

CYBELLE BARBOSA E LIMA

**TRATAMENTO PREVENTIVO DE DESOBSTRUÇÃO NA IRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO COM EFLUENTE DE AQUICULTURA NA
PRODUÇÃO DO MILHO VERDE**

MOSSORÓ-RN
2009

CYBELLE BARBOSA E LIMA

**TRATAMENTO PREVENTIVO DE DESOBSTRUÇÃO NA IRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO COM EFLUENTE DE AQUICULTURA NA
PRODUÇÃO DO MILHO VERDE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para a obtenção do grau de Doutor em Ciências, em Fitotecnia.

Orientadora:

Profª. Celicina Maria da S. Borges Azevedo, Ph.D

MOSSORÓ-RN
2009

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e catalogação da
Biblioteca "Orlando Teixeira" da UFERSA

L732e Lima, Cybelle Barbosa e.

Tratamento preventivo de desobstrução na irrigação por gotejamento com efluente de aquicultura na produção do milho verde. -- Mossoró, 2009.

147f.: il.

Tese (Doutorado em Fitotecnia, Área de concentração: Manejo do Solo e da Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

Orientadora: Prof. PhD. Celicina Maria da Silveira Borges Azevedo.

Co-orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros.

1.Zea mays. 2.Irrigação localizada. 3.Efluente de aquicultura. 4.Reuso de água. I.Título.

CDD: 633.15

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB/15 120

CYBELLE BARBOSA E LIMA

**TRATAMENTO PREVENTIVO DA DESOBSTRUÇÃO
NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM
EFLUENTE DE AQUICULTURA NA
PRODUÇÃO DE MILHO VERDE**

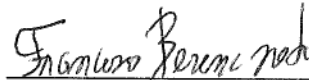
Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como
parte das exigências para a obtenção
do grau de Doutor em Ciências, em
Fitotecnia.

APROVADA EM: 22/12/2009

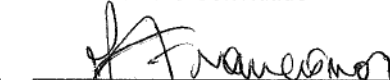
 

DSc. Vera Lúcia A. de Lima
UFCG, Campina Grande-PB
Membro Convidado

Eunice Maia Andrade, *Ph.D.*
UFC, Fortaleza-CE
Membro Convidado



Francisco Bezerra Neto, *Ph.D.*
UFERSA, Mossoró-RN
Conselheiro



DSc. José Francismar de Medeiros
UFERSA, Mossoró-RN
Conselheiro



Celicina Mª S. B. Azevedo, *Ph.D.*
UFERSA, Mossoró-RN
Orientadora

*À minha mãe, **Iza Maria Costa Barbosa**, que me incentivou, apoiou e sempre foi meu porto seguro.*

*Aos meus irmãos, **Cynthia e Samuel** que compartilharam comigo essa conquista.*

Dedico

*Ao meu noivo **Sebastião Vasconcelos dos Santos Filho**, por todo seu amor, dedicação e companheirismo em todos os momentos.*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me deu a coragem necessária para enfrentar os desafios, e a perseverança para alcançar meus objetivos.

À professora Celicina Maria da Silveira Borges Azevedo, por toda a orientação, compreensão, pelos ensinamentos, e também pela amizade.

Ao professor Maurício de Oliveira, *in memorian*, por todos os princípios e pelo exemplo de vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelos ensinamentos e pela oportunidade concedida para realização do Doutorado.

Ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta, pela colaboração nos momentos necessários, em especial aos servidores Celsa, Elídio, Maria José, Marilene, Mércia, Roberta e Tomaz, pela agradável convivência, e aos professores Fábio Henrique Tavares de Oliveira e Francisco Nildo da Silva, Miguel Ferreira Neto, Marcelos Tavares e Nildo da Silva Dias.

Ao professor José Francismar de Medeiros, pela tão indispensável orientação.

Ao professor Francisco Bezerra Neto por sua tão valorosa contribuição.

Às professoras Eunice e Vera Lúcia pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À professora Jailma Suerda pelo auxílio nas análises estatísticas.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Fitotecnia da UFERSA, sobretudo Maria Zuleide de Negreiros e Maria Auxiliadora dos Santos.

Aos funcionários da horta pela dedicação na condução do experimento.

Ao Setor de Aquicultura da UFERSA pela prontidão na execução do trabalho, em especial a Nathália e Júnior Bessa.

