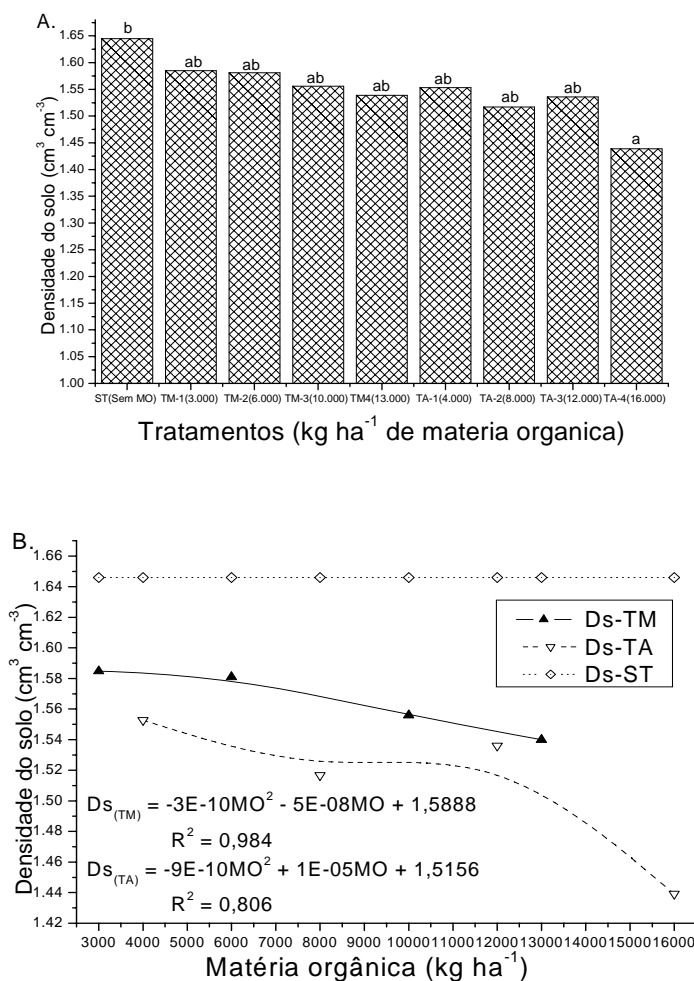


Figura 2. valores médios de densidade do solo (Ds), estudados quando o solo foi submetido as diferentes quantidades de torta de mamona e de algodão, Campina Grande, PB, 2006

CONCLUSÕES

Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos com matéria orgânica e o tratamento sem matéria orgânica diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade apenas do tratamento com torta de algodão na quantidade de 16.000 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. R. S. de. Características físico-hídricas dos solos da estação experimental da Embrapa-algodão: Variabilidade espacial. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1997. 78p. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) – UFPB, Universidade Federal da Paraíba, 1997.

ANDRADE, A. R. S. de. Aplicação da teoria fractal e da geoestatística na estimativa da condutividade hidráulica saturada e do espaçamento entre drenos. Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita” Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu, Botucatu, SP, 2002. (Tese de Doutorado)

AMÉRICO, J.L. Características Físicas e fator de Erodibilidade de Quatro Solos Representativos do Município de São Mamede Paraíba-Areia. Departamento de Solos e Engenharia Rural, CCA/UFPB, 87 p 1979. (Dissertação de Mestrado).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1997. 412p.

GUERRA, H.C. Física dos solos, 1 ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 173 p.

REICHARDT, K & TIMM, L. C. SOLO PLANTA E ATMOSFERA, Conceitos, processos e aplicações. Manole editora Piracicaba- São Paulo, 2004, 471p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ESTUDO COMPARATIVO DA AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSSÃO UTILIZANDO METODOLOGIAS CONHECIDAS

SOUSA, C. H. C.¹, SOUSA, A. E. C.², GOMES FILHO, R. R.³,
VALNIR JÚNIOR, M.⁴, LIMA, S. C. R. V.⁵ & CARVALHO, C. M. DE⁶,

¹Professor, M.Sc., Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – EAFI. Rodovia Iguatu-Várzea Alegre, CEP: 63.500-000 – Iguatu – CE. Fone (88) 9611 8016. e-mail: sousaibipina@yahoo.com.br

²Professor, M.Sc., Faculdade Tecnológica CENTEC – SOBRAL.

³Professor, D.Sc., Faculdade Tecnológica CENTEC – LIMOEIRO DO NORTE.

⁴Professor, D.Sc., Faculdade Tecnológica CENTEC – SOBRAL.

⁵Professor, Doutorando, Faculdade Tecnológica CENTEC – SOBRAL.

⁶Professor, M.Sc., Faculdade Tecnológica CENTEC – SOBRAL.

RESUMO: O sistema de irrigação localizada apresenta uma série de vantagens, quando comparado com outros sistemas, principalmente pelo uso econômico da água. No entanto para que esse sistema funcione adequadamente, é necessário um manejo correto e avaliações de campo que determinem parâmetros identificadores do grau de eficiência do sistema de irrigação. Este estudo foi realizado em uma área de 2,7 ha implantada com a cultura do COCO (*Cocos Nucifera* L.), pertencente à Fazenda Santa Helena, localizada no Perímetro Irrigado de Curu-Paraipaba no município de Paracuru-CE. Constituiu-se em avaliar um sistema de irrigação por microaspersão e para tanto se utilizou três metodologias diferentes: Keller & Karmelli, Bernardo e Christiansen. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que: A metodologia de Christiansen foi a única a apresentar coeficiente de uniformidade ideal para a irrigação localizada de acordo com as recomendações do Manual 36 da FAO. A eficiência de aplicação foi considerada baixa para todas as metodologias em empregadas

Palavras-chave: coeficiente de uniformidade, eficiência de aplicação, irrigação localizada.

COMPARATIVE STUDY TO EVALUATION OF THE LOCATED IRRIGATION SYSTEM (MICROIRRIGATION) USING KNOWN METHODOLOGIES

ABSTRACT: The located irrigation system presents many advantages, when it is compared with other systems, mainly the economic use of the water. However to this system functions adequately, it's necessary a correct management and evaluations in locus that determine the parameters relationed with values of the efficiency in the irrigation system. This study carried in a field of 2.7 ha cultivated with COCONUT (*Cocos Nucifera* L.), located in the Farm Saint Helena, at the Irrigated Perimeter of Curu-

Paraipaba, Paracuru City, Ceará, Brazil. This study consisted in evaluating an irrigation system type microaspiration under three different methodologies: Keller & Karmelli, Bernardo and Christiansen. Results showed that methodology of Christiansen was the only one to present ideal coefficient of uniformity for the located irrigation according with the recommendations of the Handbook 36 FAO. The application efficiency of the system was considered low for all the employed methodologies.

Key words: uniformity coefficient, application efficiency, located irrigation system.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste é altamente dependente da prática de irrigação para garantir a produção dos cultivos e atender a crescente demanda por alimentos, devido à má distribuição das precipitações pluviométricas. Nesta região, a agricultura irrigada cresce a cada dia e passa a ser uma atividade de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável do Nordeste, pelo aumento da produção e produtividade, permitindo desta forma, que se alcance a estabilidade de ofertas dos produtos agrícolas. Os sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão são indicados para serem utilizados em regiões onde existe escassez de água. Dentro desse contexto, observa-se um aumento substancial do emprego desses sistemas de irrigação, acarretando, por outro lado, uma crescente preocupação com relação à baixa eficiência de aplicação e a desuniformidade da distribuição de água que vêm sendo verificado em virtude do manejo inadequado da irrigação. A uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas e é considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação. Reduzidos valores de uniformidade determinam, em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e, ao mesmo tempo, podem proporcionar plantas com déficits hídricos, em significativa proporção da área irrigada (Scaloppi & Dias, 1996). O objetivo deste trabalho foi avaliar um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do coco, comparando três metodologias de autores diferentes que são: Keller & Karmelli, Bernardo & Christiansen, utilizando-se os parâmetros de coeficiente de uniformidade, coeficiente de uniformidade absoluta, eficiência de aplicação e coeficiente de variação da vazão para obter o método de avaliação do sistema de irrigação mais eficiente em campo a fim de mostrar ao produtor, medidas eficientes para o melhor aproveitamento da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Perímetro Irrigado Curu-Paraipaba no município de Paracuru - CE, numa área pertencente à Fazenda Santa Helena. No estudo, considerou-se uma área de 2,7 hectares, contendo 19 fileiras de plantas, com 18 plantas cada. O sistema de irrigação era constituído por linhas de polietileno com 16 mm de diâmetro e emissores do tipo



microaspersor autocompensante, com vazão de 55 L.h^{-1} , sendo um emissor por planta. Para a avaliação das vazões foram medidas primeiramente com base no método de Keller & Karmelli (1975) que sugere a seleção de quatro pontos na linha lateral e quatro pontos na linha de derivação distribuídos na seguinte forma: no início; a 1/3; a 2/3 e final da linha de derivação e início; a 1/3; a 2/3 e final da linha lateral. Após, foi utilizado o método dos oito pontos proposto por Bernardo (1995) onde foram selecionadas quatro posições na linha de derivação em funcionamento, as quais se encontravam nas seguintes posições: início; a 1/3; a 2/3 e final da linha de derivação. Posteriormente, foram selecionados oito pontos ao longo da linha lateral que são: início; 1/7; 2/7; 3/7; 4/7; 5/7; 6/7 e último da linha em funcionamento.

Finalmente, foi realizada a coleta das taxas de vazões utilizando-se o método de Christiansen, citado por Bernardo (1995) que consiste em coletar as taxas de vazões de todos os emissores da área em estudo. Os equipamentos usados para medir as taxas de vazão dos emissores foram um cronômetro e uma proveta graduada de 100 mL. Após a avaliação de campo calculou-se a média aritmética. Para a determinação do Coeficiente de Uniformidade (CU) das vazões utilizou-se a metodologia de Keller & Karmelli (1975) consistindo no quociente da média de 25% dos emissores de menores descargas (q_n) e a média das vazões (q_a) dos 16 emissores testados na área, para a metodologia dos oito pontos sugerida por Bernardo utilizando as equações de Keller e Karmelli (1975) consistindo no quociente da média de 25% dos emissores de menores descargas (q_n) e a média das vazões (q_a) dos 32 emissores testados na área. Posteriormente, calculou-se a média dos 342 emissores da área em estudo empregando-se a metodologia de Christiansen, citado por Bernardo (1995). Para calcular o parâmetro indicador da uniformidade de distribuição, denominado coeficiente de uniformidade (CU), utilizou-se a seguinte expressão:

$$CU = \frac{q_n}{q_a} \times 100 \quad (1)$$

em que:

q_n = média das 25% menores descargas dos emissores, em L.h^{-1} ; q_a = média das descargas de todos os emissores, em L.h^{-1} .

Para calcular o coeficiente de uniformidade de CHRISTIASSEN (CU), foi usada a expressão:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (2)$$

m que:

q_i = vazão de cada emissor em $L.h^{-1}$.

Para calcular o coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), foi usada a expressão:

$$CUa = \left[\frac{\frac{q_n + q_a}{q_a} - \frac{q_x}{q_a}}{2} \right] \times 100 \quad (3)$$

em que:

q_x = média do 1/8 das maiores descargas de todos os emissores, em $L.h^{-1}$.

Para o cálculo da eficiência de aplicação, utilizou-se a expressão:

$$Ea = Ks \times CU \quad (4)$$

em que:

Ks = coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 90%.

A variação em razão do processo de fabricação é medida pelo coeficiente de variação da vazão:

$$cv = \frac{\left[\left(\sum q_i^2 - n q_a^2 \right) (n-1)^{-1} \right]^{\frac{1}{2}}}{q_a} \quad (5)$$

em que:

cv = coeficiente de variação da vazão dos emissores em decimal; n = número de emissores testados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de vazão, coeficiente de uniformidade e eficiência de aplicação demonstrados nas três metodologias de avaliação são mostrados na Tabela 1. Observa-se que a vazão média encontrada para as três metodologias empregadas apresentaram valores inferiores aos recomendados pelas especificações do fabricante que é de $55 L h^{-1}$. Analisando os valores de coeficiente de uniformidade, percebe-se que apenas o CUC encontrado pela metodologia de Christiansen que apresentou valor entre os recomendados por Vermeiren (1997), que estão entre 85% e 95%. Por outro lado, o Cud obtido pela metodologia de Keller & Karmelli (1975) foi o que apresentou menor valor, sendo classificado por Bralts (1986) como ruim. Este mesmo valor do coeficiente de uniformidade de distribuição encontra-se classificado como regular (68% a



Tabela 1: Coeficiente de uniformidade e eficiência de aplicação empregados nas três metodologias.

Avaliações	Metodologias		
	Keller & Karmelli	Bernardo	Christiansen
$q_a (L\ h^{-1})$	45,85	46,49	47,24
$q_n (L\ h^{-1})$	31,72	37,86	37,41
$q_x (L\ h^{-1})$	55,38	56,56	58,22
CU (%)	69,18	81,45	87,50
CUa (%)	75,99	81,82	80,17
E_a (%)	62,26	70,30	78,75
Cv (%)	20,57	16,86	16,01

75%) de acordo com os valores recomendados por Assae (1996). Lopez et al. (1992), afirmam que o emprego desse coeficiente em avaliação de sistemas de irrigação localizada é o mais indicado, pois possibilita uma visualização mais clara com relação às plantas que estão recebendo mais água. Dos valores de coeficiente de uniformidade absoluta encontrados no teste, dois deles são classificados como bom segundo Bralts (1986). De acordo com o mesmo autor, o Cua para a metodologia proposta por Keller & Karmelli (1975) foi classificado como regular.

O sistema apresentou eficiência de aplicação variando de 62,26% a 78,75% para as metodologias empregadas, estando muito abaixo da faixa recomendada por Vermeiren (1997), que varia entre 90% e 95%. Considerando-se que em um sistema de irrigação podem ocorrer perdas por percolação profunda de até 10%, pode-se dizer que apenas a eficiência de aplicação obtida na metodologia de Christiansen, citado por Bernardo (1995) apesar de está abaixo da recomendada, pode ser aceitável. Os coeficientes de variação de vazão para as três metodologias empregadas foram elevados porém, os valores de coeficientes de variação atribuídos às metodologias de Bernardo (1995) e a de Christiansen, citado por Bernardo (1995), apesar de demonstrarem uma pequena elevação, podem ser considerados aceitáveis.

CONCLUSÕES

Os parâmetros de avaliação obtidos pela metodologia proposta por Christiansen, citado por Bernardo (1995) foram os que apresentaram melhores resultados. Essa melhor performance do método deve ser atribuída ao fato de se trabalhar com todos os emissores da área. Outro fator que pode está contribuindo para esta baixa eficiência pode está relacionado com a variação física do equipamento, devido ao tempo de uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2006. 611p.

BRALTS, V. F.; EDWARD, D.M.; WU. L. P. Drip irrigation design end evaluation based on statistical uniformity concept. In HILLEL, D. **Advances in irrigation**. Orlando: Academic Press, 1987. v.4, p. 67 – 117.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 651p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle Irrigation Desing**. Califórnia: Rain Bird Sprinkler, 1975. 133p.

SCALOPPI, J.E.; DIAS, K.F.S. **Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1996, Bauru. Resumos... Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD Rom.992, 369p.

VERMEIREN, L. **Irrigação Localizada**. Campina Grande: UFPB - Universidade Federal da Paraíba. (Estudos da FAO 36), 1997.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO CENTRO SUL DO CEARÁ ANTES E APÓS A CONSTRUÇÃO DO AÇUDE DE ORÓS-CE

LIMA, F. P.¹; OLIVEIRA, J. B.²; FERNANDES, R. A.³;
SILVA, L. L.³; FARIAS, C. D.³ & XEREZ, F. N. F. B.³.

¹Discente do Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, assis_p@hotmail.com.

²Prof. MS. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, joaquimbrancodeoliveira@gmail.com.

³Discentes do Curso Técnico Agrícola. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, rondipu@yahoo.com.br.

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a tendência temporal do regime das chuvas de 10 localidades da Região Centro Sul do Ceará. Foram utilizados dados de chuva de 77 anos em 10 localidades, obtidos junto a ADENE. Os dados tiveram sua homogeneidade testada pelo teste de run e a análise de temporal foi realizada pela técnica da regressão linear. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa pelo teste t da inclinação da equação de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados obtidos indicam há tendência de mudança no regime pluviométrico em algumas localidades quando se compara às séries anteriores com as posteriores a construção do Açude de Orós.

Palavras-chave: precipitação, tendência temporal.

ANALYSIS OF THE PRECIPITATION IN THE AREA SOUTH CENTER OF CEARÁ BEFORE AND AFTER THE CONSTRUCTION OF THE DAM OF ORÓS-CE

ABSTRACT The present study had as objective evaluates the temporary tendency of the regime of the rains of 10 places of the Area South Center of Ceará. Data of 77 year-old rain were used at 10 places, obtained from the ADENE. The data had his homogeneity tested by the run test and the storm analysis was accomplished by the technique of the lineal regression. The results showed that there was not significant difference for the test t of the inclination of the regression equation at the level of 5% of probability. The obtained results indicate there is change tendency in the regime of the precipitation in some places when it is compared to the series previous with the subsequent ones the construction of the Dam of Orós.

Key-words: precipitation, temporal tendency.

INTRODUÇÃO

Devido à possibilidade de mudanças do clima global provocada pelo aumento do efeito estufa, causado pela ação humana e em face do aquecimento global há a expectativa de que o fenômeno venha afetar mais intensamente o planeta. O aumento da temperatura global pode afetar o regime pluviométrico das precipitações, principalmente nas regiões semi-áridas afetando ainda mais a produção agrícola.

O comportamento das chuvas na região Nordeste sempre se constitui da preocupação dos que se dedicam às atividades agropecuárias na região. Por outro, as irregularidades das chuvas afetam a economia regional, dada a alta dependência desta ao setor agrícola (Silva et al., 1989).

No Ceará, RAPELLI & ALVES (1992) verificou que há irregularidade temporal na intensidade de precipitação bem acentuada do que se supunha embora nas regiões serranas a quantidade de chuva seja maior.

A dificuldade de detectar se há um aumento progressivo nas precipitações médias anuais está em modelar corretamente a tendência, em outros termos, de avaliação da estacionariedade de séries temporais.

Berlato et al. (1995), trabalhando com séries de precipitação de 74 a 78 anos no Rio Grande do Sul, verificaram que não há tendência de longo prazo da precipitação pluvial no RS, creditando as reduções e incrementos observados à flutuação natural da precipitação.

O objetivo do presente trabalho foi analisar a tendência temporal do regime pluviométrico anual das cidades de Solonópoles, Jaguaribe, Lima Campos, Icó, Iguatu, Cedro, Cariús, Várzea Alegre, e Acopiara, que compõem o entorno do Açude de Orós, bem como da média regional.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos de Solonópoles, Jaguaribe, Lima Campos, Icó, Iguatu, Cedro, Cariús, Várzea Alegre e Acopiara no Estado do Ceará foram obtidos da ADENE (Agência de desenvolvimento do Nordeste) no período compreendido entre 1913 e 1989, passando pelo teste de rum para verificar a homogeneidades das séries. As eventuais falhas dos 77 anos de precipitação foram preenchidas com base em estimativas conforme metodologia proposta por TUBELIS & NASCIMENTO (1980).

A análise da tendência temporal chuva foi realizada pelo o método clássico de análise de uma série temporal Z_t que pode ser escrito como (MORETIN e TOLOI, 1987) em três séries distintas: a série total, a série de 1930 a 1959 (30 anos antes da construção do reservatório de Orós) e a série de 1960 a 1989 (30 após a construção do reservatório).



$$Z_t = T_t + S_t + \alpha_t \quad (1)$$

Onde:

Z_t	série temporal;
T_t	tendência temporal da série;
S_t	componente sazonal da série;
α_t	termo aleatório da série;
t	Número de observações da série.

No caso em que os estudos são feitos utilizando os totais anuais da precipitação pluvial a componente sazonal é filtrada, ficando a análise dos totais anuais de precipitação da seguinte forma:

$$Z_t = T_t + \alpha_t \quad (2)$$

A tendência temporal foi estimada por um polinômio de primeiro grau (tendência linear) dado por:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (3)$$

Em que:

β_0	coeficiente linear da regressão;
β_1	coeficiente angular da regressão;
t	ano civil;

As estimativas dos coeficientes β_0 e β_1 foram feitas pelo método dos quadrados mínimos considerando-se o ano do calendário civil como variável independente, com β_1 sendo testado ao nível de 5% de significância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 fornece os dados da análise de tendência temporal para as 10 localidades estudadas mais a média da Região Centro Sul do Estado do Ceará.

No período de 1930-1950 a análise do coeficiente β_1 indica que houve redução no regime pluviométrico ($\beta_1 < 0$) em Jaguaribe, Icó, Cedro, Cariús, Iguatu, Várzea Alegre e na média da região (Figura 1a), enquanto que em Solonópoles, Lima Campos e Acopiara, o $\beta_1 > 0$ indica houve aumento da precipitação.

Analisando o período de 1960-1989, Orós, Cedro, Cariús, Várzea Alegre, Iguatu, Acopiara e Região Centro Sul (Figura 1a) apresentaram $\beta_1 > 0$, já Solonópoles, Jaguaribe, Lima Campos e Icó apresentaram $\beta_1 < 0$ indicando decréscimo de precipitação. Embora Jaguaribe e Icó apresentem $\beta_1 < 0$ antes e depois da construção do reservatório de Orós, em Jaguaribe há tendência de aumento da precipitação (de $\beta_1 = -8,055$ para $\beta_1 = -0,507 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$) enquanto que em Icó a tendência da precipitação é de queda (de $\beta_1 = -0,637$ para $\beta_1 = -2,276 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$).

Tabela 1 - Estatística da análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica anual de 10 cidades do Estado do Ceará e da Média da Região Centro Sul nos períodos 1930-1959, 1960-1989 e 1913-1989.

Local / Período	Média (mm)	β ₀ (mm)	β ₁ (mm)	Teste t	Local / Período	Média (mm)	β ₀ (mm)	β ₁ (mm)	Teste t
Solonópoles					Cedro				
1930-1959					1930-1959				
1960-1989	603,1	45,1	0,287	0,0731 ^{ns}	1960-1989	844,4	4722,2	-1,994	-0,3533 ^{ns}
1913-1989	801,3	6098,5	-	-0,5414 ^{ns}	1913-1989	1006,1	-4237,7	2,656	0,4110 ^{ns}
	729,8	-428,7	2,683	0,4172 ^{ns}		925,6	-2613,5	1,814	1,1359 ^{ns}
Jaguaribe					Cariús				
1930-1959			-	-1,3746 ^{ns}	1930-1959				
1960-1989	576,5	16240,2	8,055	-0,0902 ^{ns}	1960-1989	783,0	8767,7	-4,106	-0,7315 ^{ns}
1913-1989	748,3	1748,8	-	0,507 ^{ns}	1913-1989	1010,9	-23923,6	12,628	1,7405 ^{ns}
	678,2	-561,9	0,636	0,4319 ^{ns}		916,6	-2821,4	1,916	1,0671 ^{ns}
Lima					Várzea				
Campos					Alegre				
1930-1959	624,0	-8685,5	4,788	0,8621 ^{ns}	1930-1959	806,4	3175,3	-1,191	-0,2132 ^{ns}
1960-1989	782,4	19306,4	-	-1,8708 ^{ns}	1960-1989	1097,1	-7416,7	4,312	0,8093 ^{ns}
1913-1989	692,2	-3716,3	2,260	0,4172 ^{ns}	1913-1989	989,2	-3537,8	2,320	1,5780 ^{ns}
Icó					Acopiara				
1930-1959			-	-0,1488 ^{ns}	1930-1959				
1960-1989	646,4	1885,2	0,637	-0,4178 ^{ns}	1960-1989	696,1	-119,2	0,419	0,1051 ^{ns}
1913-1989	806,0	5299,6	-	0,5536 ^{ns}	1913-1989	868,3	862,6	0,003	0,0005 ^{ns}
	742,3	-684,9	0,732			783,6	-2911,0	1,894	1,3952 ^{ns}
Orós					Iguatu				
1930-1959	708,5	5233,3	-	-0,4603 ^{ns}	1930-1959	701,0	-1489,6	1,127	0,2217 ^{ns}
1960-1989	825,9	-	2,327	1,4198 ^{ns}	1960-1989	879,0	-9497,8	5,255	0,7978 ^{ns}
1913-1989	825,9	17609,6	9,394	1,7632 ^{ns}	1913-1989	793,2	-3534,9	2,218	1,5345 ^{ns}
		-4649,1	2,806						
Local / Período					Média da Região				
					Média da Região				
					1930-1959				
					1960-1989				
					1913-1989				



Considerando todo o período (1913-1989), em todas as localidades estudadas, o coeficiente β_1 foi maior que zero, indicando aumento na precipitação regional (Figura 1b) em média de $1,719 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$.