À Ana Paula Damasceno, Gabriela Cemirames, Hudson Oliveira e Isabel Giovanna, pela incansável dedicação, cuidado e carinho com o experimento.

Aos colegas do laboratório Joana D'arc Jales, Valdívía de Fátima, Daniely Formiga, Vanessa Paiva, Rosimeire Cruz e Andrezza Caldas, sem o auxílio de vocês com certeza esse trabalho não teria sido executado.

À minha avó Silvia e a minha tia Silvinha pela confiança em mim depositada.

A todos os demais, amigos e familiares, que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

Muito obrigada.

*“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida
passar; é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se
fazendo nada até o final.”*

Martin Luther King

BIOGRAFIA

CYBELLE BARBOSA E LIMA, filha de Dimas Lopes Lima e Iza Maria Costa Barbosa, nasceu no dia 12 de novembro de 1981, na cidade de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte. Concluiu o ensino fundamental no Colégio Pequeno Príncipe e o ensino médio no Colégio Diocesano Santa Luzia, em Mossoró-RN, em 1997. Ingressou na Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), hoje Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em julho de 1999, na cidade de Mossoró, para cursar Engenharia Agrônoma, graduando-se em julho de 2004. Ingressou como aluna especial no Curso de Mestrado em Fitotecnia em agosto de 2004, e em dezembro do mesmo ano foi selecionada, como aluna regular em primeiro lugar. Recebeu o título de Mestre em Ciências em fevereiro de 2007 pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Em março de 2007, ingressou no Curso de Doutorado em Fitotecnia. Aprovada em concursos no IFRN (antigo CEFET) e na UFERSA, assumiu como Técnica em Laboratório do Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da UFERSA em março de 2008. No ano de 2009, foi aprovada no concurso público para professor efetivo da UFERSA no mês de julho, e em dezembro concluiu o curso de Doutorado.

RESUMO

LIMA, Cybelle Barbosa e. **Tratamento preventivo de desobstrução na irrigação por gotejamento com efluente de aquicultura na produção do milho verde.** 2009. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

A reutilização do efluente de aquicultura pode ser uma alternativa para minimizar o problema da escassez de água para irrigação em regiões semi-áridas, tornando o sistema mais sustentável e complementando a renda do produtor. O fato do efluente ser rico em matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, possibilita que a irrigação com essas águas funcione como uma fertirrigação para as plantas, porém a obstrução dos emissores pode se tornar um entrave para o uso desse efluente. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de tratamentos de desobstrução do sistema irrigação por gotejamento, na cultura do milho, com efluente de aquicultura oriundo do cultivo de tilápias do Nilo em consórcio com camarão. O experimento foi realizado durante o período de setembro de 2008 a janeiro de 2009, na horta do Departamento de Ciências Vegetais, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. O experimento foi delineado em blocos casualizados completos em esquema de parcelas subdivididas, com seis tratamentos, cinco épocas de avaliação do sistema de irrigação e quatro repetições. Os tratamentos foram métodos de desobstrução do sistema de irrigação quando da utilização com efluente de aquicultura e água subterrânea, combinados com soluções de cloro e ácido nítrico. Os seis tratamentos foram: 1) efluente de aquicultura sem tratamento para desobstrução; 2) aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro; 3) aplicação de efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; 4) aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro e ácido nítrico; 5) aplicação de água subterrânea com solução de ácido nítrico; e 6) aplicação de água subterrânea sem tratamento para desobstrução. O sistema de irrigação foi avaliado aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após o início das irrigações. Em todos os tratamentos a água passou por filtragem através de filtros de discos instalados na entrada da água na área, sendo um filtro para cada tratamento. Os tratamentos foram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o plantio do milho, geralmente no período da tarde, nos minutos finais da irrigação, para que as soluções cloradas e/ou acidificadas permanecessem em contato com a tubulação por no mínimo 12 horas. Foram realizadas análises das águas utilizadas quinzenalmente, para calcular as quantidades de nitrogênio inorgânico total (amônia, nitrito e nitrato) e fósforo fornecidos através da água de irrigação. Cada parcela foi composta por 67 gotejadores, e foram selecionados 16 para serem avaliados em bloco de quatro no 1/4; 2/4; 3/4; 4/4 do comprimento da linha. Para o teste de vazão os gotejadores tiveram o volume de água emitido coletado em um recipiente plástico por um tempo de 3 minutos, e após este tempo, o volume de água coletado foi medido. A partir da caracterização dos gotejadores

novos, tomando sempre o mesmo esquema, as demais avaliações foram realizadas. Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos de vazão, coeficiente de variação de vazão e do grau de entupimento dos gotejadores e lâmina total aplicada. O híbrido de milho utilizado foi o AG 1051. Foram retiradas amostras das folhas de quatro plantas na área útil de cada parcela para determinação dos teores de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, no início da floração. A colheita do milho verde foi realizada em 20 plantas de cada parcela. Foram coletadas amostras de solo em cada uma das parcelas do experimento, antes e depois da suspensão da irrigação, para avaliar a características físicas, químicas e biológicas. As características avaliadas na cultura do milho foram: peso, comprimento e diâmetro das espigas empalhadas; peso, comprimento e diâmetro das espigas despalhadas; porcentagem de espigas comercializáveis e a produtividade das espigas despalhadas comercializáveis; número de espigas que perfazem 1 kg. Os tratamentos preventivos de desobstrução elevaram a eficiência da utilização do efluente de aquicultura na irrigação; A aplicação da solução de cloro e de cloro+ácido nítrico foram mais eficazes na desobstrução do sistema de irrigação; o efluente de aquicultura, usado com ou sem tratamento preventivo, forneceu nutrientes às plantas em maior quantidade, quando comparado com a água subterrânea; a irrigação com efluente de aquicultura elevou a produtividade da cultura do milho, quando se adotou algum tratamento para desobstrução; o efluente de aquicultura pode ser utilizado como fonte de água para irrigação, desde que se utilize algum tratamento de prevenção à obstrução dos emissores.

Palavras-chave: *Zea mays*; irrigação localizada; efluente de aquicultura; reuso de água.

ABSTRACT

LIMA, Cybelle Barbosa e. **The effect of using a clearing treatments to prevent the clogging of emitters in a drip irrigation with aquaculture effluent for corn production.** 2009. 147f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Fitotecny) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

The reuse of aquaculture effluent can be an alternative to solve the problem of shortage of water for irrigation in semi-arid regions, making the system more sustainable and supplementing the income of producers. Because aquaculture effluent is rich in organic matter and nutrients such as nitrogen and phosphorus, irrigation with this effluent may perform as a fertigation for the plants. However, the clogging of drippers can become an obstacle for using this effluent as irrigation water. The objective of this study was to evaluate the effect of different treatments for clearing a drip irrigation system used for irrigate corn, with aquaculture effluent from a tilapia and shrimp polyculture. The experiment was conducted from September 2008 to January 2009, in the Plant Science Department garden at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. A randomized complete block design, in a split plot arrangement, with six treatments and four replications was used. The treatments were methods for clearing the irrigation system when using aquaculture effluent and tube well water, combined with solutions of chlorine and acid. The six treatments were: 1) Aquaculture effluent without any clearing treatment, 2) Aquaculture effluent with chlorine solution; 3) Aquaculture effluent with nitric acid solution, 4) Aquaculture effluent with nitric acid and chlorine solution 5) Groundwater with acid solution, and 6) Groundwater without any clearing treatment. In all treatments water was filtered using filter disks with one filter for each treatment. Treatments were applied twice a week, from 20 days after planting, usually in the afternoon, in the final minutes of irrigation so that the solutions could remain in contact with the pipe for at least 12 hours. Irrigation water was analyzed every two weeks, to calculate the amounts of total inorganic nitrogen (ammonia, nitrite and nitrate) and phosphate that was supplied by the irrigation water. Each plot consisted of 67 emitters, and 16 were selected to be evaluated in a block of four, from 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 of the line length. To test the dripper flow rate, water volume was collected in a plastic container for 3 minutes, and after this time, water volume collected was measured. Using new emitters as a standard, evaluations were performed every two weeks in a total of six assessments. After determining the volume, flow rate, coefficient of variation, emitter clogging degree and total irrigation applied were calculated. The corn hybrid AG 1051 was used as experimental plant. Samples were taken from the leaves of four plants from each plot, to determine the levels of nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium at the beginning of flowering. The harvest was performed in 20 plants of each plot. Soil samples were collected in each