As localidades que tiveram sua tendência de precipitação alteradas, estão na trajetória da corrente de ventos “Aracati”, sendo essa, aliada ao grande espelho d’água, a possível causa de mudança da tendência da precipitação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que apesar de não apresentar mudança significativa à longo prazo, houve variações na precipitação nos pequenos intervalos de tempo.

Nas localidades a barlavento da corrente de ventos “Aracati” em comparação com as localidades a sotavento, ocorreram mudanças na tendência da precipitação, embora sejam não significativas pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Faz-se necessário verificar o comportamento da precipitação pluvial em outras regiões do Estado com e sem grandes reservatórios a fim de verificar se os grandes açudes influenciam ou não o regime pluviométrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Séries temporais: métodos quantitativos**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987. 136 p.
- SILVA, B. B. da, KUMAR, K. K., LACERDA, F. F. Início Duração da Estação de Cultivo mais Prováveis em São Gonçalo-PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, VI, 1989, Maceió-Al. **Anais...** Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 57-78, 1989.
- REPELLI, C.A; ALVES, J.M.B.. Variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El-Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7, n. 2, p. 583-592, 1992.
- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva**. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ESTIMATIVA PROBABILIDADE DE CHUVA POR FUNÇÕES DE DENSIDADE DE SENHOR DO BONFIM-BA

SILVA, I. N.¹; OLIVEIRA, J. B.²; UCHOA, P. H. A.;
OLIVEIRA, A. C.¹; GONÇALVES, J. L. G.² & CARVALHO, F. W. A.²

¹Discente do Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, assis_italonunes.igt@hotmail.com;

²Profs. MS. Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, Caixa Postal 38, CEP 63500-000, joaquimbrancodeoliveira@gmail.com.

RESUMO - No presente trabalho foi analisado as distribuições de probabilidade exponencial, gama, log-normal, normal, Weibull e Gumbell. Os testes, não-paramétricos, de qui-quadrado e de Kolmogorov-Smirnov foram utilizados para verificar a aderência das probabilidades estimadas às frequências observadas. O presente trabalho teve por objetivo: testar o ajuste de diferentes funções densidade de probabilidade aos dados pluviométricos da Cidade de Senhor do Bonfim-BA.

Palavras-chave: precipitação, densidade de probabilidade, probabilidade.

ABSTRACT - In this work was analyzed the distributions of exponential probability, it loves, log-normal, normal, Weibull and Gumbell. The no-parametrics of the tests, of the qui-square and of Kolmogorov-Smirnov were used to verify the adherence of the dear probabilities to the observed frequencies. The objective of the present work was: to test the adjustment of different functions, density of probability to the data pluviométricos of the Senhor do Bonfim City in Bahia State of Brazil.

Key words: precipitation, probability density function, probability.

INTRODUÇÃO

O aproveitamento adequado dos recursos hídricos requer o uso de técnicas de planejamento que se baseiam, principalmente, na estimativa das probabilidades associadas a precipitação. Nesse sentido, a aplicação de funções de densidade de probabilidade aos dados de



precipitação observados como instrumento para tentar prever a quantidade e a ocorrência de precipitações, é de fundamental importância para o planejamento do uso dos recursos hídricos.

Segundo CATALUNHA et al. (2002), o uso de funções densidade de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que ela se relacionam. Algumas têm boa capacidade de estimação para pequeno número de dados, outras requerem grandes séries de observações.

A forma das equações mais utilizadas depende do número de parâmetros que ela contém. Algumas são mais elegantes podendo assumir diferentes formas, adaptando-se em um número maior de situações, outras são mais conservadoras não conseguindo se adaptar a situações além daquela para qual foram originalmente elaboradas.

Esses modelos de Distribuição são resumidos para indicar dados de frequência e de precipitações de modo a facilitar a sua compreensão e apresentam fórmulas ou equações que delimitam o seu modelo graficamente.

O presente trabalho teve por objetivo: testar o ajuste de seis funções densidade de probabilidade ao total pluviométrico anual da Cidade de Senhor do Bonfim-BA.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 75 anos de um posto pluviométrico pertencente Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE) situado à 10° 27' S de latitude, 40° 11' W de longitude oeste e 544 m de altitude em Senhor do Bonfim-BA, no Nordeste do Estado.

A consistência dos dados foi verificada pelo teste de Run conforme procedimento descrito na nota técnica nº 81 (THOM, 1966). Para fins de análise a precipitação foram considerado somente os totais anuais de chuva.

As distribuições normal, exponencial, gama, de Gumbel foram utilizadas conforme os procedimentos descritos por ASSIS et al. (1996) e as distribuições de Weibull e log-normal de acordo com os procedimentos descritos por CATALUNHA et al. (2002).

O ajustamento das distribuições foi verificada através testes Qui-quadrado ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de homogeneidade mostrou que é possível usar todo o período (1911-1985) como uma única série em Senhor do Bonfim-BA.

A função exponencial apresentou grande oscilação (Figura 1a e 1b), sendo significativa tanto ao nível de 1 quanto de 5 % pelo teste qui-quadrado, não fornecendo ajuste adequado as frequências observadas.

As funções de distribuição de probabilidade normal, log-normal, weibull, gama e gumbel, foram não significativas aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, demonstrando que não existem diferenças entre a frequência observada e esperada verdadeira a hipótese de nulidade (Figura 1c, 1d, 1e, 1f e Figura 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f).

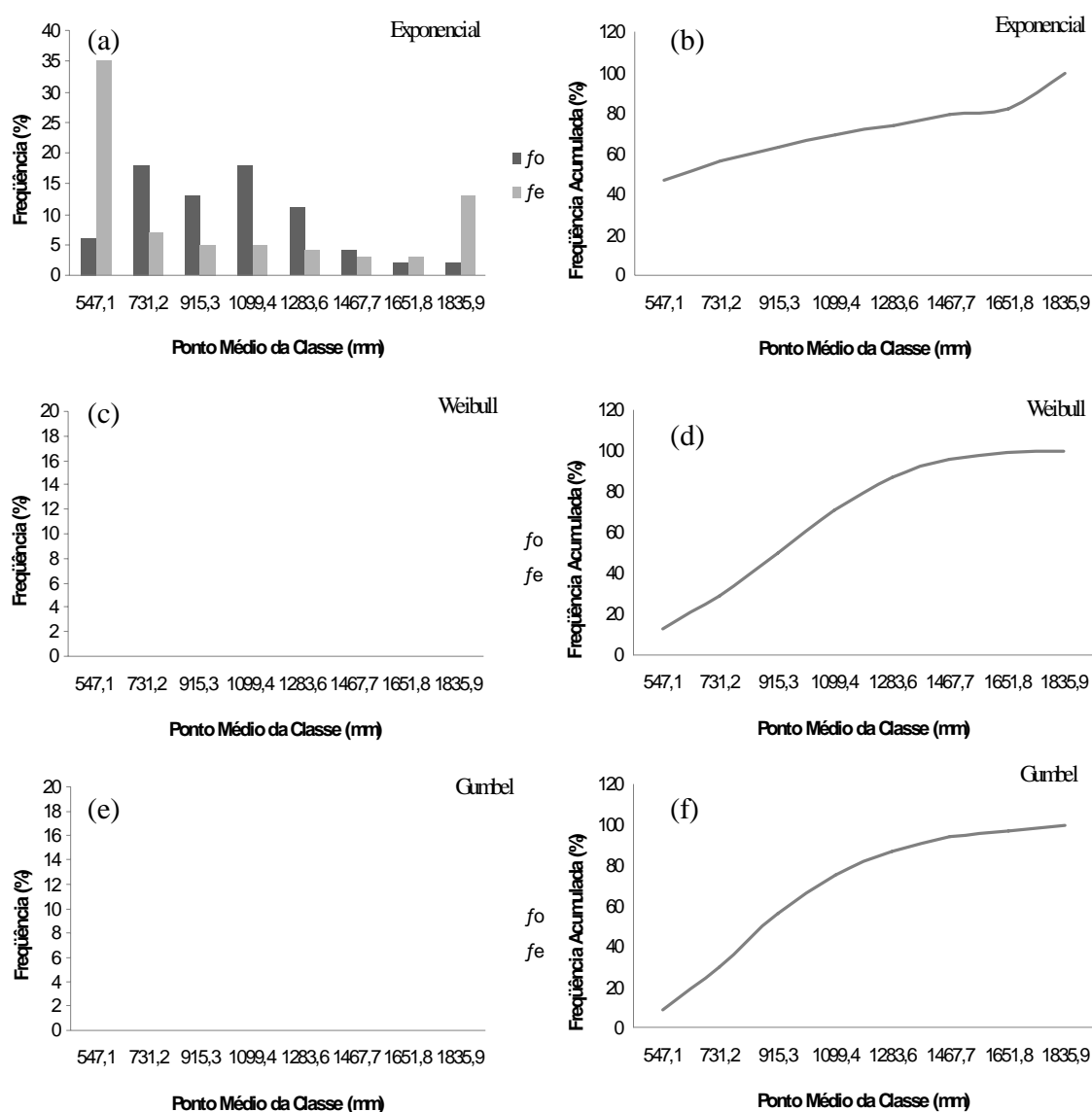


Figura 1 – Frequência observada, frequência esperada e frequência esperada acumulada das funções de densidade de probabilidade exponencial, weibull e gumbel.

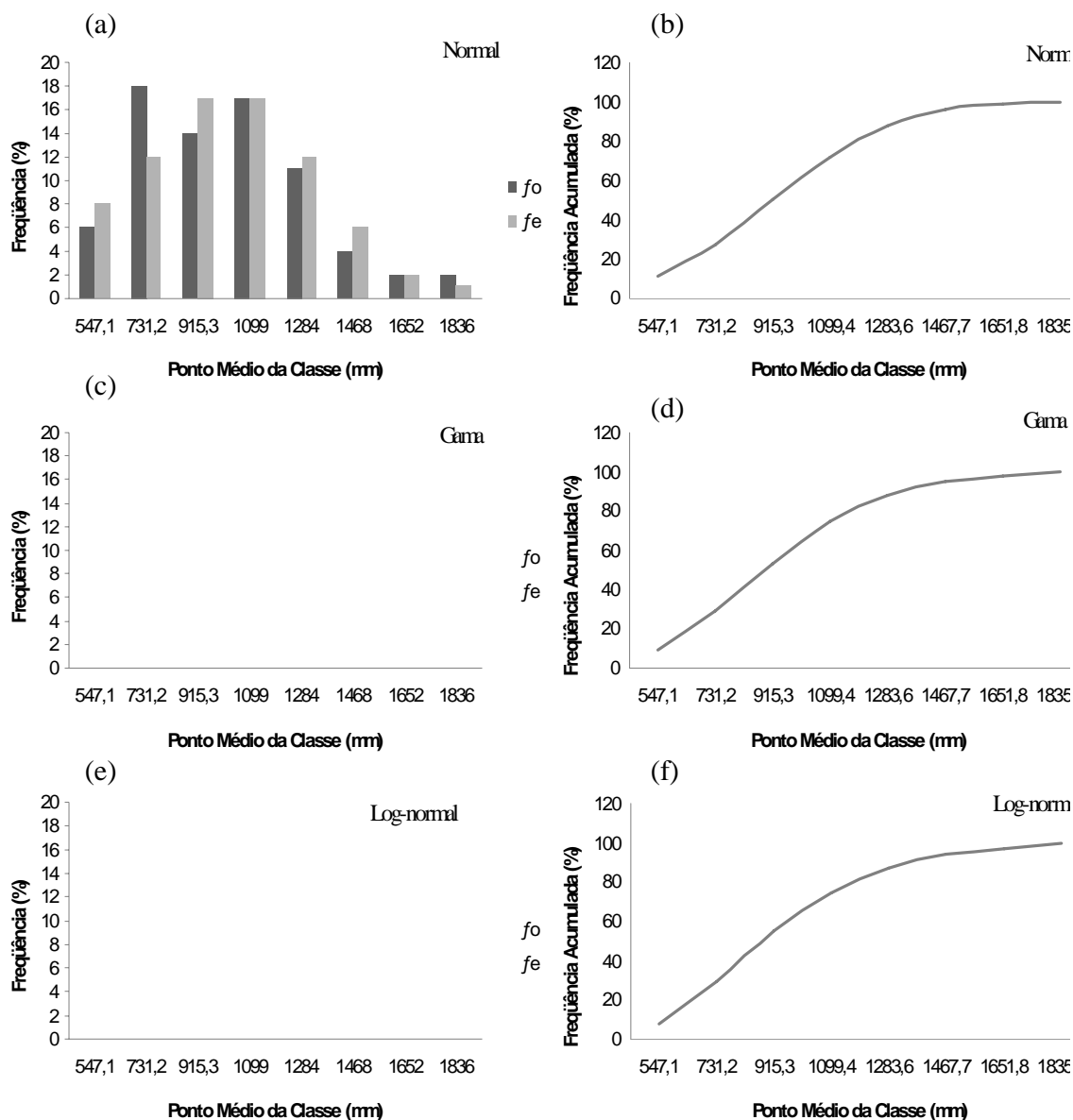


Figura 2 – Frequência observada, frequência esperada e frequência esperada acumulada das funções de densidade de probabilidade normal, gama e log-normal.

CONCLUSÕES

O teste qui-quadrado para a função exponencial rejeitou a hipótese de nulidade entre as frequências observadas e esperadas, sendo significativo tanto a 1 quanto a 5% de probabilidade indicando que ela não se ajusta as frequências esperadas.

As funções normal, gumbel, log-normal, gama e weibull podem ser aplicadas para Senhor do Bonfim, resultando em boas estimativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicação de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária, 1996. 161p.
- CATALUNHA, M.J., et all. **Avaliação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- THOM, H.C.S. **Some methods of climatological analysis**. Geneva: World Meteorological Organization, 1966, (Reprinted in 1971). 53 p. (Technical Note, nº 81).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ARTIGO TÉCNICO

CULTIVO SEM SOLO: ALTERNATIVAS PARA O SEMI-ÁRIDO

MELO, P. R. A.¹

¹Professor MsC, Centro Vocacional Técnico do Crato, Av Padre Cícero 1260, cvtec_crato@centec.org.br. Crato, Ce. Fone: (088) 3521-4690. e-mail: hidroponiaguiar@ig.com.br

RESUMO: O cultivo sem solo, através da sub-irrigação em sistema inerte e fechado, permite uma melhor eficiência na irrigação e fornecimento dos nutrientes, sem perdas e contaminações ao meio ambiente. Permite o reuso da água e exploração agrícola em áreas degradadas ou não agricultáveis. O sistema consiste no fornecimento de uma solução nutritiva, através de canaletas de cultivo niveladas, que pelo do método do pávio dosam o suprimento hídrico e nutricional de acordo com as necessidades das plantas e das condições físicas do substrato utilizado. Os canais podem apresentar dimensões variadas, mas em geral possuem uma sub-câmara onde permanecerá a solução nutritiva protegida da luminosidade. A solução nutritiva era elevada até o substrato, orgânica ou inerte, através de pávio de algodão distribuído no comprimento das canaletas, disponibilizando ao sistema radicular as reais necessidades das culturas. O trabalho foi realizado em empresa concedente de estágios curriculares a alunos do curso de Recursos Hídricos – Irrigação da Faculdade Tecnológica – FATEC – CARIRI.

Palavras-chave: hidroponia, sub-irrigação.

ABSTRACT: The culture without ground, through the sub-irrigation in inert and closed system, allows to one better efficiency in the irrigation and supply of the nutrients, without losses and contaminations to the environment. It allows reuse it of the water and agricultural exploration in degraded or inwokable areas. The system consists of the supply of a nutritional solution, through leveled narrow channels of culture, that for the one of the method of the Wick System dose the water and nutrient suppliment in accordance with the necessities of the plants and the physical conditions of the used substratum. The narrow channels can present varied dimensions, but in general they possess a sub-chamber where it will remain the protecting nutritional solution of the luminosity. The nutritional solution will be raised until the substratum, organic or inert, through pavio of cotton distributed in the length of the narrow channels, disposing to the system to roots the real necessities of the cultures. The work was carried through in company concede of curricular periods of training the pupils of the course of Waters Resources - Irrigation of Technological College - FATEC - CARIRI.

Keywords: hidroponics, sub-irrigation.

INTRODUÇÃO

Considerando um solo agricultável normal, é muito difícil manejá-lo, de forma que as plantas nele cultivadas consigam no mesmo os alimentos que lhes são necessários. Mesmo fertilizando esse solo corretamente, os nutrientes essenciais às plantas são dele desviados pelas águas da chuva ou da irrigação artificial, perdendo-se para áreas superficiais não utilizáveis, para cursos de águas, e mesmo para o sub-solo, atingindo até os lençóis freáticos (Bernardes, 1999). O cultivo sem solo, também denominado de hidroponia, tem se destacado como um importante meio de produção vegetal nas grandes cidades, sobretudo na produção de hortaliças folhosas.

Existem várias maneiras de praticar-se a hidroponia, as quais se denominam como sistemas hidropônicos. Estes sistemas podem ser divididos em dois grupos básicos: os Sistemas Ativos e os Sistemas Passivos. Os sistemas ativos são os mais utilizados atualmente, consistem no fornecimento da solução nutritiva através de um filme de nutrientes, com a recirculação da solução nutritiva. Os sistemas passivos, a solução nutritiva permanece estática, e é conduzida às raízes das plantas, geralmente, por capilaridade (Furlani, 1998). Isto se consegue, utilizando-se um meio de cultura de alto poder capilar, adicionado de um pavio, como aquele utilizado em lamparinas ou em lâmpadas de óleo. Quando se utiliza um pavio, o sistema é denominado como Sistema de Pavio, ou, utilizando o termo em Inglês, Wick System.

No Brasil, os cultivos hidropônicos podem ser encontrados ao redor de grandes centros urbanos e em muitos já superando empecilhos climáticos e de informação, como na região norte e nordeste do país (Martinez 1997).

No estado do Ceará, a hidroponia comercial iniciou-se na década de 90 e atualmente existem cerca de 10 produtores comerciais em todo estado, entretanto ainda persiste a não utilização correta da técnica, a má adequação do sistema e falhas na sua execução devido quase que totalmente à importação de tecnologias adequadas a outras regiões de condições climáticas diferentes das locais (Guazzzelli 2000).

Hortaliças folhosas de grande massa foliar, hortaliças fruto e raízes comestíveis tem sido alvo de estudos no sistema de pavio pois não acometem êxito nos sistemas hidropônicos convencionais - NFT. O missivo artigo demonstra que o sistema de pavio, com uma sub-câmara contendo a solução nutritiva e um substrato, geralmente inerte, é possível a produção de raízes e hortaliças em regiões típicas do semi-árido (Melo 2002).

DESCRIÇÃO DO ASSUNTO

Algumas culturas têm dificuldade em se desenvolver no cultivo hidropônico pela necessidade de fixação no meio de cultivo, caracterizado na propriedade de estrutura do solo. O



equilíbrio e a disposição foliar durante o desenvolvimento de hortaliças folhosas têm ocasionado o surgimento de adaptações e técnicas de cultivo sem solo, geralmente utilizando substratos. A sub-irrigação pelo método do pavio, com substrato inerte, tem sido utilizado no interior do Estado do Ceará, no município de Juazeiro do Norte, com resultados promissores para a cultura da alface americana.

A alface pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledoneae, ordem Campanulales, família Compositae espécie *Lactuca sativa* L. A alface é considerada uma cultura para uso em salada devido ao seu consumo ser in natura (Joly, 1975).

As raízes são do tipo pivotante, podendo atingir até 60 cm de profundidade, porém apresentam ramificações delicadas, finas e curtas, explorando os primeiros 25cm do solo. Trata-se de uma planta anual que não exige época fria para o florescimento e que sua fase vegetativa termina quando o máximo desenvolvimento em suas folhas e a emissão de um pendão que pode chegar até 100 cm de altura, terminando por uma inflorescência ramificada, com numerosas flores hermafroditas (Filgueiras 1982).

As numerosas cultivares existentes no mundo ocidental podem ser classificadas considerando-se o aspecto das folhas e o fato das mesmas reunirem-se ou não para formarem cabeça repolhuda, em cinco grupos a saber: repolhuda manteiga, repolhuda crespa, solta lisa, solta crespa e romana, todas com características específicas obtidas através do melhoramento vegetal (Filgueiras, 1982) .

A cultura do alface é a que mais tem sido usada em sistemas hidropônicos devido a mudanças, através do melhoramento genético, de cultivares melhor adaptadas ao sistema NFT (Jensen, 1997).

Com o avanço tecnológico e com a implantação do cultivo protegido e da hidroponia esses índices alcançaram marcas de 30% de crescimento ao ano (Vecchia, 1999)

Cultivares de folhas crespas (Brisa, Marisa e Verônica) produzem maior biomassa seca e fresca que as cultivares de folhas lisas (Elisa e Regina) para as condições climáticas do estado do Ceará (Guazzelli, 2000).

A cultivar repolhuda mais utilizada atualmente no estado do Ceará para o cultivo hidropônico é a da variedade Lucy Brow, cujas sementes são peletizadas e pré-germinadas, garantido a eficiência no processo de germinação e bom desenvolvimento durante a fase inicial do cultivo (Melo, 2002).

A alface americana caracteriza-se por apresentar folhas largas, lisas, suculentas e crocantes, além de formarem cabeça. O peso médio é de 450 gramas aos 50 DAS e o manejo nutricional e condições de cultivo seguem recomendações para as demais variedades e sistemas de cultivo.

A alface americana precisa de apoio radicular para favorecer o seu desenvolvimento uniforme da parte central. Quando cultivada em NFT (técnica do filme de nutrientes) a alface americana não forma cabeça nem atinge o peso médio de 450 gramas, por tais motivos a sub-irrigação por pávio, utilizando uma calha de polipropileno, denominada de calha autocompensadora tem demonstrado resultados satisfatórios e importantes a se denotar.

A calha autocompensadora possui um reservatório inferior do qual um “pávio” traz a solução para umedecer o substrato que se encontra na parte superior e de onde a planta vai retirar a água e os minerais de que necessita. Assim, à medida em que a planta vai consumindo a solução nutritiva do substrato o pávio, por uma diferença osmótica e por capilaridade vai repondo automaticamente.

O micro reservatório possui uma micro bóia que regula o fluxo da solução nutritiva que vem do reservatório principal. Esta bóia suporta uma altura manométrica de até 8m de altura e mantém o nível da solução no micro reservatório sempre na altura certa. (FIGURA 1)

A partir do micro reservatório, pela parte de baixo sai um microtubo que se une com a parte de baixo da calha onde se localiza o reservatório. E por ser colocado no mesmo nível do reservatório da calha, por vasos comunicantes ele abastece o reservatório da calha, de maneira totalmente automática. (Figura 1)

Esse sistema já é utilizado experimentalmente em Universidades do Sul e Sudeste, assim como já é utilizado comercialmente por alguns produtores hidropônicos.

No município de Juazeiro do Norte-Ce é utiliza-se a calha autocompensadora com substrato único de vermiculita e com a solução nutritiva recomendada por Furlani, conforme Tabela 1.

O manejo da condutividade elétrica e pH são realizados diariamente, e a adição de fertilizantes se dava sempre ao se atingir CE inferior a 1,0mS-cm, sendo renovada a solução nutritiva a cada 30 dias de utilização (FaquiN, 1999).