experimental plot, before and after suspending irrigation, to evaluate physical, chemical and biological features. The characteristics evaluated in corn plants were: weight, length and diameter of ears with husk; weight, length and diameter of the husked ear; percentage of marketable ears; productivity of marketable husked ears and number of spikes that make up 1 kg. The clearing treatments increased the efficiency of using aquaculture effluent for irrigation. The treatments to prevent the clogging of emitters increased the efficiency of using aquaculture effluent for irrigation. Treatments with chlorine solution and chlorine + nitric acid solution were more effective in clearing the irrigation system. Aquaculture effluent, used with or without clearing treatment provided more nutrients for plants when compared to groundwater. Irrigation with aquaculture effluent increased corn productivity, when a clearing treatment was used. Aquaculture effluent can be used as a source of water for dripping irrigation, since a clearing treatments are used to prevent the clogging of emitters.

Keywords: *Zea mays*; aquaculture effluent; water reuse; localized irrigation

CAPÍTULO II

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cabeçal de controle de entrada da água na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	60
Figura 2 – Localização do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	61
Figura 3 – Parcela experimental e esquema para a avaliação dos gotejadores na parcela. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	62
Figura 4 – Vazão média do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	70
Figura 5 – Grau de entupimento do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	72
Figura 6 – Coeficiente de variação do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	73
Figura 7 – Uniformidade de distribuição do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	74
Figura 8 – Lâmina de irrigação acumulada durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	76
Figura 9 – Análise de regressão para a amônia acumulada em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	77
Figura 10 – Análise de regressão para avaliação do teor de fosfato fornecido às plantas e para o fosfato acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	78

Figura 11 – Análise de regressão para avaliação do nitrato acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	79
Figura 12 – Análise de regressão para avaliação do nitrito acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias mensais de precipitação pluvial (P), evapotranspiração potencial (EP), temperatura e umidade relativa (UR). Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	58
Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	59
Tabela 3 – Quantidade de hipoclorito de sódio e ácido nítrico 1N aplicados no controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	65
Tabela 4 – Média e desvio padrão das análises físico-químicas dos dois tipos de água utilizados na irrigação do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	68
Tabela 5 – Vazão média do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	70
Tabela 6 – Grau de entupimento do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	71
Tabela 7 – Coeficiente de variação do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	73
Tabela 8 – Uniformidade de distribuição do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	75
Tabela 9 – Lâmina de irrigação acumulada (valores em mm) durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	75

Tabela 10 – Amônia acumulada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	78
Tabela 11 – Fosfato acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	79
Tabela 12 – Nitrato acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	80
Tabela 13 – Nitrito acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	82

CAPÍTULO III

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	113
Figura 2 – Detalhe da parcela experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	101
Figura 3 – Cabeçal de controle de entrada da água na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	115
Figura 4 – Localização do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias mensais de precipitação pluvial (P), evapotranspiração potencial (EP), temperatura e umidade relativa (UR). Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	98
Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	99
Tabela 3 – Quantidade de hipoclorito de sódio e ácido nítrico 1N aplicados no controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	104
Tabela 4 – Média e desvio padrão das análises físico-químicas dos dois tipos de água utilizados na irrigação do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	107
Tabela 5 – Resultados das análises químicas das amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) antes do cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	107
Tabela 6 – Caracterização mineralógica e física do solo antes do cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	108
Tabela 7 – Contrastes estabelecidos entre as médias. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	112
Tabela 8 – Teores de macronutrientes no tecido vegetal do milho cultivado com tratamentos de controle da obstrução dos emissores. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	113
Tabela 9 – Valores de F para os contrastes entre as medias dos teores nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas plantas de milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	114
Tabela 10 – Médias de peso da espiga com palha (PECP), comprimento da espiga sem palha (CECP) e diâmetro da espiga com palha (DECP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	115

Tabela 11 – Médias de peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	115
Tabela 12 – Valores de F para os contrastes entre as médias de peso da espiga com palha (PECP), diâmetro da espiga com palha (DECP), peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	116
Tabela 13 – Médias de altura da 1ª espiga (AES); Nº de espigas por planta (NEPP); Nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg; (NEP) de % de espigas comercializáveis (PEC); Produtividade espigas empalhadas (PEE); Produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	117
Tabela 14 – Valores de F para os contrastes entre as médias de altura da 1ª espiga (AES); Nº de espigas por planta (NEPP); Nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg; (NEP) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	119
Tabela 15 – Valores de F para os contrastes entre as médias de % de espigas comercializáveis (PEC); Produtividade espigas empalhadas (PEE); Produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	119
Tabela 15 – Quantidade de água e de nutrientes fornecidos através da irrigação com água subterrânea e efluente de aquicultura durante o ciclo da cultura do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	121
Tabela 16 – Quantidade de água e de nutrientes fornecidos através da irrigação com água subterrânea e efluente de aquicultura durante o ciclo da cultura do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	122
Tabela 17 – Valores médios do potássio (K) e sódio (Na) em função da interação do tratamento da irrigação para controle da obstrução	

dos gotejadores com as épocas de amostragem de solo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	124
Tabela 18 – Valores médios do cálcio (Ca) e fósforo (P) em função da dos tratamentos da irrigação para controle da obstrução dos gotejadores com as épocas de amostragem de solo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	125
Tabela 19 – Valores médios do pH, matéria orgânica (M.O.), nitrogênio (N), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo em função dos tratamentos da irrigação para controle da obstrução dos gotejadores. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	125
Tabela 20 – Valores médios do pH, matéria orgânica (M.O.), nitrogênio (N), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	126
Tabela 21 – Valores médios da argila, areia e silte em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.	126
Tabela 22 – Valores médios da densidade do solo, umidade retida na capacidade de campo (Ucc), umidade retida no ponto de murcha permanente (Upmp) e porosidade do solo (α) em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	127
Tabela 23 – Valores médios da argila, areia, silte, umidade retida na capacidade de campo (Ucc), umidade retida no ponto de murcha permanente (Upmp) em função dos tratamentos aplicados. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.....	127

APÊNDICE

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1A – Valores de “F” para vazão, coeficiente de variação (CV), uniformidade de distribuição (UD), grau de entupimento (GE) e lâmina de irrigação acumulada (Lâmina). Mossoró, UFERSA, 2009..... 142
- Tabela 2A – Valores de “F” para peso da espiga com palha (PECP), comprimento da espiga com palha (CECP), diâmetro da espiga com palha (DECP), peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP), diâmetro da espiga sem palha (DESP). Mossoró-RN, UFERSA, 2009. 143
- Tabela 3A – Valores de “F” para altura da 1ª espiga (AES), nº de espigas por planta (NEPP), nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg (NEP), produtividade espigas empalhadas (PEE); porcentagem de espigas comercializáveis (PEC), produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC). Mossoró-RN, UFERSA, 2009..... 144
- Tabela 4A – Valores de “F” para nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido vegetal de plantas de milho. Mossoró, UFERSA, 2009. 145
- Tabela 5A – Valores de “F” para pH, fósforo (P), matéria orgânica (M.O.), potássio (K). Mossoró, UFERSA, 2009. 146
- Tabela 6A – Valores de “F” para nitrogênio (N), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) do solo. Mossoró, UFERSA, 2009..... 147

Tabela 7A – Valores de “F” para argila, areia, silte densidade do solo, umidade na capacidade de campo (Ucc), umidade no ponto de murcha (Upmp) e porosidade do solo. Mossoró, UFERSA, 2009. ...	148
Tabela 8A – Valores de “F” para nitrato, nitrito, amônia, fosfato aplicados através da água. Mossoró, UFERSA, 2009.	149
Tabela 9A – Valores de “F” para cálcio, magnésio, sódio e potássio aplicados através da água. Mossoró, UFERSA, 2009.	150

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA	27
1 INTRODUÇÃO GERAL	28
2 REFERENCIAL TEÓRICO	32
2.1 A utilização de efluente de aquicultura.....	32
2.2 Impactos gerados pelo uso de efluentes de aquicultura na agricultura	34
2.3 Irrigação com águas residuárias.....	35
2.4 Potencial e limitações do sistema de irrigação por gotejamento.....	36
2.5 Causas de entupimento em sistemas de irrigação por gotejamento	37
2.6 Técnicas para minimizar o entupimento	39
2.6.1 Cloração	39
2.6.2 Acidificação	40
2.7 Considerações sobre a cultura do milho	41
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO II - TRATAMENTO DE DESOBSTRUÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PARA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE AQUICULTURA	53
RESUMO	54
ABSTRACT	55
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	58
2.1 Caracterização do ambiente	58
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	59
2.3 Avaliação dos tratamentos de prevenção da obstrução.....	60
2.3.1 Sistema de irrigação e tipos de água	60
2.3.3 Tratamentos utilizados	64
2.3.4 Irrigação	66
2.3.5 Qualidade da água.....	67
2.4 Análise estatística.....	68
3 RESULTADOS	69
3.1 Avaliação dos tratamentos de desobstrução.....	69
3.2 Avaliação dos teores de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação.....	76
4 DISCUSSÃO	83
5 CONCLUSÕES	87