Tabela 01 - Concentração de macro e micronutrientes para solução nutritiva utilizada no sistema hidropônico com calha autocompensadora para alface americana cv. Lucy Brow, Juazeiro do Norte, CE. 2007.

Macronutrientes	g / 1000 litros	Micronutrientes	g / 1000 litros
Nitrato de Cálcio	850 – 1000	Ácido Bórico	2,0
Nitrato de Potássio	450 – 600	Sulfato de Zinco	0,5
Fosfato Monoamônico	100 – 150	Sulfato de Cobre	0,1
Sulfato de Magnésio	250 – 400	Sulfato de Manganês	2,0
		Molibdato de Sódio	0,1
		Fe – EDTA (20%)	15,0

Fonte: (FURLANI, 1999)



FIGURA 01– Modelo de calha autocompensadora, com detalhes do pavio de algodão e da sub câmara, utilizadas no cultivo da alface americana, variedade Lucy Brow, Juazeiro do Norte, CE. 2007.

CONCLUSÕES

A sub-irrigação pelo método do pavio, com o auxílio da calha autocompensadora com a subcâmara já desenvolvida comercialmente para este fim, possibilita sobretudo a reutilização da solução nutritiva em cultivos hidropônicos comerciais, que antes eram descartadas; Possibilita a maximização dos recursos hídricos e dos nutrientes adicionados na solução nutritiva, dispensa energia elétrica e permite um auto ajuste de potencial hídrico e de concentração salina no substrato utilizado de acordo com as necessidades da cultura. O cultivo de hortaliças através deste método dispensa o uso do solo natural, possibilita o cultivo em áreas não agricultáveis e apresenta índices de produtividade superior ao cultivo convencional.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

BERNARDES, L.J.L. , CARMELLO, Q.A.C. A solução nutritiva. Hidropomanias & Cia, Chaqueada, SP, n.2, p.6, 1996.

FAQUIN, V. & FURLANI, P.R. Cultivo de Hortaliças de Folhas em Hidroponia em Ambiente Protegido. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, 1999. v.20, n.200/201, p 99-104.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Oleicultura: cultura e comercialização de hortaliças \ 2. ed. rev. e ampl. - São Paulo : Ed. Agronômica Ceres, 1982. cap 03. 357p.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NTF. Campinas, Instituto Agronômico, 1998. 30p. (Boletim Técnico 168)

GUAZZELLI, E.S., Cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico: Dissertação de doutorado. Fortaleza, 2000. 97p.

JOLY, A.B. Botânica: Introdução à taxonomia vegetal. 2. Ed. São Paulo: Nacional; Universidade de São Paulo, 1975. P 628-638.

JENSEN, M.H. Hydroponics. HortScience, Alexandria, VA, v. 32, n. 6, p. 1018-1021, 1997.

MARTINEZ, H.E.P. Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais. Jaboticabal, FUNEP, 1997. 31p.

MELO, P.R.A. Aspectos gerais do cultivo hidropônico da alface, no sistema NFT, submetido a diferentes coberturas e suportes das plantas, Fortaleza, 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Ceará, UFC.

VECCHIA, P. T. D & KOCH, P. S. História e Perspectivas da Produção de Hortaliças em Ambiente Protegido no Brasil. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, 1999. v.20, n.200/201, p5-10.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ARTIGO TÉCNICO SUB IRRIGAÇÃO EM CRISÂNTEMOS DE VASO

MELO, P.R.A.¹

¹Professor MsC, Centro Vocacional Técnico do Crato, Av Padre Cícero 1260, cvtec_crato@centec.org.br. Crato, Ce. Fone: (088) 3521-4690. e-mail: hidroponiaguair@ig.com.br

RESUMO: A irrigação de flores decorativas e mini-margaridas são realizadas em sua maioria sob irrigação localizada, onde há perdas por lixiviação e ou salinização do substrato. No cultivo hidropônico de crisântemos em vaso, a solução nutritiva chega ao sistema radicular através da sub-irrigação, penetrando pelos orifícios dos vasos e restando-se no substrato geralmente inerte. Essa técnica, também denominada de DFT (Deep Technique Film) permite a recirculação, oxigenação e a reutilização da solução nutritiva, possibilita um incremento na produtividade e principalmente mantém as condições de solo e meio ambiente inalterado, mostrando-se viabilidade técnica e econômica.

palavras-chave: Crisântemo, Hidroponia

SUMMARY: The irrigation of decorative flowers and mini-daisies is carried through in its majority under located irrigation, where it has losses for leaching and or salinization of the substratum. In the hydroponics culture of flower in vase, the nutritional solution arrives at the system to roots through the sub-irrigation, penetrating for the orifices of the vases and holding back themselves in the generally inert substratum. This technique, also called of DFT (Deep Technique Film) allows the recirculation, oxygenation and the reutilizes of the nutritional solution, makes possible an increment in the productivity and mainly it keeps the ground conditions and unchanged environment, revealing to viability economic and technique.

Keywords: Chrysanthemum, hydroponics.

INTRODUÇÃO

O uso de tensiômetros no monitoramento da irrigação resultou em níveis de tensões ótimas na faixa de -1 a -5 Kpa para o crisântemo em vaso. Esses autores demonstraram que quantidades excessivas de água são usadas na produção comercial do crisântemo, e que uma mesma qualidade comercial pode ser obtida utilizando-se menor lâmina de água total no ciclo (Farias *et al*, 2005).

A maior parte da água que absorve a planta se perde no processo de transpiração. Uma pequena quantidade de água se utiliza nos processos de crescimento e outra parte está involucrada nos processos de hidratação e desidratação dos diferentes órgãos (Método, 2006).

O cultivo na água, "floating", as plantas ficam dispostas em vasos ou bandejas de isopor com a solução nutritiva em forma de uma lâmina profunda (5 a 20cm), ficando as raízes submersas e sem a existência de canais, mas com uma mesa plana onde circula a solução através de um sistema de entrada e drenagem características (Bolonhezi et al., 1999).

A solução nutritiva é o principal instrumento técnico para uma perfeita eficiência e sucesso do cultivo hidropônico, pois ela deve conter todos os macro e micronutrientes essenciais ao bom desenvolvimento vegetal (Faquin et al. 1996).

O crisântemo dos floristas, ou *Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitam. (sin. *D. grandiflora* Tzvelev., *D. morifolia* Ramat. e *Chrysanthemum morifolium* Ramat.) família Asteracea, e um híbrido complexo, que se produzido por semente segrega em muitas formas diversas. A maioria das espécies que compõem as linhagens dos cultivares atuais são originados da Ásia, em especial da China. A palavra crisântemo significa flor dourada. Existem relatos de seu cultivo há mais de 2000 anos como flor de jardim na Ásia, sendo ela a flor nacional do Japão (Gruszynski, 2006).

O crisântemo tem sido melhorado e selecionado, e não só em relação ao formato e cor, mas também na sua adequação ao cultivo durante o ano todo, resistência ao frio e calor, e também, na sua resistência pós-colheita. Com técnica desenvolvida para controle da produção pelo número de horas escuras do dia, o que permitiu a colheita durante o ano todo, a produção foi voltada inicialmente para corte e posteriormente para plantas em vaso (Gruszynski, 2006).

O crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) é uma planta ornamental com grande demanda pelo mercado consumidor. Apesar de haver pouca informação sobre a exigência hídrica, sabe-se que irrigações deficitárias ou excessivas prejudicam seu desenvolvimento reduzindo a produtividade e qualidade (Farias & Saad, 2005).

As plantas ornamentais principalmente as de ciclo curto, por possibilitarem alto retorno econômico, adequam-se bem ao cultivo sob hidroponia. O cultivo hidropônico resulta em flores de melhor qualidade, no aspecto nutricional e fitossanitário, com conseqüente aumento na vida pós-colheita (Barbosa, 2003).

O crisântemo é uma planta de dia curto (PDC), com fotoperíodo crítico de 13 horas. Assim, para que ocorra o crescimento vegetativo, é necessário comprimento do dia maior que 13 horas, enquanto, sob comprimento do dia abaixo de 13 horas haverá indução ao florescimento.



Aplicação de dias longos (DL) é feita usando-se lâmpadas incandescentes ao longo dos canteiros de plantio. Na suplementação luminosa contínua aplica-se 4 horas de luz durante a noite no inverno e 3 horas durante o verão.

O dia curto (DC) é obtido pelo uso de plástico ou pano preto, cobrindo-se totalmente o canteiro, para obter-se 10 horas de luz. Nos dias mais curtos do ano, geralmente a partir de abril-maio, pode-se aplicar o dia curto natural (Barbosa, 2003).

As variedades para cultivo em vaso devem apresentar as seguintes características: emitir brotações laterais vigorosas, planta com formato adequado, produzir flores rapidamente em hastes curtas, crescimento baixo ou médio.

As variedades para vaso em geral tem tempo de reação de 8 a 9 semanas, resultando em um ciclo de produção total em torno de 12 semanas. Os fornecedores das estacas dispõem de variedades específicas, adaptadas às condições de produção. As variedades brancas e principalmente as brancas decorativas são as preferidas no mercado, chegando a representar 40% do total. Depois vêm as amarelas, vermelhas e as demais cores (Gruszynski, 2006).

A vermiculita é um substrato de origem mineral originado da alteração de uma rocha denominada MICA. Quando exposta a um choque térmico, a vermiculita expande-se formando blocos levíssimos, com grande volume de vazios o que faz com que ela possa absorver de quatro a cinco vezes o seu próprio peso em água (Castellane, 1995).

De acordo com Douglas (1987), vermiculita é um mineral classificado como silicato hidratado de alumínio e magnésio. O produto resultante é estéril, leve, com elevada capacidade absorvente de reter água e ar.

O cultivo em vermiculita (V) - substrato mineral inerte, originado do aquecimento a 1090⁰C do mineral mica, apresenta uma granulometria específica (número 4 - 0,75-1,0 mm) para o cultivo hidropônico.

DESCRIÇÃO DO ASSUNTO

Ensaio preliminares demonstraram a possibilidade de se cultivar crisântemos em vasos através de sub-irrigação com solução nutritiva, tornando o meio de cultivo fechado e inerte.

Foram testadas variedades de crisântemo decorativo e minimargaridas para vasos nº 11 e nº 13, assim como o número de estacas por vaso. Também foram testados substratos diversificados submetidos a uma altura da lâmina de solução nutritiva circulante.

As variedades testadas foram White Cherrie e Giovani como mini margaridas e as Fine Time e White Diamond como decorativas, sendo adquiridas da DEKER DE WIT – Agri floricultura, Holambra-SP e enraizadas em bandejas de 128 células com vermiculita.

Para o processo de enraizamento, as mudas receberam 4 horas de luz extra no início da noite e 7 dias após o plantio, as bandejas eram colocadas em solução nutritiva e recebiam mais 7 dias de luz.

Após 15 dias do plantio as mudas foram transplantadas para os vasos de Nº 11 e nº 13 tendo como substratos areia lavada, fibra de coco e vermiculita, assim como mistura entre si na proporção de 50%. Esses vasos ficaram dispostos ao acaso, em estufa tipo túnel, sendo 3 mudas por vaso Nº11 e 4 mudas para vasos nº13. (Figura 01)

A lâmina de solução nutritiva foi testada em três níveis de profundidade e sua composição a recomendada pelo IAC e encontra-se na Tabela 1.

Para permitir a recirculação da solução nutritiva, piscinas de alvenaria foram construídas, dispondo um adaptador lateral que possibilitava o retorno da solução ao atingir o nível dinâmico requerido para cada parcela. Essa solução retornava para um reservatório de 3.000 litros, também em alvenaria protegida por tinta asfáltica (Neutrol), onde era oxigenada e a cada 30 minutos era disposta a recirculação novamente. O acionamento do conjunto motobomba era automático, realizado por controlador temporizado.

A poda apical foi realizada 15 dias após o transplante para os vasos e 7 dias após se confirmaram a emissão de brotos laterais de 3 brotos por planta.

Aos 50 dias após o enraizamento, a solução nutritiva foi modificada para suprir o florescimento das plantas e aos 60 dias apareceram os primeiros botões.(Figura 01)



Figura 01. Disposição dos vasos com diferentes variedades, submetidos a diferentes substratos em sub-irrigação com solução nutritiva, Juazeiro do Norte-Ce. 2007.



Tabela 01. Solução nutritiva para 1000L de água usada na fase do crescimento e florescimento do crisântemo na Hidropônica Saúde Tenente Aguiar, Juazeiro do Norte, 2006.

FERTILIZANTE	CRESCIMENTO (g)	FLORESCIMENTO (g)
Nitrato de Cálcio	400	600
Sulfato de Magnésio	240	360
MAP	230	345
Nitrato de Potássio	850	1475
Ferro	50	75



Figura 02- Sub irrigação em Crisântemo de vaso submetidos a diferentes lâminas de solução nutritiva e tipos de substrato, Juazeiro do Norte - Ce. 2007

CONCLUSÕES

O florescimento do crisântemo de vaso, cultivado sob sub-irrigação com solução nutritiva ocorreu conforme com 7 dias de antecedência em relação ao citado na literatura. O substrato que apresentou maior número de botões por vaso foi quando utilizado apenas vermiculita e não foram observadas diferenças estatísticas nas alturas das lâminas de 1,0cm, 2,0cm e 3,0cm de altura. Após os ensaios, passou-se a trabalhar em escala comercial utilizando-se dos parâmetros obtidos.

A produção de crisântemos por sub-irrigação com solução nutritiva possibilita o perfeito desenvolvimento de botões, tanto para mini margaridas como para decorativas e representa incremento de 30% na produtividade e antecipação de colheita.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

BARBOSA, JOSÉ GERALDO. Crisântemo-produção de mudas-cultivo para corte de flor-cultivo em vaso-cultivo hidropônico. Viçosa: Aprenda fácil, 2003.234p.

BOLONHEZI, D., FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P. ; FAQUIN, V. Estruturas para o cultivo hidropônico. Belo Horizonte, Informe Agropecuário, 1999. v.20, n.200/201, p72-80.

- CASTELLANE, P.D., ARAUJO, J.A.C., Cultivo sem solo: hidroponia. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 43p.
- DOUGLAS, JAMES SHOLTO. Hidroponia: cultivo sem terra/ James Sholto Douglas; tradução e prefácio Zilmar Ziller Marcos. São Paulo: Nobel, 1987.144p.
- FARIAS, MARYZÉLIA F.; SAAD, JOÃO C.C. Crescimento e qualidade do crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. Horticultura brasileira, V.23, nº 3, Jul-Set, 2005. p740.
- FAQUIN, V., FURTINI NETO, A.E., VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras, MG: UFLA, 1996. 50p.
- GRUSZYSNKI CIRILO. Produção de crisântemo. Disponível em: < <http://www.cultivodeflores.com.br/crisantemos.htm>>. Acesso em: 09 jun 2006.
- MÉTODOS e práticas de rega em cultivo de rosas sem solo. Disponível em: <http://kidmais.sites.uol.com.br/boletim4.html>. Acesso em: 02 jun 2006.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS NO EM GARANHUNS/PE PARA FINS DE DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

ANDRADE, A. R. DOS S. DE¹, PAIXÃO, F. J. R.², AZEVEDO, C. A. V. DE³,
GOUVEIA, J. P. G. DE³ & OLIVEIRA, É. DE⁴

¹UAG/UFRPE, Garanhuns, PE. E-mail: arsauag@uag.ufrpe.br

²Doutorando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG. E-mail: jardel.paixao@gmail.com

³DEAg/CTRN/UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58109-115, Campina Grande, PB. Fone: 83 3310.1056.
E-mail: cazevedo@deag.ufcg.edu.br;

⁴Graduanda em Agronomia, UAG/UFRPE, Garanhuns, PE. E-mail: ericaapx@yahoo.com.br

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram de estimar a precipitação mensal provável com diferentes níveis de significância e determinar as probabilidades de ocorrências de períodos secos e chuvosos para o município de Garanhuns/PE. Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica mensal da série de dados compreendida entre os anos de 1913 a 1987. Os critérios discriminantes para identificar períodos secos e chuvosos, baseiam-se em quatro classes de chuvas acumuladas mensais: (S) mês seco, de 0 a 50 mm; (PC) mês pouco chuvoso, de 50 a 100 mm; (C) mês chuvoso, de 100 a 200 mm e (BC) mês bastante chuvoso, acima de 200 mm. Foi utilizada distribuição teórica de probabilidade gama para estimativa da precipitação mensal provável, em níveis de 90, 80, 75, 70, 60, 50, 40 e 30% de probabilidade. Concluiu-se que a distribuição gama apresentou bom ajuste aos dados, possibilitando sua utilização para estimativas de precipitação pluvial provável mensal. As menores precipitações prováveis, abaixo de 50 mm mês⁻¹ são registradas nos meses de outubro, novembro e dezembro, onde deve concentrar-se a agricultura irrigada, recomendando espécies e cultivares de ciclo curto para semeaduras em outubro, e de ciclo longo para agosto a fim de evitar prejuízos na colheita.

Palavras chaves: precipitação, modelos probabilísticos, irrigação

PROBABILITY OF OCCURRENCE OF DRY AND RAINY SPELLS IN GARANHUNS/PE FOR IRRIGATION PROJECTS DIMENSION ENDS

ABSTRACT: The objectives of this work were of estimate the probable monthly precipitation with different levels of significant and determine the probability of occurrence of dry and rainy spells in Garanhuns/PE. The historical data from 1913 to 1987 were utilized. The criteria for identify dry and rainy spells periods, using in four monthly classes of rains accumulated: (S) dry month, of 0 to 50 mm;

(PC) rainy little month, of 50 to 100 mm; (C) rainy month, of 100 to 200 mm and (BC) rainy enough month, more than 200 mm. It was utilized theoretical distribution of probability range for estimate of the probable monthly precipitation, at 90, 80, 75, 70, 60, 50, 40 and 30% probability levels. It was concluded that the values estimated, using the gamma distribution, showed a good adjustment in relation to the measured values for both cities, and that this estimated values can be use in order to generate synthetic data for monthly rainfalls. The smaller probable precipitations, below 50 mm month-1 saints recorded us months of october, november and december, where should concentrate the agriculture irrigated, recommending species and you will cultivate of short cycle for sowings in october, and of long cycle for august in order to avoid damages in the harvest.

Keywords: precipitation, probabilistic models, irrigation,

INTRODUÇÃO

Situada no meridional do Estado de Pernambuco, o município de Garanhuns tem a agropecuária principal atividade econômica desse município é fortemente influenciada pela ocorrência de períodos secos e chuvosos, fenômenos que muitas vezes causam sérios prejuízos aos produtores. Previsões precisas sobre a ocorrência de períodos secos e chuvosos, principalmente a longo prazo, são ainda inviáveis. Por esse motivo, estimativas probabilísticas desses fenômenos têm grande utilidade, pois possibilitam que muitas atividades agrícolas, tais como semeadura e colheita, possam ser realizadas em épocas mais favoráveis, reduzindo assim os riscos e as perdas. Além disso, o conhecimento dos aspectos fundamentais dos cálculos da precipitação provável do período é uma necessidade essencial para o dimensionamento de barragens, de abastecimento de água, para o planejamento agrícola e dimensionamento de sistema de irrigação complementar (Bernardo, 1995, Araújo et al., 2001).

Admitindo-se que a ocorrência de dias secos ou chuvosos está associada com as condições pluviométricas anteriores, pode-se utilizar os modelo probabilísticos teóricos. Vários modelos de distribuição teóricas de probabilidade têm sido utilizados, visando a estimativa da precipitação provável para diferentes períodos de ocorrência. Dentre eles, destacam-se as distribuições normal (Frizzone, 1979; Andrade Júnior e Bastos, 1997), distribuição gama (Ribeiro e Lunardi, 1997) e Gumbel (Assis et al., 1996). Os autores recomendam o uso de funções probabilísticas fazendo-se, posteriormente, a verificação do ajuste através de testes de aderência.

Considerando a influência que as condições climáticas exercem em muitas atividades agrícolas, realizou-se este trabalho, cujo objetivo foi determinar a probabilidade de ocorrência de períodos secos (S) e chuvosos (C) para o município de Garanhuns/PB, considerando-se mês seco, de 0 a 50 mm; mês pouco chuvoso, de 50 a 100 mm; mês chuvoso, de 100 a 200 mm e mês bastante chuvoso, acima de 200 mm.



MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram obtidos a partir dos registros pluviométricos diários do município de Garanhuns/PE, disponíveis no Departamento de Agronomia - DEPA da UFRPE, sobre 75 anos de observação no período 1913 a 1987. A estimativa de precipitação pluviométrica mensal provável foi obtida para os níveis de 90, 80, 75, 70, 60, 50,40 e 30% de probabilidade, utilizando-se a função de distribuição gama, conforme apresentado por Assis et al. (1996). Foram criadas quatro classes de chuvas acumuladas mensais. Considerou-se como mês seco, de 0 a 50 mm; mês pouco chuvoso, de 50 a 100 mm; mês chuvoso, de 100 a 200 mm e mês bastante chuvoso, acima de 200 mm. Dessa forma, foram analisados os totais de cada mês dentro das duas classes de chuvas acumuladas, anteriormente apresentada, e verificou-se a porcentagem de ocorrência. As probabilidades (P) de ocorrerem períodos secos (S), pouco chuvosos (PC), chuvoso (C), bastante chuvoso (BC) e as probabilidades condicionais, dias secos dados que o dia anterior também teve seco (S/S) e dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso (C/C), foram determinadas pelas frequências de dias secos (FS), dias pouco chuvoso (FPC), de chuvosos (FC), de dias bastante chuvosos (FBC), dias secos precedidos de dias secos (FSS) e chuvosos precedidos de dias chuvosos (FCC), conforme método propostas por Robertson (1976) e Fietz et al. (1998). As probabilidades de ocorrência de períodos consecutivos secos ($P(S,S,S...n)$) e chuvosos ($P(C,C,C...n)$) foram determinadas segundo metodologia proposta por Robertson (1976). Para avaliar o ajuste dos dados das precipitações observadas às das estimados pela distribuição de probabilidade teórica gama aplicou-se o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de significância de 5% (Bussab, 2003).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros da distribuição gama e as estimativas das precipitações prováveis mensais em diferentes níveis de probabilidades, a qual se torna uma ferramenta útil para uma possível programação de irrigação suplementar, se necessário.

Nota-se pela Tabela 1, que os valores estimados do parâmetro α foram menores no período de meses secos (fevereiro, março e abril), e maiores nos meses mais chuvosos (maio, junho, julho); este fato sugere que, os maiores valores de α estão associados com maiores precipitações. Logo este parâmetro poderia ser usado como um indicador de precipitação mensal da região, estimativas menores e iguais que 3, sugerem precipitações mensais menores que 20 a 100 mm, valores maiores que 3, precipitações superiores a 100 mm. Nota-se pela Figura 1, que quantidade do número de precipitações mensais superior a 200 mm (classe

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros da distribuição gama (α , β), da precipitação média mensal (mm) e precipitação mensal média provável (mm) para diversos níveis de probabilidade em Garanhuns, PE (1913 a 1987).

Mês	α	β	Média (mm)	Nível de probabilidade $P(X \geq x_i)$							
				90	80	75	70	60	50	40	30
Jan.	2,08	21,62	38,14	86,70	67,05	60,42	54,84	45,64	38,04	31,34	25,12
Fev.	1,99	28,43	46,46	110,29	84,87	76,31	69,12	57,28	47,52	38,96	31,05
Mar.	1,97	40,81	76,96	156,82	120,50	108,27	98,00	81,12	67,21	55,02	43,77
Abr.	1,62	57,23	81,14	189,54	142,16	126,39	113,24	91,83	74,44	59,45	45,88
Mai.	3,19	54,88	109,29	228,58	177,77	160,57	146,08	122,15	102,28	84,73	68,38
Jun.	3,87	34,48	124,66	224,23	184,56	170,78	158,99	139,07	122,03	106,45	91,35
Jul.	3,38	36,95	117,43	216,14	175,77	161,82	149,92	129,93	112,92	97,48	82,63
Ago.	2,38	33,73	74,81	150,04	117,80	106,83	97,58	82,22	69,41	58,03	47,34
Set.	2,62	11,52	36,69	71,04	58,13	53,65	49,83	43,39	37,90	32,89	28,05
Out.	2,71	13,28	20,51	65,31	51,98	47,42	43,55	37,10	31,68	26,82	22,22
Nov.	2,54	9,61	19,70	58,23	47,55	43,86	40,70	35,39	30,86	26,73	22,76
Dez.	2,70	12,10	23,43	64,45	51,82	47,48	43,79	37,61	32,39	27,68	23,18

denominada bastante chuvosa - BC) em toda a série amostral de 75 anos, apresentou o menor número de frequência sem chuvas, totalizando 32 valores dos 900 observados (75 anos x 12 meses), que representa 4% da série, ou seja, aproximadamente cada 25 anos 1 não chove.

Analisando-se os valores de $P(S)$ apresentados na Tabela 2, pode-se identificar os meses nos quais é esperado o maior número de dias secos. Em outubro, novembro e dezembro são esperados o maior número de dias secos. O mês de junho foi o que apresentou o menor número de dias secos que corresponde a probabilidade de 5,3%.. Da mesma maneira, com base em $P(PC)$, verificou-se que julho e agosto apresentaram a maior probabilidade de ocorrência de meses chuvosos (36 e 49,3%, respectivamente). Nos meses de maio e junho é esperado o maior número de dias com bastante chuvosos (BC) do ano (cerca de 9,3%).

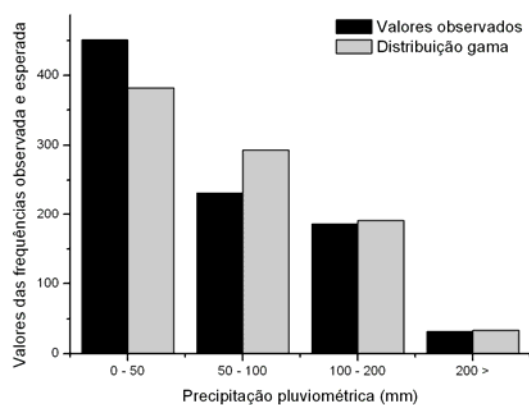


Figura 1. Quantidade do número de precipitações mensais no município de Garanhuns, PE, ajustados a distribuição gama, para o período de 1913 a 1987.



Tabela 2. Probabilidades de ocorrência em Garanhuns, PE para o período de 1913 a 1987

Mês	Média (mm)	Probabilidades de ocorrência (P) de precipitações							
		P(S)	P(C)	P(PC)	P(BC)	P(S/S)	P(C/C)	P(S,4)	P(C,4)
Jan.	38,14	0,760	0,160	0,067	0,013	0,754	0,200	0,326	0,001
Fev.	46,46	0,587	0,293	0,107	0,013	0,545	0,000	0,095	0,000
Mar.	76,96	0,373	0,360	0,240	0,027	0,286	0,278	0,009	0,005
Abr.	81,14	0,387	0,253	0,293	0,067	0,379	0,364	0,021	0,014
Mai.	109,29	0,200	0,253	0,453	0,093	0,133	0,559	0,000	0,079
Jun.	124,66	0,053	0,320	0,533	0,093	0,000	0,575	0,001	0,115
Jul.	117,43	0,080	0,360	0,480	0,080	0,167	0,333	0,000	0,018
Ago.	74,81	0,293	0,493	0,187	0,027	0,409	0,214	0,020	0,002
Set.	36,69	0,667	0,333	0,000	0,000	0,680	0,000	0,026	0,000
Out.	20,51	0,880	0,080	0,027	0,013	0,864	0,000	0,182	0,000
Nov.	19,70	0,880	0,080	0,040	0,000	0,864	0,000	0,567	0,000
Dez.	23,43	0,853	0,093	0,053	0,000	0,828	0,000	0,513	0,000

(P) de precipitações de dias secos (S), pouco chuvosos (PC), chuvosos (C), bastante chuvosos (BC), e dias secos dados que o dia anterior também teve seco (S/S) e dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso (C/C)

Com as expressões pospostas Robertson (1976) pode-se determinar as probabilidades de ocorrência de períodos contínuos secos ou chuvosos, com duração de até quatro dias. Assim, por exemplo, pela Tabela 3 a probabilidade de ocorrer 4 dias seguidos sem chuvas no mês de novembro é de 56,7%, ou em um a cada quatro anos. Da mesma forma, a probabilidade de ocorrer 4 dias consecutivos de chuvas no mês de junho, em Garanhuns, é de 11,5%.

CONCLUSÕES

As menores precipitações prováveis, abaixo de 50 mm.mês⁻¹ são registradas nos meses de outubro, novembro e dezembro, onde deve concentrar-se a agricultura irrigada, recomendando espécies e cultivares de ciclo curto para semeaduras em outubro, e de ciclo longo para agosto a fim de evitar prejuízos na colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE JÚNIOR, A.S. DE; BASTOS, E.A. Precipitação pluviométrica provável em municípios do cerrado piauiense. Teresina: EMPRABA-CPAMN, 1997. 22p. Documentos, 25
- ARAÚJO, WELLINGTON F.; JÚNIOR, A. S. A.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.563-567, 2001.
- ASSIS, F.N. et al. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 1996.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. Estatística básica. 5a ed. São Paulo, Saraiva, 2003. 526p;

FIETZ, C.R., FRIZZONE, J.A., FOLEGATTI, M.V. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS. Ciência Rural, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 29-34, 1998.

FRIZZONE, J.A. Análise de cinco modelos para o cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa, MG. Viçosa: UFV, 1979, 100p. Dissertação Mestrado

RIBEIRO, A.M. DE A.; LUNARDI, C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. Energia na Agricultura, Botucatu, v.12, p.37-44. 1997.

ROBERTSON, G. W. Dry and wet spells: Project Field Report Agrometeorology A-6: UNDP/FAO Technical Assistance to the Federal Land Development Authority. Jerantut: Tun Razak Agriculture Research Centre, 1976. 30 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO VISANDO A REMOÇÃO DE ALGAS

CORREIA, J. L.¹; PEREIRA, L. R.² & ARAÚJO, G. M.³

¹Discente do curso Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte - CE, Fone: (88) 35118035. e-mail: jomavialacerda@yahoo.com.br.

²Discente do curso Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia CENTEC – Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

³Mestre em Engenharia Sanitária, UFRN, Rio Grande do Norte, RN, Professor da Faculdade de Tecnologia CENTEC - Cariri, Juazeiro do Norte, CE.

RESUMO: Esse trabalho avaliou a remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização através do processo físico-químico, via coagulação-floculação-decantação. O efluente utilizado era proveniente da lagoa de maturação do sistema de tratamento de esgotos da cidade de Juazeiro do Norte, os resultados dos ensaios de floculação realizados no período de Março/2006 a Fevereiro/2007. Foi utilizado a moringa como coagulante, com uma concentração 0,3%. Foram obtidas remoções de, 56,66% de Fósforo Total, 49,92% de Nitrogênio Amomiacal, 42,30% de Sólidos Suspensos e 30,02 de Clorofila "a".

Palavras chaves: Coagulante natural; tratamento de esgoto; processo físico-químico.

EVALUATED THE REMOVAL OF ALGAE OF EFLUENTES OF PONDS OF STABILIZATION

SUMMARY: This work evaluated the removal of algae of efluentes of ponds of stabilization through the process physical-chemical road coagulation-floculation-decantation. The used sewage was originating from the pond of maturation of the system of treatment of sewers of the city of Juazeiro of the North, CE, the results of the floculation rehearsals accomplished in the period of March/2006 February/2007. The water-cooler was used as coagulante, com to a concentration 0,3%. Where obtained removals of the, 56.66% of Total Phosphorus , 49.92% of Ammoniac Nitrogen, 42.30% of Suspended Solids and 30,02 of Chlorophyll "a".

Key-words: Clotting natural; treatment of sewage; processes physical-chemical.

INTRODUÇÃO

Nos dois últimos séculos a população cresceu oito vezes enquanto a quantidade de água utilizada aumentou 35 vezes. Em apenas quarenta anos (1950 a 1990), o consumo mundial passou a estimados 1360 km³ / ano para 4130 km³ / ano, distribuídos entre vários setores Araújo (2000).

Como consequência da utilização da água, há a geração de esgotos. Caso não seja dada uma adequada destinação aos mesmos, estes acabam poluindo o solo, contaminando as águas superficiais e subterrâneas, e freqüentemente passam a escoar a céu aberto constituindo-se em perigosos focos de disseminação de doenças.

Existe a necessidade de tratar os esgotos gerados principalmente nas cidades onde há um maior contingente populacional. Nas grandes zonas urbanas o risco de contaminação dos mananciais e contração de doenças é maior devido o rápido crescimento das cidades e o lento avanço da infra-estrutura de saneamento.

A decisão quanto o processo a ser adotado no tratamento de esgotos deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa.

O processo conhecido geneticamente como lagoas de estabilização é um dos processos de tratamento de esgotos mais difundido no mundo. Por tratar de processo de baixo custo de implantação e grande facilidade operacional, as lagoas de estabilização são bastante atrativas, mesmo comparadas com técnicas mais modernas de tratamento, principalmente em países onde a disponibilidade de área não é um fator limitante e em regiões de clima quente.

Entretanto com a crescente exigência dos órgãos ambientais de uma melhor qualidade dos efluentes das estações de tratamento, as lagoas de estabilização passam a ter seu uso limitado em função da freqüente presença de sólidos suspensos em seu efluente. Os sólidos suspensos podem provocar consequências indesejáveis no corpo receptor, como o aumento da demanda de oxigênio no mesmo ou o surgimento de problemas de cor, odor e sabor na água, em função de algas, causadas por um eventual aproveitamento da água para o consumo humano.

As algas são extremamente importantes dentro do sistema de tratamento com lagoas de estabilização, são elas que fornecem o oxigênio para as bactérias degradarem a matéria orgânica (simbiose natural), mas quando o efluente sai do sistema de tratamento as algas tornam-se um inconveniente podendo demandar oxigênio nos corpos receptores e causar a eutrofização dos corpos aquáticos.

A constatação do processo de eutrofização em muitos corpos receptores, principalmente aqueles que sevem como manancial de água para abastecimento publico, levou a uma melhor



avaliação com relação aos efluentes neles lançados. Buscando garantir a qualidade dos seus corpos d'água em áreas consideradas sensíveis, desde o início dos anos 80 diversos países em todo o mundo vem estabelecendo padrões de lançamento mais exigentes ($DQO < 90\text{mg/l}$ e $SST < 30\text{mg/l}$) Oliveira & Gonçalves (1999).

O objetivo desse trabalho é avaliar a viabilidade do tratamento terciário utilizando processo físico-químicos no efluente de lagoas de estabilização, no tocante a remoção de algas, utilizando coagulante natural.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de lagoas de estabilização em série, está localizado no município de Juazeiro do Norte, CE (latitude (S) $7^{\circ} 12' 47''$, longitude (W) $39^{\circ} 18' 55''$, área $235,4 \text{ km}^2$ quadrados, altitude $377,3\text{m}$ acima do mar). Região do Cariri, Porção Sudoeste do Estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Caririaçu, Missão Velha, Barbalha e Crato. O referido sistema é constituído por duas lagoas anaeróbias, duas facultativas e uma de maturação.

A remoção de algas foi realizada através de processo físico-químico via coagulação-floculação-decantação através de ensaios de floculação. O efluente utilizado advinha da lagoa de maturação do sistema de tratamento de esgotos da cidade de Juazeiro do Norte.

Foi utilizado um becker de dois litros, onde foi colocada a amostra do efluente da lagoa de maturação, adicionando seis gramas do coagulante após um período de intensa agitação (1 minuto), com a finalidade de dispersar completamente o coagulante e promover a coagulação em seguida agitação diminuirá por um período de 15 minutos posteriormente será a etapa de sedimentação por 1 hora.

Foram coletados cerca de 50 litros de amostra do efluente da lagoa de maturação, sempre no mesmo horário para testes laboratoriais, durante o período de março/2006 a fevereiro/2007. Foi empregada a amostragem pontual do tipo simples, com coletas sendo feitas na caixa de saída, realizadas quinzenalmente. O horário estabelecido para as coletas foi compreendido no período da tarde, em seguida as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises físico-químicas de efluentes do Instituto CENTEC onde serão realizadas os ensaios de floculação.

Nesta pesquisa foi testado à *moringa oleifera* como coagulante natural.

As análises foram realizadas no efluente da lagoa de maturação e em um becker após o período de sedimentação. Os métodos analíticos que foram utilizados seguiram as recomendações de APHA et al. (1995), exceto para o parâmetro clorofila "a" que será determinada segundo Jones (1979). Os parâmetros analisados foram pH pelo método eletrométrico, DBO pelo método Frascos Padrões, DQO por Refluxação Fechada, Sólidos

Suspensos pelo método gravimétrico, Fósforo Total por Salicilato de Sódio APHA et al. (1995), e Clorofila “a” através do método Extração com Metanol (JONES, 1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante a pesquisa verificaram a eficiência do tratamento terciário utilizando ensaios de floculação com um coagulante natural (moringa). As análises das amostras foram realizadas no efluente da lagoa de maturação (LM) e no sobrenadante de um becker de 2 litros, no período de Março/2006 a Fevereiro/2007. Os valores médios respectivamente para a Lagoa de maturação e sobrenadante do Becker, foram de 52,00 e 30,00 de Sólidos Suspensos, respectivamente, o que gerou um a eficiência de 42,30% de remoção. A variável Clorofila “a” os valores médios foram de 96,60 e 69,00 havendo a eficiência de 30,02% de remoção, com relação ao Fósforo Total, os valores médios foram de 17,40 e 7,54 onde houve uma remoção de 56,66%, já o Nitrogênio Amoniacal obteve valores de 31,67 e 15,86 onde a remoção foi de 49,92%. Quanto aos valores de DBO e DQO não obtiveram resultados satisfatórios, obtendo um aumento nos valores médios de ambas as variáveis, isso se deve ao fato de a moringa ser um coagulante natural orgânico e quando adicionado ao becker junto ao efluente a matéria orgânica contida na moringa era liberada ao meio, implicando assim no aumento dos valores obtidos.

Segundo Carvalho et al. (2005), ao utilizar sulfato de alumínio, cloreto férrico, policloreto de alumínio, obteve melhores remoções de DBO e DQO, comparando-se com a moringa (coagulante natural). Mas deve-se ressaltar que por se tratarem de coagulantes químicos pode deixar vestígios no caso de ser utilizado para algum fim.

Comparando os resultados com tecnologia utilizada por Araújo (2004), que trabalhou com filtros anaeróbios simplificados para remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização, os percentuais de remoção foram superiores nos parâmetros DQO, SST e Cl “a”.

Ao contrário da DBO e DQO que não obtiveram bons resultados com a moringa, vale citar os demais parâmetros que apresentaram uma boa eficiência de remoção, tais como: Sólidos Suspensos, Clorofila “a”, Fósforo Total e Nitrogênio Amôniaal.

CONCLUSÃO

A utilizar o coagulante em escala piloto, proporcionou um considerável desempenho no pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, quando utilizado o coagulante natural (moringa), foi obtido maiores remoções de Sólidos Suspensos, Clorofila “a”, Fósforo Total e Nitrogênio Amôniaal, isso sendo atribuído ao fenômeno de coagulação-floculação-decantação.



A análise do conjunto de dados obtidos durante a pesquisa com o efluente, permitiu concluir que o tratamento físico-químico é uma excelente alternativa para polimento de efluentes de lagoas de estabilização. Sem elevados gastos pode-se atender a padrões de lançamentos, de reutilização, inclusive os mais exigentes.

No sobrenadante do becker que foi utilizado moringa, obtiveram remoções de 56,66% Fósforo Total; 49,92% de Nitrogênio Amomiacal; 43,30% de Sólidos Suspensos e 30,02% de Clorofila "a". Somente com relação as variáveis DBO e DQO não obtiveram resultados satisfatórios, obtendo um aumento nos valores médios de ambas as variáveis, isso se deve ao fato de a moringa ser um coagulante natural orgânico e quando adicionado ao becker junto ao efluente a matéria orgânica contida na moringa era liberada ao meio, implicando assim no aumento dos valores obtidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

APHA /AWWA / WEF (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19ª ED., 1995.

ARAÚJO, LUCIA DE FÁTIMA. Reuso com Lagoas de Estabilização, potencialidades no Ceará – Fortaleza: SEMACE, p.132. 2000.

ARAÚJO. G. M. Avaliação da utilização de filtros anaeróbio simplificados na remoção de algas de efluentes de lagoa de estabilização. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN. 2004.

JONES, G. J. A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water. Amble side: Freshwater Biological Association – Scientific Publication, v. 39. 1979.

OLIVEIRA, F. F.; GONÇALVES, R. F. Principais tecnologias empregadas no polimento do efluente de lagoas de estabilização. Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, Rio de Janeiro. p. 402 -. 1999

PIOTTO, Z. C. Regeneração do potencial de coagulação dos lodos químicos de estação de tratamentos de água para reutilização no tratamento físico-químico de diferentes tipos de águas residuárias. Dissertação submetida ao programa de Mestrado e Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, 1995.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ARTIGO TÉCNICO

PLANEJAMENTO DE MICROBACIA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO NUMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE

TIBURCIO, E. C.¹; CASTRO, M. A. H. DE² & RODRIGUES, E. M.³

¹Prof. Doutor, Curso de Irrigação/Recursos Hídricos, FATEC, Juazeiro do Norte, CE, Rua João Maciel, 126, CEP 63040-790, e-mail: eulimar@lycos.com

²Prof. PhD, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará

³Pesquisadora, Curso de Saneamento/Recursos Hídricos, FATEC, Juazeiro do Norte, CE

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta metodológica visando um planejamento integrado dos recursos hídricos e ambientais no nível de microbacia que aborde aspectos físico-conservacionista, socioeconômico e ambiental e a análise de oferta e demanda de água na microbacia do Rio Maranguapinho no Estado do Ceará.

Palavras chave: Desenvolvimento sustentável, demanda hídrica, oferta hídrica.

PLANNING OF MICROBASIN IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID IN A PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT: This work presents a methodology that aims at an integrated planning of the water resources and ambient in micron basin that approaches aspects physical, social, economic and ambient and the analysis of supply of water and water demand in the micron basin of Rio Maranguapinho in the State of the Ceará.

Key-words: Sustainable development, water demand, water supply.

INTRODUÇÃO

O semi-árido brasileiro é amplamente conhecido no cenário científico tanto nacional quanto internacional pela sua problemática do ponto de vista dos recursos hídricos e tem sido



palco de acirradas discussões voltadas para o desenvolvimento sustentável desta região.

O planejamento dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas precisa proporcionar o desenvolvimento sustentável nesses sistemas físicos que recebem e acumulam ou deixam escoar as águas precipitadas.

A opção pelo desenvolvimento sustentável (processo que deve compatibilizar, no espaço e no tempo, o crescimento econômico, com a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social) precisa considerar a pressão demográfica e as interações do homem com os resíduos gerados por tais atividades.

Planejar para o desenvolvimento sustentável em microbacia que apresenta sérios quadros socioeconômicos e ambientais não parece fácil. Também não é razoável promover o crescimento econômico baseado no uso imprudente dos recursos disponíveis, pois esse processo caracteriza-se como um pseudodesenvolvimento, um desenvolvimento que não se auto-sustenta em longo prazo.

Este artigo apresenta uma proposta metodológica visando um planejamento integrado dos recursos hídricos e ambientais no nível de microbacia que aborde seus aspectos físico-conservacionista, socioeconômico e ambiental, bem como suas análise de oferta e demanda hídrica e, finalmente, que possa tirar conclusões sobre o nível de interferência desses aspectos na auto-sustentabilidade da região hidrológica a ser estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do semi-árido brasileiro

O semi-árido brasileiro representa 18% do território nacional e abriga 29% da população do país. Possui uma extensão de 858.000 km², representando cerca de 57% do território nordestino, sendo que a área designada como *Polígono das Secas* (ocorrência de secas periódicas) é estimada em 1.083.790,70 km². No semi-árido, vivem 18,5 milhões de pessoas, onde 8,6 milhões pertencem à zona rural, com índices de qualidade de vida muito abaixo da média nacional. Sua densidade demográfica de 20 hab/km² não parece alta quando comparada com a média nordestina que é de 28 hab/km². Contudo, tomando por base outras regiões semi-áridas no mundo, apresenta-se como uma das mais elevadas. Isso devido às próprias características naturais ali predominantes.

Como principal característica climática, destacam-se as temperaturas médias elevadas e precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, extremamente concentradas, gerando os períodos de chuva e estiagens. Cerca de 50% dos terrenos do semi-árido são de origem cristalina, rocha dura que não favorece a acumulação de água, sendo os outros 50% representados por terrenos sedimentares, com boa capacidade de armazenamento de águas subterrâneas. Suas feições de relevo refletem a dinâmica climática e estrutural, mas apesar de dominar grandes extensões dissecadas, é possível registrar significativas áreas ocupadas por serras e vales úmidos.

São apenas dois os rios permanentes que cortam o semi-árido: o São Francisco e o Parnaíba, sendo os demais temporários.

A agricultura tradicional, baseada no sistema de policultura (principalmente milho e feijão) e pecuária (rebanhos de bovinos, ovinos e caprinos), a vulnerabilidade à existência das secas é elevada recaindo sobre os pequenos agricultores.

Nesse cenário, têm sido marcantes, principalmente até a década de 80, as migrações inter-regionais como alternativa à falta de sustentabilidade para a população mais vulnerável no semi-árido, sendo que, nos últimos anos e nas últimas secas, tem sido registrado um fluxo maior para as cidades (periferias) de porte médio na região Nordeste. Ficam patentes a desestruturação das unidades familiares, diante da impossibilidade de sobrevivência nos períodos de seca, e a ineficiência das ações do poder público historicamente baseadas em medidas emergenciais e políticas setoriais. É necessário partir para estratégias de políticas públicas com foco integrado de objetivos simultaneamente socioeconômico, político-institucionais, culturais e ambientais.

Caracterização da microbacia a ser estudada

A microbacia do Rio Maranguapinho está localizada nos municípios de Maranguape, Maracanaú e Fortaleza no Estado do Ceará.

O Rio Maranguapinho, principal afluente do Rio Ceará, também denominado de Maranguape ou Siqueira nasce na serra de Maranguape e percorre o município de Fortaleza nas proximidades do parque Alto Alegre, Mondubim, Siqueira, sob a ponte próxima ao FRIFORT (Frigorífico de Fortaleza) na BR 222 nos limites com o município de Caucaia e, finalmente, une-se ao Rio Ceará apenas próximo à sua foz, não exercendo muita influência sobre a fluviometria da microbacia do Rio Ceará como um todo, comportando-se como uma microbacia



independente. Composto por cursos d'água de caráter intermitente, que fluem somente durante a época das chuvas. Podem-se observar inúmeras lagoas na região de baixo curso do Rio Maranguapinho, com destaque para as lagoas da Parangaba e do Porangabuçu, ambas situadas na malha urbana de Fortaleza.

A grande característica da microbacia do Maranguapinho é que ela é localizada em uma zona predominantemente residencial com densidade demográfica elevada e sua população está situada nas classes de renda média e baixa. Observa-se que as margens deste recurso hídrico foram ocupadas indevidamente ou assoreadas pela deposição de lixo (existem cerca de 5.000 pessoas no distrito de Sapupara localizado às margens desse rio) que comprometem a hidrografia pela redução da capacidade de vazão e pela poluição. A região da microbacia que intercepta o município de Fortaleza é urbanizada e, portanto, o seu uso é para edificações; a região que corresponde ao município de Maracanaú também é uma área urbanizada, mas um pouco menos que a de Fortaleza e de uso industrial.