REFERÊNCIAS	88
--------------------------	----

CAPÍTULO III - PRODUÇÃO DO MILHO VERDE IRRIGADO COM EFLUENTE DE AQUICULTURA SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE CONTROLE DA OBSTRUÇÃO DOS EMISSORES	92
RESUMO	93
1 INTRODUÇÃO	95
2 MATERIAL E MÉTODOS	98
2.1 Caracterização do ambiente	98
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	99
2.3 Tratamentos de prevenção ao entupimento.....	101
2.3.1 Sistema de irrigação e tipos de água	101
2.3.2 Tratamentos utilizados	103
2.3.4 Irrigação	106
2.3.5 Qualidade da água	106
2.3.6 Preparo e análise do solo.....	107
2.4 Produção de milho verde no sistema de integração	108
2.5 Características avaliadas	109
2.5.1 Produção de milho verde.....	109
2.5.2 Alterações nas características do solo.....	110
3 RESULTADOS	113
3.1 Avaliação do estado nutricional das plantas de milho	113
3.2 Avaliação teores de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação	120
3.3 Alterações nas características do solo.....	123
4 DISCUSSÃO	128
5 CONCLUSÕES	134
CAPÍTULO 4 - APÊNDICE	141

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO GERAL

A escassez de água para a produção agrícola este se tornando cada vez mais aguda em face do aumento da população. Várias alternativas vêm sendo testadas para minimizar o problema de escassez da água para agricultura, dentre elas o uso de efluentes para irrigação, tendo em vista que esta atividade utiliza maior quantidade de água e permite o uso de águas de menor qualidade quando comparada à indústria e ao uso doméstico. Entretanto, dependendo do tipo de efluente, o uso na irrigação pode contaminar o ar, os solos e as plantas nos campos irrigados e áreas vizinhas. A magnitude da contaminação depende do tratamento dessas águas, das condições climáticas predominantes, da cultura irrigada e do próprio sistema de irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999).

O efluente de aquicultura é um dos mais promissores para uso na irrigação (AZEVEDO, 1998). Integrar agricultura com aquicultura é uma forma mais eficiente de utilização da água, reduzindo os conflitos do seu uso (BILLARD; SERVRINREYSSAC, 1992), o que é especialmente importante no semi-árido. Os efluentes de aquicultura contêm nutrientes tais como nitrogênio e do fósforo, provenientes da ração não consumida e de dejetos do metabolismo dos peixes, podendo contribuir para o crescimento das culturas, reduzindo a exigência em fertilizantes comerciais (PESCOD, 1992), além de trazer mais ganhos para o produtor, já que é possível conduzir duas culturas usando a mesma água (AZEVEDO et al., 2008).

Com a expansão das criações de organismos aquáticos, maiores quantidades de água de qualidade têm sido requeridas para elevar a produção. Por outro lado, tem aumentado também a consciência em utilizá-la de maneira segura e benéfica, haja vista que o lançamento dos resíduos provenientes desta água de criação no ambiente afeta o uso posterior dos mananciais, seja pela poluição, pela demanda de oxigênio na decomposição da matéria orgânica, pela contaminação por microrganismos patogênicos, pela eutrofização ou pela elevação do custo do

tratamento de água para fins potáveis, que representam alguns dos impactos gerados.

A partir do trabalho conduzido por Azevedo (1998), diversas pesquisas já foram realizadas na região de Mossoró-RN utilizando esse efluente para a irrigação de algumas culturas. As primeiras pesquisas foram conduzidas em casa de vegetação onde o efluente era aplicado nas plantas manualmente, com auxílio de regadores (MAIA, 2002; PEREIRA et al., 2003), com resultados positivos para o aumento da produtividade. Avaliando sua utilização em nível de campo, Freitas et al. (2004) irrigaram com efluentes de piscicultura e água de rio no sistema de irrigação por microaspersão, os consórcios de cenoura x alface, cenoura x coentro e alface x coentro. Nesses sistemas, as plantas produziram menos quando irrigadas com efluente de piscicultura, provavelmente devido a uma redução na quantidade de água fornecida devido ao entupimento dos emissores.