Este trabalho será desenvolvido em quatro etapas:

A primeira etapa consistirá de um diagnóstico local obtido pela realização de entrevistas orais e escritas à população e representantes dos poderes públicos constituídos, incluindo o comitê da bacia hidrográfica que engloba a área a ser estudada. Estas entrevistas alimentarão os diagnósticos físico-conservacionista (levantamento hidrografia e determinação de parâmetros hidrológicos básicos como medida de avaliação das potencialidades hídricas da área de estudo), sócio-econômico (produção agropecuária, nível de mecanização da produção agrícola, nível de instrução, principais atividades econômicas, condições de moradia) e ambiental (levantamento de todos os elementos causadores de degradação para que se possa identificar os pontos de maior índice de degradação, recomendar práticas de recuperação e preservação ambiental visando a conservação dos recursos hídricos). Nesta etapa também a confecção de mapas básicos de uso do solo, cobertura vegetal e de hidrografia através do georeferenciamento dos dados espaciais e de imagens orbitais com o software ArcMap (ESRI,2007), revisão histórica sobre o modo de ocupação da região e estudo da eficácia da política estadual de recursos hídricos e do comitê da bacia hidrográfica que engloba a microbacia do Rio Maranguapinho, que servirão de subsídio na identificação das potencialidades hídricas ambientais. A metodologia para os diagnósticos físico-conservacionista, socioeconômico e ambiental da microbacia estudada se baseia na metodologia de Rocha (1997) adaptada para a realidade semi-árida por Barachuy (2001). Esta metodologia consiste num levantamento qualitativo e

quantitativo das condições do sistema hidrológico em estudo que possibilite a identificação dos principais problemas socioeconômicos e ambientais existentes.

A segunda etapa que, trata da análise de demanda hídrica, consiste em identificar as necessidades de água potável através dos usos finais. A partir do número de pessoas residentes na microbacia serão levantados os dados básicos sobre o consumo de água potável por indivíduo proposto pela Organização Mundial de Saúde para comparação com o nível de consumo de água fornecido pela empresa responsável (CAGECE).

Na terceira etapa (análise de oferta hídrica) serão levantados os diversos usos (abastecimento urbano, irrigação, indústria, piscicultura, pecuária, agroindústria) dos recursos hídricos principais (lagoas da Parangaba e do Porangabuçu), bem como a dependência da população da microbacia quanto a água armazenada.

A quarta etapa consistirá do cruzamento destas informações para dar suporte à tomada de decisões envolvendo o planejamento dos recursos hídricos e ambientais numa perspectiva de sustentabilidade.

DISCUSSÃO

A sustentabilidade hídrica corresponde ao máximo número de usuários e demandas associadas que determinado ambiente pode prover de forma permanente (Carey, 1993). Dessa forma, ao planejar e usar os recursos hídricos de uma dada microbacia, deve-se priorizar a satisfação de necessidades básicas e de proteção dos ecossistemas. Uma vez satisfeitas tais necessidades, os recursos hídricos têm a característica de um insumo básico indispensável ao desenvolvimento econômico. Isso significa que os usuários da água devem pagar tarifas adequadas. Segundo as regras atuais do comércio global, a não consideração de um valor de tarifa para o insumo água poderá configurar situação de *dumping ambiental*. Assim, a viabilidade de determinada alternativa de uso da água disponível já não pode ser definida com base no simples balanço entre oferta física e demanda de água, mas também em termos econômico-financeiros dos níveis de produtividade e de competitividade mundial que deverão ser alcançados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o planejamento de uma microbacia hidrográfica deve englobar os seus



recursos hídricos numa perspectiva de sustentabilidade ambiental, a presente metodologia é uma importante contribuição para os planejadores, notadamente os comitês de bacias hidrográficas que atuam no semi-árido brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARACHUY, J. G. Vasconcelos. **Manejo Integrado de Microbacias Hidrográficas no Semi-Árido Nordestino**: estudo de um caso. Campina Grande: UFPB/ Tese de doutorado. 2001. 221 p.
- CAREY, D.I. Development based on carrying capacity: A strategy for environmental protection. In: **Global Environmental Change**, 1993.
- MAGALHÃES, A. R. E GLANTZ, M. H.(1992) Socio-economic impacts of climate variates and policy response in Brazil. United Nations Environment Programme, Secretaria do Planejamento do Estado do Ceará e Fundação Esquel do Brasil.
- ROCHA, José S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária. 1997. 493 p.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute Inc. **The GIS Software Leader**. Disponível em: < <http://www.esri.com> >. Acesso em: 27 ago. 2007.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

TENDÊNCIA TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL ANUAL DA BACIA DO BANABUIÚ – CEARÁ

SILVA, J. A. ¹; OLIVEIRA, ²; GONÇALVES, J. L. G. ²;
CARVALHO, F. W. A. ²; NOGUEIRA, D. H. ³ & ARRAES, F. D. D.

¹Estudante de Tecnologia em Irrigação e Drenagem – Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – CE, Rua Alvino Cândido da Silva, 151, Vila Coqueiros, Iguatu – CE, email: jenair_alves@yahoo.com.br

²Estudante de Tecnologia em Irrigação e Drenagem – Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – CE, dirceutid@yahoo.com

³Profs MS da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, joaquirbrancodeoliveira@gmail.com

⁴Prof. Dr. da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu, dijaumah@yahoo.com.br

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar a tendência temporal da precipitação pluvial anual na Bacia do Banabuiú, no Estado do Ceará. Para tanto foram tomadas séries de precipitação pluvial de 10 municípios que compõem a bacia, com períodos de observação de 75 anos, sendo a tendência avaliada pela técnica de regressão linear. Os resultados mostram que não há tendência significativa de longo prazo da precipitação pluvial anual para essa região do Estado.

Palavras-chave: precipitação, tendência temporal, Bacia do Banabuiú.

TIME TREND OF ANNUAL RAINFALL OF THE BASIN OF BANABUIÚ – CEARÁ

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the time trend of the annual pluvial precipitation in the Basin of the Banabuiú, in the State of the Ceará. For pluvial precipitation series of 10 cities that compose the basin, with periods of observation of 75 years, being the trend evaluated for the technique of linear regression. The results show that it does not have significant trend of long stated period of the annual pluvial precipitation for this region of the State.

Key words: precipitation, time trend, Basin of the Banabuiú.

INTRODUÇÃO

A provável mudança climática do planeta provocada pelo aquecimento global, como consequência de danos provocados pela ação humana, vêm tendo seu impacto debatido. Uma das grandes preocupações da comunidade científica na última década diz respeito às alterações climáticas e suas consequências para a humanidade, (Back, 2001).



A correlação entre precipitação pluvial e produção agrícola é importante, tanto para os produtores familiares como para os grandes empresários agrícolas, daí o interesse pelo estudo do regime pluviométrico ao longo de séries na possibilidade de observar algum tipo de mudança.

Em análise de tendência temporal para o Rio Grande do Sul, BERLATO et al. (1993) mostraram não haver tendência significativa nem de redução nem de aumento da precipitação anual média em todo o Estado.

Sobre outros estudos nessa linha, Castañeda & Barros (1994), citados por Berlato et al. (1995) analisando a tendência temporal da precipitação pluvial anual na região do Cone Sul (Argentina, Uruguai, Paraguai e sul do Brasil), encontraram tendência positiva na maioria das séries utilizadas, embora nem todas estatisticamente significativas, especialmente nos últimos 35 anos (1956-91).

Mais tarde, Berlato et al. (1995) usando a regressão linear em séries históricas e homogêneas de 17 localidades do Estado do Rio Grande do Sul observou que não houve tendência de longo prazo da precipitação pluvial no Estado.

Esse trabalho teve o objetivo de avaliar a tendência temporal da precipitação pluvial anual de 10 localidades do Ceará que fazem parte da Bacia do Banabuiú, bem como analisar a tendência temporal da Bacia do Banabuiú utilizando-se desse conjunto de séries.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial foram obtidos da Rede Hidroclimatológica do Nordeste, alimentada pela ADENE e disponível via Internet. Foram utilizados os dados anuais de 10 municípios do Estado do Ceará, sendo eles Boa Viagem, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Milhã, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu. As séries utilizados para análise foram de períodos de 75 anos de observação (1911 a 1985). Para avaliar a Bacia do Banabuiú utilizou da média anual do conjunto de cidades. Nos casos de falta de dados de precipitação anual de algumas estações a estimativa foi feita com base na precipitação pluvial anual de estações vizinhas, seguindo o método de Tubelis & Nascimento (1980).

Sobre as séries de dados foram feitos ajustes e calculadas as variações cíclicas. A análise da tendência temporal chuva foi realizada pelo o método clássico de análise de uma série temporal Z_t que pode ser escrito como (Moretin & Toloi, 1987) em três séries distintas: a série total, a série de 1930 a 1959 (30 anos antes da construção do reservatório de Orós) e a série de 1960 a 1989 (30 após a construção do reservatório).

$$Z_t = T_i + S_t + \alpha_t \quad (1)$$

Onde: Z_t série temporal;
 T_i tendência temporal da série;
 S_t componente sazonal da série;
 α_t termo aleatório da série;
 t Número de observações da série.

No caso em que os estudos são feitos utilizando os totais anuais da precipitação pluvial a componente sazonal é filtrada, ficando a análise dos totais anuais de precipitação da seguinte forma:

$$Z_t = T_i + \alpha_t \quad (2)$$

A tendência temporal foi estimada por um polinômio de primeiro grau (tendência linear) dado por:

$$Tt = \beta_0 + \beta_1 t \quad (3)$$

Em que: β_0 coeficiente linear da regressão;
 β_1 coeficiente angular da regressão;
 t ano civil;

As estimativas dos coeficientes β_0 e β_1 foram feitas pelo método dos quadrados mínimos considerando-se o ano do calendário civil como variável independente, com β_1 sendo testado ao nível de 5% de significância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma tendência de redução da precipitação pluvial para metade das estações estudadas (Figura 1). A inclinação da reta no gráfico da série pluviométrica da localidade de Mombaça, Quixadá, Senador Pompeu, Monsenhor Tabosa e Milhã foram de $\beta_0 < 0$, muito embora essa tendência não é estatisticamente significativa.

Para as outras 5 cidades a inclinação da reta na análise de regressão foi positiva, o que demonstra uma tendência de aumento na precipitação pluvial anual para estas localidades, no entanto não estatisticamente significativa. Para Pedra Branca $\beta_0 > 0$ assim como para Quixeramobim, Piquet Carneiro, Boa Viagem e Morada nova. Ver figura 2.

Para a média anual da Bacia do Banabuiú (Figura 3) observou-se uma tendência negativa da precipitação anual, com uma inclinação da reta de -0,37, $\beta_0 < 0$ não significativa estatisticamente.

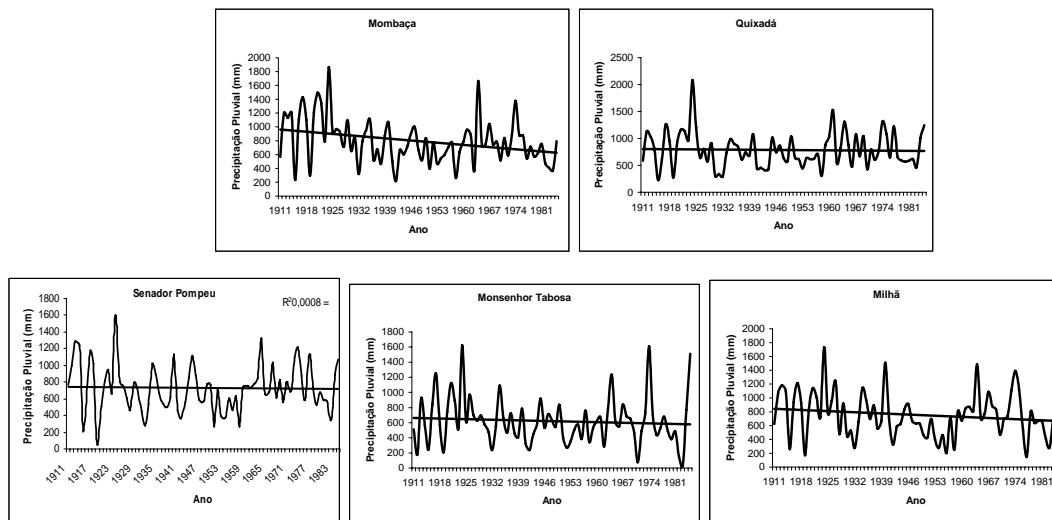


Figura 1. Gráficos das cidades com tendência pluviométrica negativa:

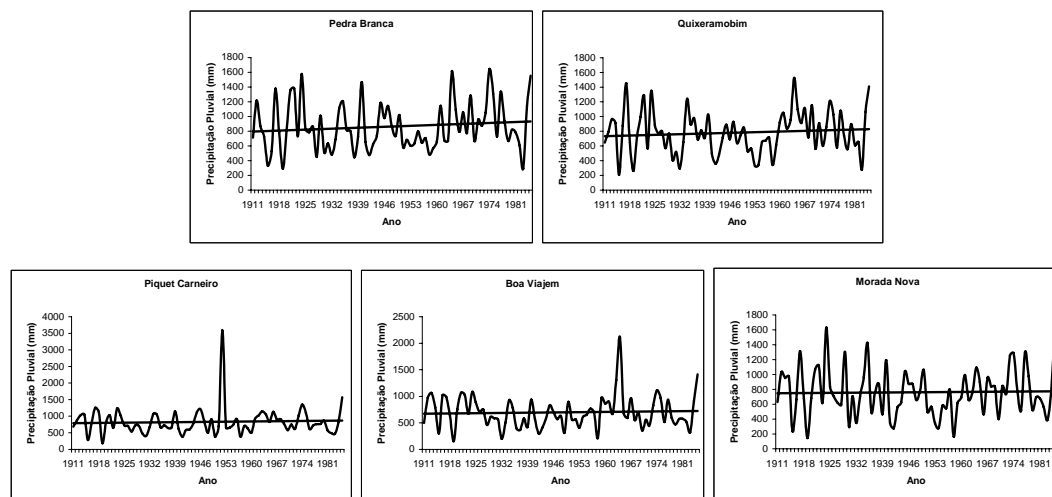


Figura 2. Gráficos das cidades com tendência pluviométrica positiva:

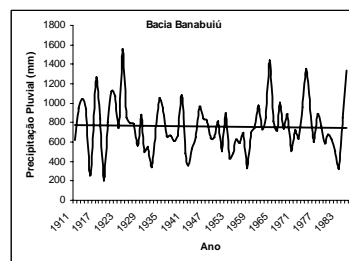


Figura 3. Tendência de precipitação pluvial ao longo do período 1911-1985

Os resultados foram de acordo com as conclusões de BERLATO et al. (1995), quando estudava a tendência da precipitação pluvial anual para o Rio Grande do Sul, onde não encontrou tendência significativa para a análise de séries de longo prazo.

CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou que o regime pluviométrico anual da Bacia do Banabuiú não mudou significativamente, segundo do teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Embora tenha sido observado flutuações naturais de tendência positiva e negativa entre o período a média da região indica tendência de queda na precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE, Rede Hidroclimatológica, www.adene.gov.br
- BACK, A. J. Aplicação estatística para tendências climáticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 1993, Porto Alegre.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual do Rio Grande do Sul – Revista Brasileira de Agrometeorologia, 1995.
- CASTAÑEDA, M. E.; BARROS, V. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de America al este de los Andes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8., CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 2., 1994, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. v. 1.
- SUDENE, **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Ceará**, Recife-PE, 1990.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva**. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF THE EVAPOTRANSPIRATION PROCESS FOR THE CURU PARAIPABA VALLEY, CEARA, BRAZIL.

OLIVEIRA, C.W.¹; COSTA, G. M. DA²; CAVALCANTE, L. C.² & GOMES, P. M. C.²

¹ Ph. D. Biosystems Engineering, Faculdade de Tecnologia – CENTEC/Limoeiro do Norte-CE, Rua. Estevão Remígio 1145, CENTRO CEP 62.930-000 Fone:(88) 3423 6911.

²Graduando em Tecnologia da Irrigação – CENTEC/Limoeiro do Norte.

RESUMO: Neste trabalho a importância relativa das diferentes variáveis climáticas envolvidas no processo da evapotranspiração foram avaliadas numa base diária. Os dados foram coletados próximo a cidade de Paraipaba na bacia do Curu Paraipaba, no estado do Ceará, Brasil. As variáveis testadas foram dia do ano (dia), radiação solar ($\text{Mj/m}^2\text{day}$), temperatura do ar de 24-h ($^{\circ}\text{C}$), temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$), temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$), temperatura ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa de 24-h (%), umidade relativa máxima (%), umidade relativa mínima (%), velocidade vento (m/s), razão do vento dia/noite, média vento diurna (m/s), déficit da pressão de vapor (kPa), vapor de pressão real (kPa) e precipitação (mm). Desses dados temperatura ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), déficit da pressão de vapor (kPa), e vapor de pressão real (kPa) foram estimados dos dados originais registrados. O modelo com todas variáveis estimadas e medidas foi capaz de explicar 89% da variação dos dados, com 63% de correlação com ET medida pelo lisímetro de pesagem. Um modelo reduzido com menos variáveis foi capaz de explicar 99,71% da variação dos dados com 68,57% de correlação com ET.

Palavras Chave: componentes principais, correlação, evapotranspiração.

ABSTRACT: On these work the relative importance of different climatologic variables involved on the evapotranspiration (ET) process on a daily basis were evaluated. The data was collect near the city of Paraipaba on the Curu Paraipaba watershed, in the state of Ceará, Brazil. The variables tested were day of the year (days), solar irradiance ($\text{Mj/m}^2\text{day}$), 24-h average air temperature ($^{\circ}\text{C}$), maximum air temperature ($^{\circ}\text{C}$), minimum air temperature ($^{\circ}\text{C}$), dew point temperature ($^{\circ}\text{C}$), 24-h average relative humidity (%), maximum relative humidity (%), minimum relative humidity (%), wind speed (m/s), day/night wind ratio, average wind speed day time (m/s), vapor pressure deficit (kPa), actual vapor pressure (kPa) and precipitation (mm/d). Out of this data set, dew point temperature ($^{\circ}\text{C}$), vapor pressure deficits (kPa) and actual vapor pressure (kPa) were estimated from the original recorded data. The model with all measured and estimated variable was able to explain 89% of the total variance, with 63% correlation with ET measured by a weight lysimeter. A reduced model with fewer variables was able to explain 99.71% of the total variance with 68.57% correlation with measured ET.

Key words: principal component, correlation, evapotranspiration.

INTRODUCTION:

Evapotranspiration (ET) is one of the major processes within the hydrologic cycle. Both the long and short term water budgets of the soil profile and basin depend to a significant degree on the evapotranspiration rate. The ideal approach is to measure ET and weighing lysimeters are considered the most practical and reliable way to measure direct evapotranspiration in short time periods, e.g., daily or hourly (Howell et al., 1985). Another possible step is ET estimation using equations that utilize climatologic data. Those equations uses several parameters which, to be obtained, also require a number of ongoing equations to be plugged in. These peculiarities allow such equations be found in the literature in several different forms depending on methodology used, available data, and assumptions taken (Allen et al., 1998). Most of ET estimations methodologies diverge from one to another in complexity, accuracy, and number of inputs required. The selection of the method to use is the one that gives the minimum error with the available variables (Oliveira et al., 1998). Other point that come across is how to select the variables that best fits a model to estimate ET, and to assure the quality (integrity) of the assess data. Some work has been done to assure quality of data (Allen, 1996). The objective of this work was to evaluate a technique for assessing the inputs most relevant in the ET process. A relation between measured ET by a weighing lysimeters and meteorological data such as, air temperature, humidity, solar irradiance, wind, etc is to be found for the Curu Paraipaba conditions.

MATERIAL E METHODS:

The data for this work is from January to December of 1998 collected at the weather station installed at the Curu Valley Experimental Station near Paraípara, in the state of Ceará, Brazil (Latitude 3°45' S, longitude 39°21' W Greenwich. and 20 m above sea level). This region has a rainy season from March though June and a dry season for the remainder of the year. We had 365 observations of which some had to be discarded because of maintenance on the weighting lysimeters, to result with 310 observations. The width and length of the lysimeter is 1.5 m, giving a surface area of 2.25 m², and the depth is 1.0 m, with 4500kg (10,000 lb) capacity, and accuracy of 0.45 kg (1 lb or 0.2041 mm of water). There were fifteen variables analyzed which were day of the year (days), solar irradiance (Mj/m²day), 24-h average air temperature (°C), maximum air temperature (°C), minimum air temperature(°C), dew point temperature (°C), 24-h average relative humidity (%), maximum relative humidity (%), minimum relative humidity (%), wind speed (m/s), day/night wind ratio, average wind speed day time (m/s), vapor pressure deficit (kPa), actual vapor pressure (kPa) and precipitation (mm/d). Out of this data set, dew point temperature (°C), vapor pressure deficit (kPa), actual vapor pressure (kPa), were



estimated from the original recorded data, using the following relations (Howel and Dusek, 1995)

$$T_{dew} = 237.3 / ((1 / ((\ln(RH/100) / 17.27) + (T / (237.3 + T)))) - 1) \quad (1)$$

where: T_{dew} is the current dew point temperature (°C),

\ln is the Neperian logarithmic

RH is the current relative humidity (%)

T is the current air temperature (°C)

The saturated vapor pressure $e(T)$ was computed using hourly air temperature according with the base equation for vapor pressure used in the FAO-56 (Allen et al., 1998). The actual vapor pressure e_a and VPD was computed using its relation with relative humidity as:

$$e_a = 0.611 * \exp((17.27 * T) / (T + 237.3)) * (\text{Hourly Relative Humidity} / 100) \quad (2)$$

$$VPD = 0.611 * \exp((17.27 * T) / (T + 237.3)) * (1 - \text{Hourly Relative Humidity} / 100) \quad (3)$$

The daily e_a value was obtained by the 24-h average of the computed hourly e_a values. To find the relative importance on the ET process, a coefficient of correlation was computed between each variable and the ET measured. The correlation coefficient (r) assesses the linear dependence between two random variables ranging from $-1 < r < +1$ (Ott, 1992).

$$r = S_{xy} / (S_{xx} S_{yy})^{0.5} \quad (4)$$

where: S_{xy} is the standard deviation between x e y given by $E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]$

S_x is the standard deviation of x given by $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$

S_y is the standard deviation of y given by $\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n$

If a linear relation is found between the variables and the ET measured, a linear regression curve can be adjusted which will then explain these relationship. When the variables are correlated with each other, principal component analysis (PCA) can be used. PCA decomposes the data matrix X (m samples, n variables) as the sum of the outer product plus a residual matrix E . The number of principal components k , to retain in the model will be less than the number of inputs if the data is correlated.

RESULTS AND DISCUSSION:

Compared with measured ET the highest correlation was found with solar irradiance (0.68). The other variables are fairly related, maximum temperature (0.55) and vapor pressure deficit (0.57). Since solar irradiance and maximum temperature are not independent variables (0.77). This may be an indicative that we are dealing with an ill-posed problem. Ill-conditioned

Table 1. Correlation coefficients of the climatic variables.

	Irada	Tavg	Tmax	UR24	URmn	VPDf	ET
JDay	0.4581	-0.1064	0.2286	-0.6842	-0.6055	0.6575	0.3366
Irada	1	0.4552	0.7717	-0.7365	-0.7568	0.7706	0.6764
Tavg	0.4552	1	0.6942	-0.2669	-0.2093	0.3273	0.435
Tmax	0.7717	0.6942	1	-0.579	-0.708	0.6523	0.5527
Tmin	-0.2688	0.5457	-0.0705	0.2764	0.4093	-0.2751	-0.1122
Tdew	-0.53	0.2218	-0.2685	0.8771	0.8368	-0.8401	-0.3269
UR24	-0.7365	-0.2669	-0.579	1	0.9114	-0.9859	-0.5247
URmx	-0.2876	-0.1974	-0.1286	0.5713	0.3598	-0.5249	-0.2094
URmn	-0.7568	-0.2093	-0.708	0.9114	1	-0.9236	-0.5019
Vent	0.6023	0.2056	0.4051	-0.8724	-0.7373	0.8379	0.3954
vd/n	-0.0234	0.0982	0.0533	0.3515	0.2484	-0.2995	0.0148
Vdia	0.3952	0.3452	0.3532	-0.4192	-0.3355	0.4371	0.3455
VPDf	0.7706	0.3273	0.6523	-0.9859	-0.9236	1	0.5686
ea24	-0.5308	0.2232	-0.262	0.8708	0.8269	-0.8346	-0.3302
PPT_	-0.6076	-0.3821	-0.5759	0.5619	0.5694	-0.5743	-0.4138
ET	0.6764	0.435	0.5527	-0.5247	-0.5019	0.5686	1

means that the samples are only marginally independent and the condition number is high. The condition number is defined as the ratio of the largest eigenvalue to the smallest eigenvalue. This number should be below 100 for stability, and a number less than 10 is best, for these data set the condition number found was 8.3749e+007.

Table 2. Results variance and accumulated variance, and components

Components	% Explained	% Exp. Ac.	Variables	PC1	PC2	PC3	PC4
PC1	55.437	55.437	JDay	0.2361	-0.2822	0.0865	-0.2653
PC2	17.145	72.582	Irada	0.3116	0.1793	-0.1481	0.0737
PC3	10.519	83.101	Tavg	0.1904	0.4648	0.1873	0.2292
PC4	6.380	89.480	Tmax	0.284	0.263	-0.136	0.2352
PC5	3.486	92.966	Tmin	-0.1011	0.3234	0.6091	0.0574
PC6	2.647	95.614	Tdew	-0.2937	0.3046	0.0701	0.07
PC7	1.867	97.481	UR24	-0.3408	-0.0135	-0.0615	-0.0462
PC8	0.897	98.378	URmx	-0.1923	-0.0004	-0.4893	0.3866
PC9	0.703	99.081	URmn	-0.3313	0.0199	0.113	-0.1428
PC10	0.490	99.571	Vent	0.3158	-0.0611	0.21	-0.0325
PC11	0.287	99.858	vd/n	-0.0601	0.3761	-0.4396	-0.3687
PC12	0.083	99.940	Vdia	0.1186	0.3403	-0.0829	-0.6725
PC13	0.034	99.974	VPDf	0.3399	0.0418	0.0407	0.056
PC14	0.022	99.996	ea24	-0.2878	0.3137	0.0691	0.0968
PC15	0.004	100.000	PPT_	-0.2349	-0.2096	0.1858	-0.1854



We use PCA to reduce the number of variables and deals with the problem of collinearity. The total variance found on the data was 20, and the first principal component (PC) explains 55.44% of it. The first four components explain together 89.48% of the total variance of the data. From the eighth PC forward they explain less than 1% of total variability, which it is worst than the original variables values.

The first PC correlates 63% with measured ET. Selecting a data set with the best correlated variables in respect with measured ET, which were solar irradiance, 24-h air temperature, maximum air temperature, 24-h relative humidity, minimum relative humidity, and vapor pressure deficit, a new principal component analysis, was found.

Table 3. Results variance and accumulated variance, and components with few variables

Components	% Explained	% Exp. Ac.	Variables	PC1	PC2	PC3	PC4
PC1	84.1549	84.155	Irada	0.4225	-0.0034	0.3827	-0.8153
PC2	10.3794	94.534	Tavg	0.3308	0.8241	-0.3311	0.0514
PC3	3.4823	98.017	Tmax	0.4173	0.2341	0.5611	0.4121
PC4	1.699	99.716	UR24	-0.4228	0.274	0.4799	0.046
PC5	0.2125	99.928	URmn	-0.4178	0.3749	-0.2066	-0.4005
PC6	0.0719	100.000	VPDf	0.4296	-0.2245	-0.3952	0.0178

These six variables, originated six components where the first four components were sufficient to explain 99.71% of the total variance of the data which was down to 8. For these components the first PC correlates 68.57% with measured ET. These results was better than the one found by Silveira (2000) which for the Metropolitan area, Acaraú and Curu watershed had a model that explain respectively, 89%, 91% and 93% of the total variance of each site on the estimated ET.

CONCLUSION:

For the Curu Paraipaba Valley the model with all measured and estimated variable was able to explain 89% of the total variance, with 63% correlation with measured ET by weight lysimeters. A reduced model with fewer variables was able to explain 99.71% of the total variance with 68.57% correlation with measured ET. The results revealed that solar irradiance and vapor pressure deficit were the climatologic variables with highest weight on the evapotranspiration process.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. *Journal of irrigation and drainage engineering*. v. 122.(2) p 97-106. 1996.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome. 1998.
- HOWELL, T.A.; McCormick, R.L.; Phene, C.J. Design and installation of large weighing lysimeters. *Transactions of the ASAE*. v. 28, p. 106-112, 117. 1985.
- HOWELL, T.A.; DUSEK, D.A. Comparison of vapor-pressure-deficit calculation methods – Southern High Plains. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 121. (2), p 191-198. 1995.
- OLIVEIRA, C.W.; SOUZA, F.; YODER, R.E.; RIBEIRO, R.S.F.; MIRANDA, F.R. Estimating reference evapotranspiration in northeast Brazil. Orlando: ASAE, 14p. (ASAE Paper, 982184). 1998.
- OTT, R.L. An introduction to statistical methods and data analysis. 4th Edition. Belmont, CA: Duxbury press, 1051p. 1992.
- SILVEIRA, S. S. Análise de componente principal como ferramenta para estimar os parâmetros meteorológicos de maior influência para o processo de evapotranspiração no Estado do Ceará. Fortaleza, 60p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará. 2000.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

IMPACTO DA IRRIGAÇÃO EM ÁREAS DO PERÍMETRO IRRIGADO FORQUILHA, CEARÁ

LOPES, F. B.¹, ANDRADE, E. M.¹, LOPES, J. F. B.³ & CRISOSTOMO, L. A.⁴

¹ Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, bolsista do CNPq, Caixa Postal 12168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone: (85) 4008 9762, e-mail: lopesfb@yahoo.com.br.

² Eng. Agr., Ph.D., Prof. do Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC.

³ Estudante de Agronomia, Dep. de Engenharia Agrícola, CCA/UFC.

⁴ Engº. Agrº Ph.D., Pesquisador da EBRAPA/CNPAT, Fortaleza, CE.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar os níveis de salinidade e sodicidade de solos irrigados com outro em condição natural. O estudo foi realizado no Perímetro Irrigado Forquilha, Ceará. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,30; 0,30-0,60; 0,60-0,90 e 0,90-1,20 m nas áreas cultivadas e na mata nativa. As campanhas de coleta ocorreram bimestralmente de janeiro de 2003 a setembro de 2005. O trabalho foi desenvolvido em um campo de feijão, irrigado com águas classificadas como C₁S₂. A irrigação é por superfície do tipo sulco. Os resultados mostraram que o total precipitado na região não foi suficiente para lixiviar os sais totais adicionados pelo manejo da irrigação. Os maiores incrementos para a Condutividade Elétrica do extrato de saturação (CEes) foram registrados nas camadas mais profundas durante a estação seca atingindo taxas de até 600%. Já com relação a RAS, o maior incremento foi de 225%. Apesar das elevadas taxas de incrementos, a CEes e RAS apresentaram valores bem inferiores aos limites de salinidade e sodicidade. Para a RAS, condição de mata nativa é alcançada a cada período chuvoso, enquanto para a CEes esta condição não é observada em nenhum período.

Palavras-chave: condutividade elétrica, RAS, lixiviação

IRRIGATION LAND USE IMPACTS IN PERÍMETRO IRRIGADO FORQUILHA, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: The purpose of this work was to compare the salinity and sodium risk levels in the soil, under irrigation condition, with another one, in an undisturbed land (MN) sited at Irrigated Perimeter of Forquilha, Ceará, Brazil. Soil was sampled each two month, from Jan/2003 to Sept/2005, in the depths of 0-0.30; 0.30-0.60; 0.60-0.90 and 0.90-1.20 m in sites under irrigation condition and undisturbed land (MN) respectively. The appraised area was cultivated with beans, and the water requirement was applied by furrow irrigation. The irrigation water is classified as C₁S₂. The total rainfall was not enough to leaching the total salts added due to irrigation management. The highest Electrical Conductivities (EC) and Sodium Adsorption Rate (SAR) increments, 600% and 225% respectively, were registered in deeper layers during dry season. Although increment rates were high, EC and SAR showed values bellow than salinity and sodium risk limits. During wet season, the SAR values are equal to those reached in undisturbed land, while EC, always, presented values upper to those one registered in undisturbed land.

Keywords: Electrical Conductivity, SAR, leaching

INTRODUÇÃO

As regiões áridas e semi-áridas do nordeste do Brasil são caracterizadas por prolongados períodos secos, por altas taxas de evaporação e pela má distribuição de chuvas no tempo e no espaço e, na maioria das vezes, os solos são rasos ou apresentam uma camada impermeável no seu perfil. Sendo as chuvas insuficientes para um bom desenvolvimento das culturas, a irrigação é de suma importância como forma de garantir a produção agrícola.

A evolução da área irrigada no mundo cresceu de 8 milhões de hectares em 1880, 48 milhões em 1900, 94 milhões de hectares em 1950, 198 milhões de hectares em 1970 e cerca de 220 milhões de hectares em 1990 (Jensen et al. 1990). Atualmente, estima-se uma extensão de 270 milhões de hectares irrigadas, as quais correspondem a apenas 15% da terra cultivada e respondem por 40% da produção global (Wichelns et al. 2002). Deste total de hectares irrigados, em torno de 110 milhões estão inseridas nas regiões secas do globo. A restante é situada em condições climáticas mais úmidas, onde o total anual precipitado é suficiente para lixiviar os sais e prevenir o acúmulo destes no solo (mace & amrhein, 2001). A salinização do solo, a um grau que inibe a produção agrícola, está se expandindo a uma taxa maior que 1 milhão de hectares por ano (Villiers, 2002), sendo que, em geral, o problema de salinidade é restrita as zonas áridas e semi-áridas do globo.

Embora a salinização dos solos não esteja ligada somente à qualidade da água de irrigação, dependendo também das concentrações físico-químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo a ele aplicadas, é comum o surgimento da salinidade em áreas cujas técnicas não visam a aplicação suficiente de água, a conservação da capacidade produtiva dos solos, o uso eficiente de sistemas de drenagem e a aplicação excessiva de fertilizantes (D'Almeida, 2002; andrade & d'almeida, 2006). Vários pesquisadores tem estudado os impactos da irrigação em perímetros irrigados, como Chaves (2005), Lopes (2005) e Andrade et al. (2006). O objetivo deste estudo foi avaliar o incremento de sais e o risco de sodicidade nas áreas irrigadas do Perímetro Irrigado Forquilha pelo manejo da irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas do Perímetro Irrigado Forquilha, localizado na Região Norte do Estado do Ceará e situado entre as coordenadas 3° 46' de latitude Sul e 40° 17' de longitude Oeste. Esta área é caracterizada como lote de Pequeno Produtor Qualificado, ou seja, áreas com 2,46 hectares. O clima da região de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo BSh Semi-Árido quente, com temperatura média anual de 27,5 °C.. A precipitação média anual,



no período de 60 anos é de 679 mm, caracterizando-se o regime pluviométrico pela irregular distribuição das chuvas, ao longo do ano, com período de 6 a 7 meses praticamente seco. A velocidade dos ventos é moderada, não ultrapassando $2,0 \text{ m s}^{-1}$.

A área do Perímetro está constituída por duas planícies: a grande planície aluvial do rio Madeira e a pequena planície aluvial do seu afluente, o rio Sabonete. Nos solos de textura leve, apenas em manchas de pouco extensão, a topografia é plana e francamente ondulada. Ao longo dos dois rios, os aluviões, são geralmente constituídos de solos médios e pesados (SHR, 2007). As amostras de solo foram coletadas nas camadas de: 0-0,30 m ; 0,30-0,60 m; 0,60-0,90 m e 0,90-1,20 m em quatro pontos distintos, elaborando-se uma amostra composta para cada camada. Também foram efetuadas amostras em um campo não trabalhado, o qual expressava a condição de uma área não alterada pelo manejo da irrigação. As campanhas de coleta ocorreram bimestralmente de janeiro de 2003 a setembro de 2005. Nos meses de março e maio de 2003 a Condutividade Elétrica (CE) não foi determinada.

O trabalho foi desenvolvido em um campo de feijão. A água utilizada para irrigação é classificada como C_1S_2 (Andrade et al. 2006). O sistema de irrigação é por superfície do tipo sulco. As amostras de solo, coletadas nas respectivas camadas, eram acondicionadas em sacos plásticos identificados e posteriormente encaminhadas ao laboratório de água e solo CNPAT/EMBRAPA, onde foram determinados: pH, CE, conteúdo de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Cl^- e RAS de acordo com a metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997). Tomando-se como base a CE do extrato de saturação (CEes) e a RAS avaliou-se a adição de sais ao solo pelo manejo da irrigação no Perímetro Irrigado Forquilha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da média da precipitação mensal para o posto pluviométrico de Forquilha, os incrementos da condutividade elétrica (CEes), e os incrementos da razão de adsorção de sódio (RAS) da área irrigada em relação a área que não sofre influência do manejo da irrigação são apresentados nas Figuras 1A, 1B e 1C, respectivamente. Os riscos de degradação gerados devido ao acúmulo de sais pela irrigação nas regiões semi-áridas são discutidos por Smedema & Shitati (2002) e Benhur et al. (2001). Percebe-se, que de um modo geral, para todo o período em estudo houve incremento dos valores da CEes (Figura 1B). Observa-se ainda que estes incrementos dentro do mesmo mês tendem a ser maiores nas camadas inferiores (60–90; 90–120 cm), o que sugere uma lixiviação dos sais para as referidas camadas. Resultados semelhantes foram observado por Lopes et al. (2005), estudando os riscos de salinidade e sodicidade em áreas do Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú, Ceará.

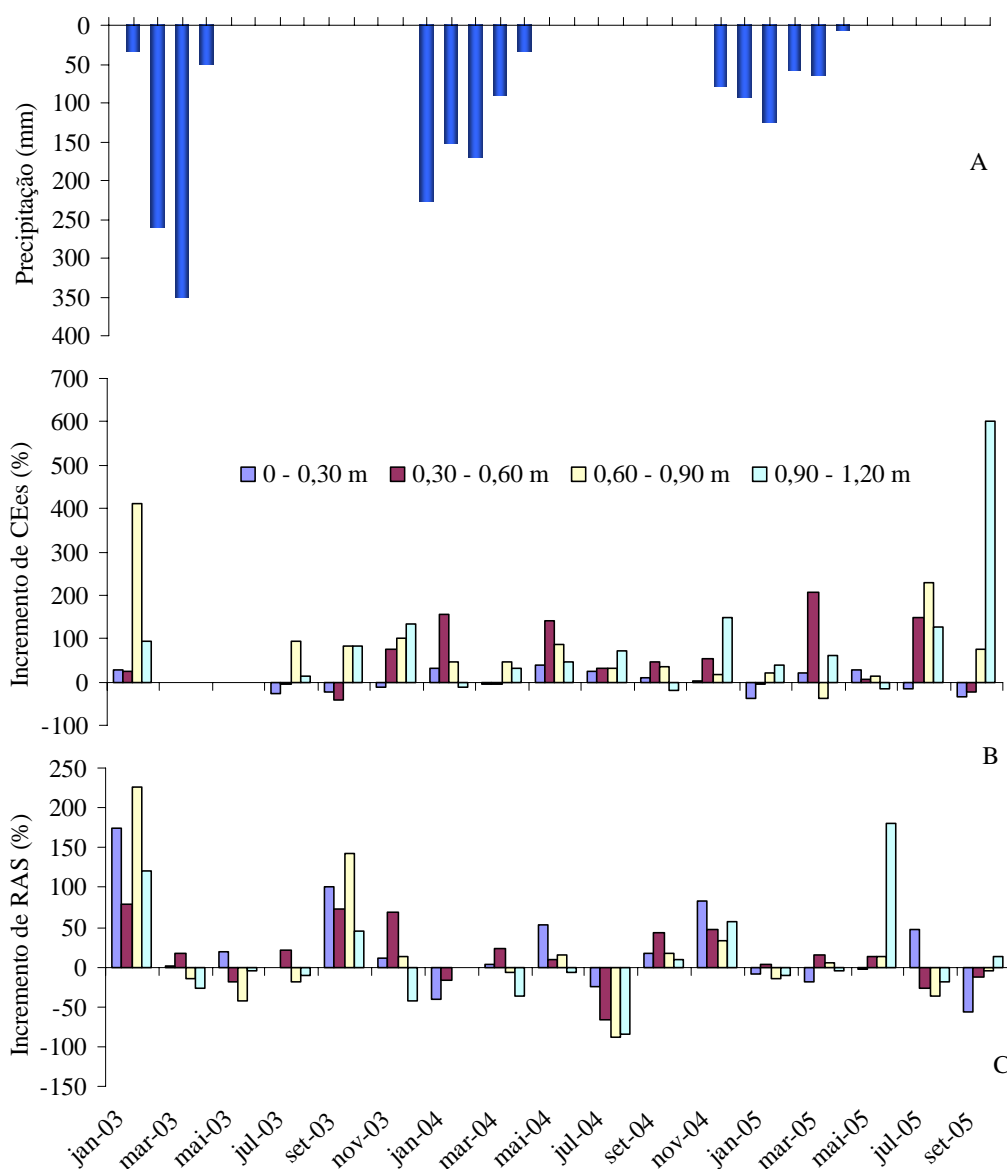


Figura 1. (A) Precipitação mensal para o posto de forquilha durante o período estudado, (B) incrementos da CEes e (C) incrementos da RAS na área irrigada em relação a mata nativa.

O maior incremento ocorreu na camada de 0,90–1,20 m, no mês de setembro de 2005, atingindo 600%. Resultados diferentes foram obtidos por D’Almeida (2002), Lopes et al. (2005) e Andrade & D’Almeida (2006), onde encontram os maiores incrementos na camada de 0,60-0,90 m. No período do estudo, os valores das precipitações ocorridas na região foram 697, 682 e 439 mm (Funceme, 2007), respectivamente, para os anos de 2003, 2004 e 2005, os quais não foram suficientes para promover a lixiviação total dos sais adicionados pelo manejo da irrigação, em relação a mata nativa. No entanto, não encontrou-se valores que caracterizem o solo como salino (CEes > 4,0 dS m⁻¹), já que nas análises o maior valor encontrado foi de 0,32 dS m⁻¹ (Tabela 1).



Tabela 1. Valores médios da CEes e RAS, nas quatro camadas do solo em condições de área irrigada (AI) e mata nativa (MN), no Perímetro Irrigado Forquilha, Ceará.

	0-0,30 m		0,30-0,60 m		0,60-0,90 m		0,90-1,20 m	
	AI	MN	AI	MN	AI	MN	AI	MN
CEes (dS m ⁻¹)	0,31	0,30	0,24	0,16	0,22	0,13	0,28	0,15
RAS	1,90	0,92	1,05	1,02	1,09	1,19	1,18	1,26

Com relação ao incremento da RAS, os resultados podem ser vistos através da Figura 1C. Observa-se que em janeiro de 2003, as taxas de incrementos são elevadas chegando a 225% para a camada (0,60–0,90 m). Este comportamento é decorrente da adição de sais advindo do manejo da irrigação. Nos meses subsequentes as precipitações ocorridas (697 mm) foram suficientes para levar os valores de RAS a condição de mata nativa. Ainda pela referida figura observa-se que os incrementos da RAS para o período seco de 2003 aumentaram. Este mesmo comportamento foram observado por Lopes et al. (2005). O comportamento verificado em 2003 é observado nos anos subsequentes, 2004 e 2005, apesar da precipitação ocorrida neste último ano, ser 35% inferior a média da região. Isto mostra que as precipitações pluviométricas têm promovido uma lavagem eficiente do elemento sódio adicionado por ocasião do manejo da irrigação.

Os dados mostram que os solos do Perímetro Irrigado Forquilha não apresentam riscos de sodicidade, já que a maior média para a RAS foi de 1,90 (Tabela 1), o qual é bem inferior a 14,0 (limite de classificação dos solos sódicos).

Verifica-se ainda pela Figura 1 que no geral os solos do Perímetro Irrigado Forquilha apresentam uma maior predisposição à salinidade em comparação com o risco de sodicidade, uma vez que os valores da CEes na área irrigada são sempre superiores aos registrados na mata nativa. Já em relação a RAS, esta condição é alcançada nos períodos chuvosos de cada ano. Outro fator observado é que os incrementos médios da CEes alcançam 58%, enquanto que para RAS este valor fica em torno de 18%.

CONCLUSÃO

O manejo da irrigação adotado na área resultou em incrementos de sais totais nas camadas estudadas durante todo o período estudado. Os maiores incrementos para a CEes foram registrados nas camadas mais profundas na estação seca, atingindo taxas de até 600%. Os incrementos médios foram de 58% e 18%, respectivamente, para CEes e RAS. Apesar dos incrementos, a CEes e RAS apresentaram valores médios bem inferiores aos limites de salinidade e sodicidade. Para a RAS, condição de mata nativa é alcançada a cada período chuvoso, enquanto para a CEes esta condição não é observada em nenhum período.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDRADE, E. M.; BATISTA, T. M.; TEIXEIRA, A. S.; MEIRELES, M. SOUSA, B. F. S. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.37 n.3 p. 279- 286, 2006.
- ANDRADE, E.M.; D'ALMEIDA, D.M.B.A.; MIERELES; A.C.M.; LEMOS FILHO, L.C.A.; ARRUDA, F.E.R. Evolução da concentração iônica da solução do solo em áreas irrigadas na Chapada do Apodi – CE. **Revista. Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, n.1, p.9-16, 2004.
- ANDRADE, E.M.; D'ALMEIDA, D.M.B.A. A Irrigação e os Riscos de Degradação dos Recursos Naturais. In: ROSA, M. F; GONDIM, R. S; FIGUEREDO, M. C. B. de. **Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza: Embrapa, 2006. cap. 9, p.221-244.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7 ed. – Viçosa: Ed. UFV, 2005. p.611.
- CHAVES, L. C. G.; ANDRADE, E. M.; LOPES, J. F. B.; CRISOSTOMO, L. A. Impacto da irrigação em áreas do Perímetro de Irrigação Araras Norte, Ceará. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Teresina-PI. **Anais...**2005.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2a ed., Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 212p. 1997.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A . Risco de salinização de um cambissolo na Chapada do Apodí-CE. Fortaleza, 2002. 68p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal do Ceará.
- JENSEN, M.E.; RANGELEY, W.R.; DIELEMAN, P.J. **Irrigation legends in world agriculture**.In: Irrigation of agriculture crops. Madison: Amer. Soc. Agron., 1990. p.31-67.
- LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M L.; CHAVES, C. G.; CRISOSTOMO, L. A.; RODRIGUES, E J. O. Estimativa dos riscos de salinidade e sodicidade em áreas do Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Teresina-PI. **Anais...**2005.
- MACE, J. E. and AMRHEIN, C. Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. **Soil Science American Journal**, v.65, p.199-204, 2001.
- SHR - Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos e Meteorológicos do Ceará. Disponível em: <<http://atlas.srh.ce.gov.br/obras/Irriga/22.asp>> Acesso em: 7 de ago. 2007.
- VILLIERS, M. **ÁGUA**. 1. ed. Rio de Janeiro:Ediouro, 2002. 457p.
- WICHELNS, D.; CONE, D.; STUHR, G. Evaluating the impact of irrigation and drainage policies on agricultural sustainability. **Irrigation and Drainage Systems**, v.16, p.1-14, 2002.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA PISCICULTURA

TEIXEIRA, R. M. L.¹; COSTA, I. S. A. DA²;
SILVA FILHO, V. R. DA³ & SOUZA FILHO, A. L. DE⁴

¹Estudante, Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia, FATEC, Juazeiro do Norte – CE, e-mail: rlteixeira@yahoo.com.br;

²Estudante, Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia, FATEC, Juazeiro do Norte – CE;

³Estudante, Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia, FATEC, Juazeiro do Norte – CE, e-mail: v_rodriz@yahoo.com.br;

⁴Estudante, Recursos Hídricos em Irrigação, Faculdade de Tecnologia, FATEC, Juazeiro do Norte – CE, e-mail: matrix_filho@hotmail.com.

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo analisar e estudar a qualidade da água (parâmetros físico-químicos) na produção de tilápia nilótica, através de medições diárias de temperatura, pH e oxigênio dissolvido, nos viveiros, além de identificar possíveis problemas referentes a fatores físico-químicos e comprovar a importância da qualidade da água na piscicultura. Foi desenvolvido no período de 05 de Fevereiro a 30 de Abril de 2007 na Estação de Piscicultura do Centro Vocacional Tecnológico de Barbalha - CVTEC, localizado no município de Barbalha, Estado do Ceará. Os resultados indicaram que o monitoramento da qualidade da água, nas condições do experimento, promoveu acréscimo na produtividade de tilápia do Nilo, melhorou a qualidade do pescado além de contribuir para a irrigação das áreas vizinhas, uma vez que água que sai dos viveiros está completamente adubada em função das atividades metabólicas realizadas pelos peixes.

Palavras chave: Tilápia, água, Adubação.

EVALUATION FÍSICO-QUÍMICA IN THE QUALITY OF THE WATER FOR PISCICULTURA

ABSTRACT: The present work had for objective to analyze and to study the quality of the water (parameters physico-chemistries) in the production of nilotic tilapia, through daily measurements of temperature, pH and dissolved oxygen, in the fisheries, beyond identifying to possible referring problems the factors physico-chemistries and proving the importance of the quality of the water in the pisciculture. It was developed in the period of 05 of February the 30 of April of 2007 in the Station of Pisciculture of the Technological Vocational Center of Barbalha - CVTEC, located in the city of Barbalha, State of the Ceará. The results had indicated that the monitoring of the quality of the water, in the conditions of the experiment, promoted addition in the productivity of tilapia of the Nile, improved the quality of the fished one beyond contributing for the irrigation of the neighboring areas, a time that water that leaves the fisheries completely is fertilized in function of the metabolic activities carried through by the fish.

Key words: Tilapia, water, Fertilization.

INTRODUÇÃO

A piscicultura, entendida como a criação de peixes de forma racional destaca-se dentro da zootecnia por ser uma atividade que possibilita melhor uso das águas, garantindo a disponibilidade e a qualidade da alimentação humana além de insumos para outras atividades agrícolas, gerando emprego e renda, proporcionando excelentes oportunidades de lazer e mantendo harmonia com o meio ambiente. Neste segmento de cultivo a espécie que vem se destacando no mundo e no Brasil é a Tilápia do Nilo. A expansão desta espécie no mercado nacional se deu devido a sua rusticidade, excepcional qualidade de sua carne, além de se adaptar como nenhuma outra as condições climáticas.

Garantir a qualidade da água é sem sombra de dúvidas, um dos segmentos mais importantes para se obter o sucesso desejado numa piscicultura, seja da ordem de crescimento, eficiente da conversão alimentar para uma boa sanidade dos peixes. Faz-se necessário que haja uma interação entre os fatores físicos, químicos e biológicos para que só então aconteça a dinâmica da qualidade da água nos processos de criação de peixes. Tal interação pode ser conseguida se produtores e técnicos, fizerem uso das técnicas e dos equipamentos e produtos para monitoramento e correção da qualidade da água, disponíveis no mercado (Kubitza, 1999).

Os objetivos deste trabalho foram descrever o cultivo de tilápia e analisar a qualidade da água, na produção desta espécie (parâmetros físico-químicos), através de medições diárias de temperatura, pH e oxigênio dissolvido, nos viveiros

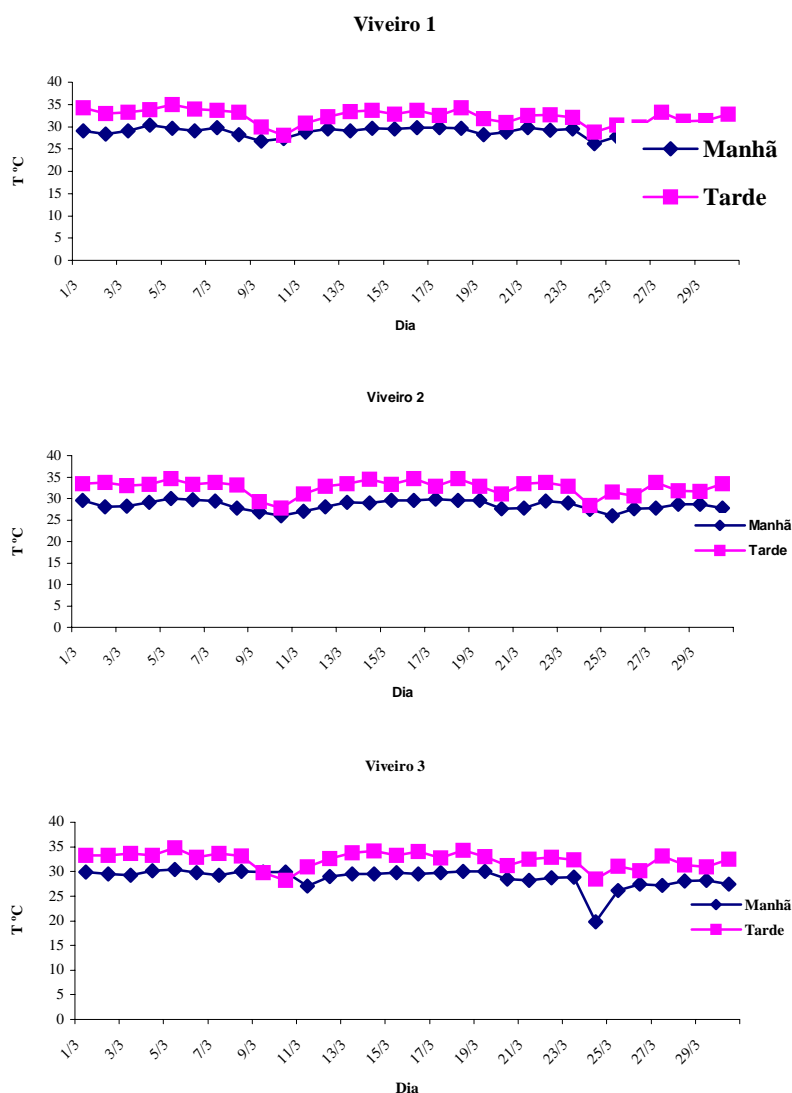
Este trabalho foi desenvolvido no período de 05 de Fevereiro a 30 de Abril de 2007 na Estação de Piscicultura do Centro Vocacional tecnológico de Barbalha - CVTEC, localizado no município de Barbalha, Estado do Ceará. Situa-se entre as coordenadas geográficas de 07°19'S de Latitude, 39°18'W de Longitude e 409.00 de altitude. Tomando como foco o acompanhamento dos padrões físico-químicos da água, dentre eles a temperatura, o oxigênio dissolvido e o potencial hidrogeniônico. Para a realização das análises dos parâmetros físico-químicos (Temperatura, pH e Oxigênio Dissolvido), foram utilizados os seguintes materiais: pHmetro digital, oxímetro e termômetro eletrônico.

A avaliação destes parâmetros foi baseada na metodologia usada para piscicultura e está especificada a seguir: foram selecionados três (03) viveiros 1, 2 e 3, respectivamente, e, nestes, procedeu-se às medições duas vezes ao dia: no início da manhã (06h00min) e no final da tarde (17h00min), durante 30 dias seguidos, o que significa 180 medições.

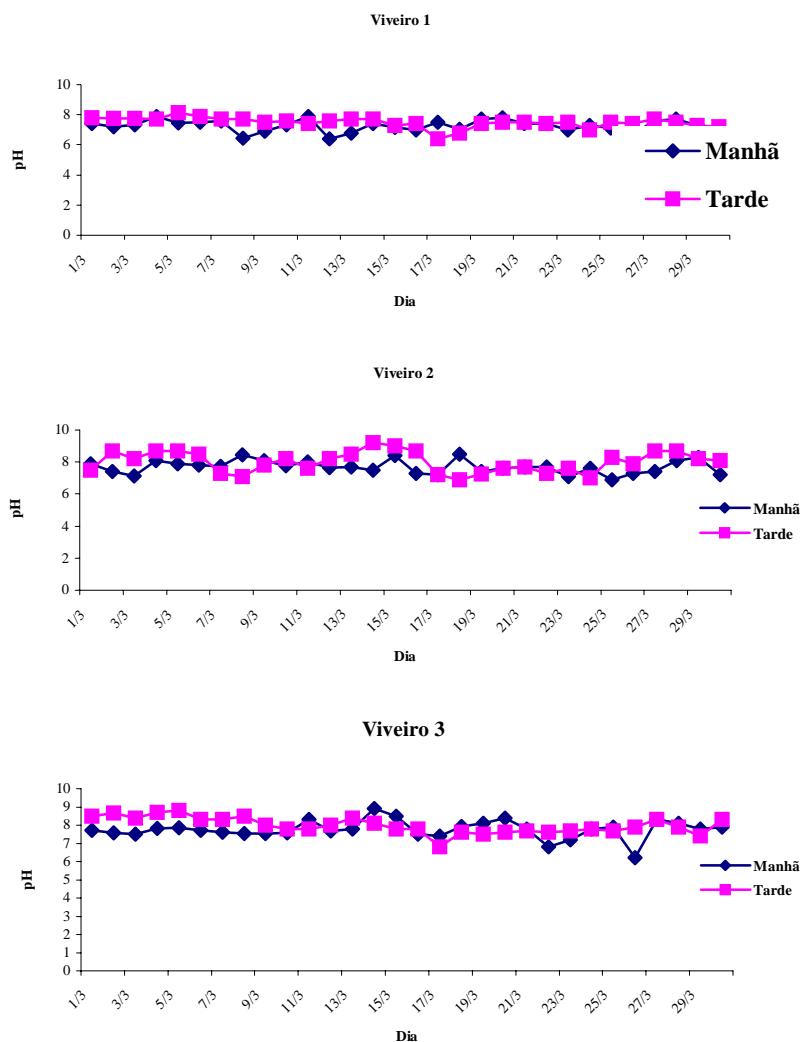


Os resultados obtidos e suas análises estatísticas são apresentados nos gráficos que representam os seguintes parâmetros: Temperatura, Ph e Oxigênio Dissolvido.

- **Temperatura:** Observou-se que não houve variação significativa durante o período das medições. A Temperatura máxima registrada ocorreu no viveiro 01 (um), no dia 30 de Março as 17:00 horas (35°C) e a mais baixa, no dia 26 de Março as 06:00 horas (26,2). Na média geral se manteve em torno de 30,05°C, portanto, dentro do aceitável para produção de tilápia, que é em torno de 27°C e 32°C.



pH: o pH das águas naturais varia entre 3,0 e 12, sendo raro valores abaixo de 6,0 e acima de 9,0. A tolerância dos peixes ao pH situa-se entre as faixas de 5,0 a 10, mas a ideal está entre 6,5 e 9,0.



- Oxigênio Dissolvido:** Sabe-se que as condições desse gás estão diretamente relacionadas com a temperatura e como esta se manteve dentro dos níveis aceitáveis, o OD não sofreu nenhuma mudança irreversível, apenas em um único dia se mostrou preocupante. O registro ocorreu no dia 02/01 no viveiro 02, 4,4mg L⁻¹, as 06:00horas. O valor mais elevado foi no dia 1/2, as 17:00 horas no viveiro 01 24,3mg L⁻¹.



Por todas essas informações coletadas, pode-se concluir que os parâmetros físico-químicos avaliados encontram-se dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo de peixes tropicais, especificamente as tilápias.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

KUBITZA, Fernando. **Qualidade de água na produção de peixes**. 3º ed. Revista Jundiaí, 1999. 97 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

PLANILHA ELETRÔNICA PARA PLANEJAMENTO DE CALENDÁRIOS DE IRRIGAÇÃO

PINTO, F. A.¹; FREITAS, C. A. S. DE² & RIBEIRO, R. S. DA F.³.

¹Estudante de mestrado em Irrigação e Drenagem, Depto de Engenharia, UFC, Fortaleza, CE.
fabricioapinto@yahoo.com.br. Fone (85) 3088 1234.

²Estudante de mestrado em Irrigação e Drenagem, Depto de Engenharia, UFC, Fortaleza, CE.

³Prof. Adjunto, Ph.D., Depto de Engenharia, UFC, Fortaleza, CE.

RESUMO Este trabalho teve por objetivo permitir a utilização de planilha eletrônica no planejamento de calendários de irrigação em cultivos anuais. A planilha elaborada recebeu a denominação de CALIRRIG, nela é estimada a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith e realizado o balanço hídrico do solo para uma dada situação. O resultado final apresentando é a programação diária da irrigação, onde é possível se verificar “quando irrigar” e “quanto irrigar”. Para validação deste trabalho foi realizada uma comparação usando dados obtidos em um experimento de campo previamente realizado e uma simulação para as mesmas condições. A simulação mostrou resultados semelhantes para Eto, Etc, número de irrigações e para a lâmina total a ser aplicada. Diante dos resultados obtidos concluímos que há uma indicação de que o CALIRRIG possa ser utilizado para o planejamento de calendários de irrigação em cultivos anuais.

Palavras-chave: programação de irrigação, software, evapotranspiração

IRRIGATION SCHEDULE PLANNING USING ELECTRONIC WORKSHEET

ABSTRACT: The goal of this work was to allow the usage of electronic worksheets for irrigation schedule planning. The developed worksheet was named CALIRRIG, and it estimates the reference evapotranspiration using the Penman-Monteith method, and the soil water budget. The resulted worksheet presents a daily irrigation plan. A validation was performed comparing data from a field experiment using beans. The simulation presented similar data of ETo, ETC, number of irrigations, and total irrigation depth. This is an indication for the use of the CALIRRIG for irrigation scheduling and planning.

Keywords: irrigation planning, software, evapotranspiration



INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial acarreta obrigatoriamente uma maior demanda pela produção de alimentos, que deverá ser equacionada, pela utilização em grande escala, da tecnologia de irrigação. Diante desta demanda crescente a agricultura moderna deverá buscar maiores produtividades e uma qualidade superior de seus produtos, contudo a rentabilidade desta atividade pode estar comprometida se não houver um uso eficiente dos insumos, da energia e da água utilizada de irrigação. Quando não se utiliza recomendações técnicas adequadas, a irrigação se configura apenas em uma tentativa para solucionar o problema de disponibilidade de água às plantas, podendo resultar no desperdício dos recursos hídricos e de solo. Para o sucesso da agricultura irrigada, duas variáveis são de extrema importância: o bom dimensionamento do sistema e o manejo da irrigação. O manejo da irrigação é definido como o processo decisório de “quando irrigar” e “quanto irrigar”. Embora existam inúmeros métodos que se proponham a auxiliar nessa tomada de decisão, na prática, a utilização destes ainda é limitada em virtude da dificuldade de obtenção dos dados necessários, e da complexidade das decisões envolvidas. Com os avanços da informática e o acesso cada vez mais facilitado aos microcomputadores, a utilização de planilhas eletrônicas pode trazer resultados rápidos e confiáveis para o manejo da irrigação. O objetivo deste trabalho foi elaborar uma planilha eletrônica baseada na equação do balanço hídrico do solo, para planejamento de calendários de irrigação em cultivos anuais.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com base no programa CADIR (calendário de irrigação) apresentado por Ribeiro (1992). O CALIRRIG foi desenvolvido com o uso da planilha eletrônica Excel da Microsoft, sendo constituído por seis planilhas: Entrada de Dados, Clima, ETo, Solo, Cultura e Balanço Hídrico. Na planilha Entrada de Dados foram reservadas células que permitem ao usuário escolher o município, a textura do solo, o sistema de irrigação, a data do plantio, a cultura e a duração de seus estádios fenológicos. Na planilha Clima foram elaboradas tabelas com os valores médios mensais de temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento para treze municípios do estado do Ceará (Cabral, 2000). Esta serviu como banco de dados para a planilha ETo que estimou a evapotranspiração de referência através do método de Penman-Monteith. Na planilha Solo foram relacionados, de acordo com Gomes (1994), a textura do solo e a disponibilidade total de água no solo. Na planilha Cultura foram inseridas tabelas com parâmetros para dez culturas, dentre eles os coeficientes de cultura,

para diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (Bernardo, 2005), a profundidade do sistema radicular segundo Freitas (2006), e o fator de depleção proposto por Gomes (1994). Na planilha Balanço Hídrico foram reunidos os resultados das planilhas anteriores, necessários ao balanço hídrico no solo resultando na geração de um calendário de irrigação para o ciclo das culturas em questão. Para efeito de validação foi realizada uma simulação para as mesmas condições do trabalho de controle de irrigação, realizado por Ribeiro et al. (2006), em experimento de campo com cultivo de feijão no período de 23/11/2005 a 17/01/2006, no município de Fortaleza – CE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do CALIRRIG é apresentado na planilha Balanço Hídrico, onde o usuário pode acompanhar a programação diária de um calendário de irrigação, verificando o momento e a quantidade de água a ser aplicada. Todas as informações estão dispostas em 12 colunas: **Coluna A** - data de cada dia do ciclo da cultura; **Coluna B** disponibilidade total de água do solo (DTA); **Coluna C** – capacidade total de água no solo (CTA); **Coluna D** – capacidade real de água no solo (CRA); **Coluna E** – evapotranspiração de referência (ET_o); **Coluna F** – coeficiente de cultivo da cultura (K_c); **Coluna G** – evapotranspiração da cultura em condições ótimas de umidade de campo (ET_{pc}); **Coluna H** – lâmina atual de água no solo (LLA); **Coluna I** – coeficiente de umidade do solo (K_s); **Coluna J** – evapotranspiração de referência (ET_o); **Coluna K** – irrigação real necessária (IRN); **Coluna L** – irrigação total necessária (ITN). Os parâmetros básicos da irrigação obtidos em campo e por simulação são mostrados na Tabela 1. Os valores diários de E_{tc} variaram de 3,9 mm.dia⁻¹ a 5,7 mm.dia⁻¹ para a situação de campo, e de 3,8 mm.dia⁻¹ a 6,9 mm.dia⁻¹ quando estimados por simulação. Contudo, os valores de ET_o, ET_c, número de irrigações e lâmina aplicada total se mostraram semelhantes para as duas situações.

Tabela 1: Parâmetros básico da irrigação

Parâmetros Básicos da Irrigação		
	Ribeiro et al. (2006)	CALIRRIG
ET _o (mm)	306	308
ET _c (mm)	269	267
Turno de rega (horas)	12	12-24
Nº de irrigações	56	53
Lâmina aplicada total (mm)	299	319



CONCLUSÕES

Diante dos resultados alcançados pode-se concluir que a planilha aqui apresentada pode ser utilizada para o planejamento de calendários de irrigação em cultivos anuais, apresentando rapidez nos cálculos, facilitando a aplicação das técnicas de manejo da irrigação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2005. 611p.
- CABRAL, R. C. **Evapotranspiração de referência de hargreaves (1974) corrigida pelo método de Penman-Monteith/FAO (1991) para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 2000. 83p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- FREITAS, C. A. S. de. **Caracterização radicular do maracujazeiro submetido a diferentes níveis de potássio**. Fortaleza: UFC, 2006. 73p. (Monografia de Graduação em Agronomia).
- GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação- sistemas pressurizados: aspersão e gotejamento**. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 1994. 344p.
- RIBEIRO, R. S. F. **Modelo computadorizado para determinação de calendários de irrigação**. Fortaleza: UFC, 1992. 89p. (Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- RIBEIRO, R. S. F.; MACIEL, W. M.; NETO, A. L. A.; CANAFÍSTULA, J. F. Montagem, instalação e testes de sistemas de controle de irrigação com diferentes níveis de automação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. (CD-ROM).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO INSTALADO NO MUNICÍPIO DE IGUATU – CE

**COSTA, M. P.¹; ARRAES, F. D. D.²; SOUZA, I. H.³,
BRITO, J. L. D.²; SOUSA, C. H. C.³ & ANDRADE, C. M.²**

¹Estudante de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE, Rua Jose Ferreira Lima 54, Bairro Veneza, CEP: 63500-000, marcelodvdcenter@gmail.com

²Estudante de Tecnologia de Irrigação e Drenagem, Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE

³ Professor, M. Sc. , Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE

RESUMO: O presente trabalho foi realizado com objetivo avaliar a eficiência de um sistema de irrigação por gotejamento instalado no sítio Tanque, município de Iguatu-Ce. Foram determinadas as vazões de 16 emissores com três repetições para uma maior confiabilidade dos dados, empregando-se a média aritmética para os cálculos dos coeficientes. Na avaliação do sistema empregou-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Variação de Vazão (ΔQ) e Eficiência de Aplicação (Ea). Os valores do CUC, CUD, ΔQ e Ea foram de 54%, 45%, 91% e 40% respectivamente, sendo os mesmos classificados como inaceitáveis .

Palavras-chaves: Irrigação, uniformidade de distribuição

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF DRIPPING IRRIGATION SYSTEM INSTALLED IN THE CITY OF IGUATU – CEARÁ

ABSTRACT: This work was carried out to evaluate of dripping irrigation system sited in the sit tanque, in the city of Iguatu, Ceará State, Brazil, concerning water distribution. The flow of 16 emitters was measured and it was used three replications to get a better result. The coefficients of Christiansen (CUC), Criddle (CUD), variation of flow (ΔQ) and efficiency of water (Ea). Values of CUC, CUD, ΔQ and Ea. out 54%, 45%, 91% and 40% were obtained for and , respectively, indicating a high surface water distribution by the system and adequate design.

Key-words: Irrigation, uniformity distribution



INTRODUÇÃO

Em nível mundial, os recursos hídricos já estão escassos, em termos de quantidade e qualidade, sinalizando para uma utilização racional e limitada de água nos múltiplos usos. Assim, novas tecnologias úteis devem ser elaboradas para a convivência com a seca nos bolsões de pobreza nos trópicos semi-áridos; dentre essas técnicas deve-se destacar o uso racional da água através da irrigação (Silva, 2006)

A idéia da irrigação é suprir de água as plantas, na quantidade necessária e no momento adequado, para se obter a máxima produção e a melhor qualidade do produto. A água deve ser aplicada antes que a taxa de extração do solo em relação à taxa de evapotranspiração decresça a ponto de ocorrer um déficit de água na planta, reduzindo a produção e afetando a qualidade do produto obtido.

A eficiência de aplicação de água pode ser definida como a relação entre o volume de água que fica disponível para a planta na região das raízes e o volume de água aplicado pelo sistema de irrigação e, sendo assim se toda a água aplicada for aproveitada pela planta a eficiência de aplicação será igual a 1,0 ou 100%; este valor, entretanto, dificilmente poderá ser alcançado em condições de campo em virtude das perdas que ocorrem durante e após a irrigação (Allen et. al. 1998).

Um dos aspectos mais importantes a ser observado na avaliação de um sistema de irrigação é a uniformidade de distribuição de água pelo sistema. Para determinar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação localizada, é necessário realizar a medição das vazões dos emissores ao longo das linhas laterais. Conhecendo as vazões dos emissores, pode-se calcular a uniformidade de distribuição do sistema, por meio de várias equações.

O presente trabalho visa avaliar o desempenho de dois sistemas de irrigação por gotejamento instalado em uma área com a cultura do maracujá situado no sítio Tanque, município de Iguatu-ce.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na localidade do sítio Tanque, localizado no município de Iguatu, centro-sul do Estado do Ceará. A área de estudo está inserida em uma região classificada segundo Köppen BSw'h', ou seja, clima quente e semi-árido, com temperatura média mensal superior a 18° C. Como toda região do Ceará as concentrações chuvosas são mais destacadas nos meses de janeiro a abril. A região apresenta uma pluviosidade média de 800 mm, e os meses mais secos são de julho-outubro. O estudo foi realizado em uma área de 1,6ha.

cultivada com um pomar de maracujá, sendo um gotejador para cada planta e o mesmo tendo um vazão nominal de 4L/h.

A metodologia utilizada para a avaliação do sistema de irrigação foi baseada na de Merriam & Keller (1978) e, de acordo com a qual, foram determinadas as vazões de 16 emissores. Desse modo foram selecionadas a primeira linha lateral, a situada a 1/3 da linha de derivação, a 2/3 e a última. Do mesmo modo, em cada lateral foram selecionados quatro emissores com o mesmo critério de seleção. A determinação da vazão foi pelo método volumétrico direto utilizando, uma proveta de 1L graduada e cronômetro. Foram realizadas três repetições para uma maior confiabilidade dos dados, empregando-se a média aritmética para cálculo dos coeficientes. De posse dos dados, foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), a Variação de Vazão (ΔQ) e a Eficiência de Aplicação (Ea)

Cálculo do Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC).

$$CUC = \frac{100 \times \left(1 - \sum_{i=1}^n \left| \bar{q} - q_i \right| \right)}{n \times \bar{q}} \quad (1)$$

Em que,

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

q_i - é a medida da vazão em cada emissor, L.h⁻¹;

\bar{q} - é a média das vazões de todos os emissores, L.h⁻¹;

n - números de emissores.

Cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD):

$$CUD = \frac{qn}{q} \times 100 \quad (2)$$

Em que,

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição, %;

qn - média dos 25% das vazões, com menores valores, L h⁻¹;

Cálculo da variação da vazão (ΔQ)

$$\Delta Q = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \times 100 \quad (3)$$

Em que,

ΔQ – variação de vazão, %;



$Q_{m\acute{a}x}$ – vazão máxima, L h⁻¹

$Q_{m\acute{i}n}$ – vazão mínima, L hP⁻¹.

Cálculo da Eficiência de Aplicação (Ea)

$$Ea = Ks * CUD \quad (4)$$

Ea - Eficiência de aplicação;

Ks - coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 90%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes indicadores da performance do sistema em campo encontram-se dispostos na tabela 1. A partir dos resultados obtidos constata-se que o valor do CUC foi de 54%, sendo esse valor considerado inaceitável segundo a classificação de Mantovanni (2002). O valor do coeficiente de distribuição encontrado foi de 45% tão valor é considerado inaceitável pela classificação proposta ASAE (1996). Resultados semelhantes foram observados por Mesquita et al. (2005), na avaliação do sistema de microaspersão localizado no município de Sobral. Já Souza et al. (2005) avaliaram um sistema de gotejamento e obtiveram o valor do CUC de 91%. Observando a tabela 1 podemos vê que o valor do CUC foi maior que o valor do CUD. Comum o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) ser menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC); este comportamento é esperado, pelo fato de que o primeiro considera a média das 25% menores laminas coletadas e o de Christiansen pondera a média da lâmina coletada em todos os coletores fazendo com que uma vazão compense a outra (SILVA, 2006). Porém LOPEZ et al. (1996) afirma que o emprego do coeficiente de uniformidade de distribuição em avaliação de sistemas de irrigação localizada é mais indicado, pois, possibilita uma visualização mais clara com relação às plantas que estão recebendo menos água.

Apresentam-se, na Tabela 1 o valor do ΔQ . Observa-se que o valor da variação de vazão (ΔQ foi igual a 91%) foi considerado inaceitável para sistema de irrigação por gotejamento. KELLER & KARMELI (1994), recomenda que variação de vazão não ultrapasse o valor de 10%. Esse resultado pode ser atribuído ao entupimento de alguns emissores e desuniformidade dos emissores. Resultado semelhante foi observado por Mesquita et al. (2005).

O valor da eficiência de aplicação (Ea) calculada a partir da coleta das vazões ficou muito abaixo daquele esperado para o sistema de irrigação por gotejamento. Segundo o Manual 36 da FAO recomenda uma faixa de 90 a 95% para a eficiência de aplicação. Com isso, a área em estudo apresenta Ea de 40%, encontrado-se em funcionamento deficiente. Esta baixa eficiência da área deve-se a obstrução dos emissores, cortes nas mangueiras e vazamento em conexões, o que foi verificada durante a avaliação do sistema.

Tabela -1. Coeficientes resultantes da avaliação dos sistemas de irrigação por gotejamento.

COEFICIENTES	VALOR	UNIDADE
CUC	54	%
CUD	45	%
ΔQ	91	%
Ea	40	%

CONCLUSÃO

Os coeficientes de uniformidade de irrigação avaliados foram classificados como inaceitáveis nas diferentes metodologias propostas. Devidos principalmente a vazamentos ao longo das linhas laterais, grande variação de vazão, emissores entupidos e danificados, entre outros fatores contribuíram para o baixo desempenho do sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop e evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297p (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56)
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph: Michigan, 1996. p.792-797.
- LÓPEZ, R. J.; ABREU J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- MANTOVANI, E.C. **AVALIA – Manual do Usuário**. Viçosa: DEA/UFV – P&D/Café/EMBRAPA. 2002. 100p.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MESQUITA, A. M. M.; FREITAS, A. A.; BEZERRA, A. K. P.; SALES, M. L. M.; SOUSA, A. E C.; SOUSA, C. H. C.; FARRAPO, G. F. M.; LIMA, S. C. R V. Avaliação de desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento em condições de campo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XV .2005, Teresina. **Anais...**, 2005. (CD ROM).
- SILVA, L. F. D. Avaliação de unidades produtivas da agricultura familiar no perímetro irrigado de Sumé, PB. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006
- SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P. C.; VILAS BOAS, M. A. Avaliação do desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em vila rural. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XV .2005, Teresina. **Anais...**, 2005. (CD ROM).
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler, 1974. 133 p.



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

AVALIAÇÃO DA UNIFORMIDADE DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA À NÍVEL DE CAMPO INSTALADO NO MUNICÍPIO DE BARBALHA-CEARA¹

**SILVA, E. J.²; LOPES, F. B.²; BEZERRA, A. J. S.³;
SALES, J. C.⁴; PAIXÃO, F. J. R.⁵ & ARAUJO, A. F.⁶**

¹Parte do relatório da bolsa FUNCAP 2005 da terceira autora.

²Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, Caixa Postal 12168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone: (85) 4008 9762. e-mail: edivamj@yahoo.com.br e lopesfb@yahoo.com.br.

³Tecnóloga em Recursos Hídricos e Irrigação.

⁴Doutorando, Professor do Departamento de Recursos Hídricos e Irrigação da FATEC de Juazeiro do Norte.

⁵Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Doutorando em Engenharia Agrícola e Recursos Naturais, UFCG.

⁶Tecnóloga em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestranda em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC.

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade Tecnológica Centec – FATEC Cariri, situado no município de Barbalha-CE, com o objetivo de avaliar um sistema de irrigação localizada tipo microaspersão instalado em uma área cultivada com a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.). O teste foi realizado em uma sub-unidade representativa da área. Foi coletado o volume dos emissores no intervalo de 30 s, empregando três repetições. De posse dos dados, foram calculados Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), coeficiente de uniformidade estatística (Us), Eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de variação da vazão dos emissores (cv). De acordo com os resultados obtidos verificou-se que as condições de eficiências e uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação avaliados encontram-se boas.

Palavras-chave: Microaspersão, coeficientes, *Psidium guajava* L.

EVALUATION OF THE UNIFORMITY OF A SYSTEM OF LOCATED IRRIGATION INSTALLED IN THE CITY OF BARBALHA-CEARA, BRAZIL

ABSTRACT: This work was developed in the experimental field of the college tecnologia Centec –Fatec Cariri, situated in the city Barbalha-Ceara, with the objective to evaluate a system of located irrigation type microaspiration installed in an area cultivated with the culture of goiaba (*Psidium guajava* L.). It was carried test developed in a sub-unit, which was representative of the area. The time of sample volume was 30 second and it was used three replications. It was estimated the following indicator of irrigation efficiency: CUC, CUD, Us, Ea and Cv. Results showed up the conditions irrigation system

efficiency, were good. Although, the system presents a capacity to have a higher, used water efficiency, it was necessary a development and implantation of a plan to get and to maintain the irrigation system working in a higher efficiency.

Keywords: Microaspiration, coefficient, *Psidium guajava* L.

INTRODUÇÃO

A irrigação tem se configurado como um importante fator de segurança no contexto da agricultura, notadamente, em regiões de clima árido e semi-árido, onde a escassez aliada à inconstância das precipitações pluviométricas compromete a produção agrícola. Nesse sentido a utilização de sistemas de irrigação localizada além de proporcionar um considerável incremento no rendimento das culturas, possui elevado potencial de economia de água. A irrigação por microaspersão e gotejamento constitui o principal sistema de irrigação localizada, devido a sua maior eficiência e uniformidade na aplicação de água, quando comparados aos demais sistemas de irrigação (Pizarro, 1997).

Segundo Keller & Karmeli (1975), torna-se necessário à realização periódica de avaliações do sistema de irrigação, pois apesar das inúmeras vantagens apresentadas, existem problemas na irrigação localizada, dentre os quais se destacam a obstrução dos emissores. Esta obstrução é causada por material orgânico em suspensão, por deposição química e por partículas minerais, características hidráulicas, topografia do terreno, pressão de operação, tamanho dos tubos, espaçamento entre emissores, variabilidade de vazão dos emissores e filtragem da água não adequada. Para se conhecer o nível de eficiência de um sistema de irrigação é necessário que se façam avaliações regulares. Uma avaliação completa requer a análise de fatores como superfície molhada e a avaliação do funcionamento de acessórios como emissores, filtros, reguladores de pressão e válvulas volumétricas. Com os resultados, caso seja necessário, que se faça ajustes na operação e principalmente no manejo de irrigação (Sousa, 2003).

No sistema de irrigação localizada, a uniformidade de aplicação de água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada com a variação de vazão dos emissores, a qual é uma consequência das perdas de energia por atrito e pelas inserções dos emissores, do ganho ou perda de energia devido à topografia da superfície do solo, e da qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação dos emissores (Keller & Karmeli, 1974). Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiabeira, utilizando-se os parâmetros do coeficiente de uniformidade de Christiasen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade absoluta (CUa), coeficiente de uniformidade estatística (Us), Eficiência de aplicação (Ea), coeficiente de variação da vazão dos emissores (Cv).



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Faculdade Tecnológica Centec - FATEC Cariri, situado no município de Barbalha – CE. A cultura implantada na área é a goiaba (variedade paluma) com um espaçamento de 5,0 m x 6,0 m, o sistema de irrigação implantado é microaspersão, com um emissor por planta. Os emissores possui uma vazão nominal de 42 L h⁻¹.

Os equipamentos usados para medir as taxas de vazão e pressão dos emissores foram: um cronômetro, uma proveta graduada de 500 ml e um manômetro com unidade em kgf cm². Na avaliação foram selecionadas 4 posições na linha lateral sobre a linha secundária em funcionamento, as quais se encontravam nas seguintes posições: início, a 1/3 da linha secundária; a 2/3 da linha secundária e última linha. Após selecionar as quatro linhas laterais ao longo da linha secundária, foram selecionados 4 pontos ao longo da linha lateral, nas seguintes disposições: primeiro microaspersor, microaspersor situado a 1/3 do comprimento, microaspersor a 2/3 do comprimento e o último microaspersor, segundo Keller e Karmelli (1975). O volume dos emissores foi coletado no intervalo de 30 segundos, com três repetições. Com os dados coletados em campo, calculou-se a média aritmética para determinar os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), uniformidade de distribuição (CUD), uniformidade absoluta (CUa), uniformidade estatística (Us), eficiência de aplicação do projeto (Ea) e o coeficiente de variação da vazão do emissor (cv).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos coeficientes calculados encontram-se dispostos na Tabela 1. Observa-se que o coeficiente de Christiansen (CUC) foi igual a 94,31%. Peixoto et al. (2005) trabalhando com coqueiro anão irrigado por microaspersão, encontraram resultados semelhantes de CUC superiores a 93%. Chaves et al (2006) com avaliação da eficiência de irrigação em dois perímetros irrigados da bacia do Acaraú, no Ceará obtiveram valores um pouco inferior com o CUC entre 87,05% e 83,51%. De acordo com a classificação de Mantovani (2002), o sistema funciona sob excelentes condições de uniformidade. No que tange o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi igual a 90,01% sendo classificado de acordo com Bralts (1986) como excelente. López et al. (1992), afirma que o emprego desse coeficiente em avaliação de sistemas de irrigação localizada é mais indicado, pois, possibilita uma visualização mais clara com relação às plantas que estão recebendo menos água. O valor do (CUD) obtido encontra dentro do recomendado pela literatura, nos quais pode se atribuir estes resultados ao manejo adequado

Tabela 1. Média das vazões de todos os emissores (qa), média das 25% menores vazões dos emissores (qn), média das 12,5% maiores vazões dos emissores (qx), Coeficiente de Uniformidade de distribuição (CUD), Coeficiente de uniformidade absoluto (CUa), uniformidade estatística (Us), eficiência de aplicação (Ea), Coeficiente de Variação (Cv)

PARÂMETROS AVALIADOS	VALORES OBTIDOS
qa (L h ⁻¹)	215,97
qn (L h ⁻¹)	194,39
qx (L h ⁻¹)	232,26
CUC (%)	94,31
CUD (%)	90,01
CUa (%)	91,49
Us (%)	92,89
Ea (%)	81,01
Cv (%)	7,10

de operação e manutenção do sistema. Barreto Filho et al. (2000) encontraram valores de CUD da ordem de 89 a 94% em um sistema de irrigação por microaspersão. Silva e Silva (2003) observaram uma variação entre 88,99 e 93,44% desse coeficiente. Favetta e Botrel (2001), encontraram CUD entre 90,94 e 92,47%, trabalhando com dois modelos de microaspersores. Verifica-se, portanto, que o valor de CUD foi inferior ao CUC.

O valor do coeficiente de uniformidade absoluta (CUa) foi de 91,49%, sendo classificado de acordo por Bralts (1986) como excelente. O sistema apresentou uma eficiência de aplicação (Ea) de 81,01%, estando abaixo do valor recomendado pela FAO 36 citado por Sousa (2003), que deve ser superior a 90%. Segundo Marouelli e Silva (1998) este valor é considerado aceitável, estando entre 80 e 95%. Conceição (2004) salienta que dentre os fatores que afetam a eficiência de aplicação em sistemas de microaspersão estão a uniformidade das vazões, a evaporação e deriva da água durante a aplicação e a percolação abaixo da região radicular da cultura.

A uniformidade de emissão (Ue) encontrada foi de 86,09%, estando inferior ao valor recomendado por Pizarro (1997), que deve ser superior 90%. Dentre outros fatores pode-se verificar ótimo valor do coeficiente de variação (Cv) de 7,10% que comprova uma boa uniformidade do sistema. Barreto Filho et al. (2000) estudando o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado ao nível de campo, encontraram resultado semelhante com Cv entre 8 e 11%. O valor encontrado da uniformidade estatística (Us) foi de 92,89% sendo classificado de acordo com Favetta & Brotel (2001) como excelente.

CONCLUSÃO

O sistema de irrigação apresenta no geral uma excelente uniformidade de distribuição com CUC igual a 94,31%, CUD com valor igual a 90,01%, ambos os coeficientes classificados como excelente. O sistema apresenta uma eficiência de aplicação, igual a 81,01%, classificada como aceitável.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E.M. Desempenho de um Sistema de Irrigação por Microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.309-314. 2000.
- BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).
- CHAVES, L. C. G.; SANTOS, F. S. S.; ANDRADE, E. M.; LOPES, J. F. B. Avaliação da eficiência de irrigação em dois perímetros irrigados da bacia do Acaraú, Ceará. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. João Pessoa-PB. **Anais**. 2006. (CD-ROM).
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Irrigação de Fruteiras por Microaspersão**. Brasília: Embrapa/SPI, 2004, 20 p. (EMBRAPA-CNPV. Circular Técnica, 49).
- FAVETTA, G.M. & BOTREL, T.A. Uniformidade de Sistemas de Irrigação Localizada: Validação de Equações. **Scientific Agricultural**, vol.58, n.2, Piracicaba, Apr./June 2001.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, July/Aug., 1974.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- LÓPEZ, J.R., ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego Localizado**. Madrid, Espana: Mundi – Prensa, 1992. 405p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças**. Brasília: Embrapa. 1998. 15 p.
- PEIXOTO, J. F. S.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Uniformidade de distribuição da fertirrigação no distrito de irrigação Platô de Neópolis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Vol.5, n.2, Campina Grande, 2005
- PIZARRO, F. Riegos Localizados de Alta Frecuencia. Ediciones Mundi Prensa, 3ª edición, Madrid, 1997.
- SILVA, R. A. da; SILVA, A. M. da. Avaliação das características hidráulicas do microdifusor autocompensante DAN JET 7200. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras. V.27, n.4, p.873-878, jul./ago., 2003.
- SOUSA, A. E. C. Avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da manga (*mangifera indica* L.). Sobral: CENTEC/CE, 2003. 21p. (Monografia).



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&

I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro

26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ARTIGO TÉCNICO

COMPORTAMENTO DO MERCADO DE ALGODÃO ARBÓREO IRRIGADO (EM CAROÇO) NO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 1977 A 1990

CARVALHO, F. W. A. DE¹; SOUZA, I. H. DE¹; OLIVEIRA, J. B. DE²;
PEREIRA, A. N.¹; GONÇALVES, J. L. DE G.¹; BRAZ, J. M.² & POMPEU, F. S.²

¹Professores da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu – CE, Rodovia Iguatu – Várzea – Alegre, km 05, Campus II – Vila Cajazeiras. CEP 63500 – 000. Iguatu – Ceará.

²Alunos da Escola Agrotécnica Federal, Curso de Tecnologia de Irrigação e Drenagem.

RESUMO: o presente trabalho busca analisar o mercado do algodão arbóreo irrigado no período de 1977 a 1990. A análise se justifica pelo fato de que a cotonicultura se reveste de grande importância para o Nordeste, e especialmente para o Ceará, possuidor do segundo pólo têxtil do país. As atividades ligadas ao algodão geravam milhares de empregos no Estado do Ceará, sendo estas atividades realizadas, muitas vezes, em conjunto com outras culturas de subsistência, como o Milho e o Feijão. Segundo dados da CEPA (1986), a cultura algodoeira ocupou em 1984, o primeiro lugar em área cultivada com 792.932 hectares, o que representava 37,10% da área total cultivada do Estado.

INTRODUÇÃO:

O cultivo de algodão no Estado do Ceará, segundo GIRÃO (1997), teve seu início em 1977, tendo essa cultura desempenhado um importante papel no desenvolvimento econômico e social do Estado. Durante muito tempo predominou no Estado do Ceará a produção de algodão arbóreo, especialmente o do tipo Mocó. A exploração era feita de modo conjunto com a pecuária extensiva e culturas de subsistência como o milho e o feijão, isso permitiu que fossem ocupadas áreas pouco dotadas de recursos hídricos e de solos férteis. O algodoeiro mocó, apesar de sua baixa produtividade, possibilitou a geração de receitas, mesmo em anos de escassez de chuvas. Nesse sistema produtivo, o proprietário da terra participava com a mesma e com o capital, enquanto que o trabalho era exercido por parceiros, arrendatários e assalariados (FRANÇA, 1995). Fundamental para a geração de emprego e renda na região, o algodão



(*Gossypium hirsutum*) alcançou o primeiro lugar com uma cifra em torno de Cr\$ 810 milhões (preços de 1985), o que correspondia a 15,60% do valor bruto da produção total do Estado, superando até mesmo os produtos bovinos e da área de pescado que participaram com 13,50% e 13,70%, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODOS:

O modelo econométrico adotado neste trabalho teve como base o sistema de equações simultâneas, que, segundo MATOS (1995), é constituído de, pelo menos, duas equações, onde as variáveis econômicas apresentam-se inter-relacionadas de tal forma que uma variável endógena tanto pode receber como provocar influência sobre outra variável, ou seja, uma variável pode ser endógena numa equação e exógena em outra. É importante salientar que variáveis endógenas ou dependentes são aquelas determinadas no próprio sistema, ao passo que as variáveis exógenas ou independentes são aquelas determinadas fora do sistema. As variáveis endógenas defasadas, representadas pelos valores passados das variáveis endógenas do modelo, são também consideradas exógenas, desde que seus valores sejam conhecidos em determinado período de tempo. As variáveis exógenas e endógenas defasadas são denominadas variáveis pré – determinadas. Definido o sistema de equações simultâneas, o modelo econômico na forma funcional deve ser transformado em modelo estatístico, na forma linear ou multiplicativa, para que se proceda a estimação estatística dos parâmetros. No entanto, antes que este procedimento seja adotado, deve ser verificado se o modelo é ou não completo. De acordo com MATOS (1995), um modelo econométrico é completo se tiver tantas equações quantas forem as variáveis endógenas, e, portanto, solução única. Com base na teoria econômica do consumidor, a quantidade demandada é função do preço do produto considerado, do preço de produtos substitutos no consumo, do tamanho da população e do nível de renda, entre outros fatores. De acordo com a teoria econômica da firma, a quantidade ofertada é função do preço do produto, do preço dos insumos e da mão de obra utilizada, do preço de substitutos na produção e, ainda, entre outras variáveis, do tempo ou tendência, funcionando como uma *Proxy* para mudanças na tecnologia. Supõe-se, também, que o mercado está em equilíbrio em cada ano ou período de mercado, de forma que a oferta se iguale a demanda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Desse modo, o modelo econômico para o mercado de algodão arbóreo no Estado do Ceará, pode ser representado por um sistema composto de duas equações simultâneas, demanda e oferta, e por uma condição de equilíbrio. Fazendo a relação apenas em termos de lavouras, a participação percentual do algodão no valor bruto da produção chegou a 31,0%, obtendo o segundo lugar a

cultura do feijão com apenas 13,0%. Além disso, o algodão já foi um dos principais produtos de exportação do Estado do Ceará, chegando a participar com 18,40% do valor das exportações, sendo 11,5% na forma de fios de algodão e fibras sintéticas, 3,0% em algodão em caroço e 3,9% em tecidos de algodão e fibras sintéticas. Outro aspecto importante a ser considerado, no que tange a cultura algodoeira, era a grande quantidade de mão-de-obra que a mesma absorvia, tanto no campo, como nas diversas usinas de beneficiamento de algodão que existia em todo interior do Estado. No entanto, apesar de toda importância sócio-econômica e social do algodão para o Estado do Ceará, o que se observou foi um declínio vertiginoso na produção dessa cultura nos últimos anos, devido a persistência de uma série de entraves ao desenvolvimento satisfatório da mesma, bem como o aparecimento de novos fatores adversos bastante eficazes em suas ações contrárias a produção de algodão do Estado do Ceará. A redução na oferta dessa matéria prima básica para a indústria têxtil, de óleos e de rações causou enormes prejuízos à economia cearense e foi responsável pelo fechamento de uma grande quantidade de usinas de beneficiamento e, por conseguinte, pela eliminação de inúmeros postos de trabalho tanto no campo quanto nas cidades.

CONCLUSÃO:

Portanto, estudos que venham quantificar a influência de fatos relacionados com a oferta e a demanda de algodão no Estado do Ceará, principalmente a determinação de suas respectivas elasticidades preço da demanda e a elasticidade cruzada da demanda são de grande utilidade para a análise do comportamento desse mercado no período de tempo considerado (1977 – 1990) servirá, portanto de fonte de informações para os tomadores de decisões na escolha de novas políticas econômicas para o setor têxtil cearense. Neste contexto, o presente trabalho busca suprir essa lacuna, procurando contribuir para o desenvolvimento econômico do Ceará, do Nordeste e do Brasil.

BIBLIOGRAFIA:

- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste & Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. **O Algodão no Nordeste Brasileiro e Tecnologias Disponíveis**. Fortaleza, 1986. 166p. (Estudos Econômicos e Sociais, 32).
- BEZERRA, M.G.R. **Variação Estacional dos Preços dos Produtos Agropecuários do Ceará e em Unidades Especiais de Planejamento**. Fortaleza, CEPA – CE, 1980, 103p. (mimeo.)
- CAMPOS, R.T. **Efeitos do Ataque do Bicudo na Cotonicultura do Semi – Árido Cearense**. Recife, Pernambuco, 1991. 160p. (Tese de Doutorado).