Lima (2007) conduzindo trabalho com a cultura do pimentão irrigado por gotejamento com efluente de piscicultura, também obteve uma redução na produtividade da, onde a obstrução de causa biológica dos emissores pode ter causado uma desuniformidade ou mesmo uma diminuição no suprimento de água reduzindo assim a produtividade do pimentão irrigado com efluente.

Castro et al. (2006), trabalhando com tomate cereja e usando também irrigação localizada, observaram que as plantas irrigadas com efluente de aquicultura tiveram produtividade mais elevada do que as plantas irrigadas com água subterrânea. Uma diferença observada entre este trabalho e os dois experimentos anteriores é que no de Castro et al., 2006, os emissores foram submetidos a testes de vazão, a cada duas semanas, e também segundo comunicação pessoal, a um tratamento com hipoclorito de sódio para desobstrução.

Segundo Scaloppi (1986), os sistemas de irrigação que aplicam a água de forma localizada, ou seja, na região do sistema radicular, se caracterizam pela economia de água, pela pequena utilização de mão-de-obra, pela susceptibilidade a entupimentos ou mau funcionamento de seus componentes, pelo grande potencial de automatização, pela manutenção de elevados níveis de água no solo para melhorar o desempenho das culturas, pela possibilidade de se adequar às condições

de solos pedregosos, rasos e topografia acidentada, pela possibilidade de aplicação de produtos químicos em solução na água de irrigação e pela redução dos riscos de contaminação das culturas. Esta técnica poderá proporcionar aumentos na produtividade das culturas desde que sejam efetuados tratamentos apropriados ao seu uso.

A irrigação localizada com efluente pode causar a obstrução dos emissores prejudicando a eficiência do sistema. Para a minimização do entupimento com o uso de águas residuárias são sugeridas diversas técnicas na literatura, sendo as mais usuais a filtragem, a acidificação e a cloração. Como a irrigação localizada é tecnicamente mais eficiente e econômica, com relação ao consumo de água e energia (RIBEIRO et al., 2005), é por demais importante aprimorar o seu uso para irrigação com efluente de aquicultura, especialmente no semi-árido, onde a escassez de água nos obriga a usar esse recurso da forma mais racional possível.

Contudo, são poucos os estudos sobre o uso de efluente de aquicultura para irrigação por gotejamento e seu efeito sobre as culturas e nenhum deles avaliou o uso de tratamentos preventivo para o tratamento desses efluentes. Portanto, é de fundamental importância esse conhecimento para que a irrigação com efluente de aquicultura possa ser feita de forma eficiente, gerando ganhos para o produtor e reduzindo os danos ambientais.

Diante do exposto, as seguintes hipóteses foram elaboradas:

1. O efluente de aquicultura, devido à sua composição, pode obstruir os gotejadores, e assim reduzir a quantidade de água fornecida às plantas;
2. A adoção de medidas para desobstrução do sistema de irrigação por gotejamento, quando se usa o efluente de aquicultura como fonte de água, aumenta a eficiência do sistema;
3. Os nutrientes contidos no efluente de aquicultura podem funcionar como uma fertirrigação para as culturas;
4. A irrigação com efluente de aquicultura favorece a produção na cultura do milho.

Considerando esses aspectos, este trabalho teve por objetivo avaliar o uso de efluente de aquicultura na irrigação por gotejamento, submetido ou não a

tratamentos de desobstrução, avaliando o efeito desses tratamentos sobre a quantidade e uniformidade de água e teores de nutrientes a serem fornecidos às plantas, bem como, seu efeito na produtividade do milho irrigado com este efluente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A utilização de efluente de aquicultura

Aproximadamente um terço da população mundial vive em países que sofrem de déficit hídrico entre moderado e alto, onde o consumo de água é superior a 10% dos recursos renováveis de água doce. Cerca de 80 países, que abrigam 40% da população mundial, sofriam de grave escassez de água em meados da década de 1990 (PNUMA, 2004)

No século passado, os três principais fatores que causaram aumento na demanda de água foram o crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial e a expansão da agricultura irrigada. A agricultura foi responsável pela maior parte da extração de água doce nas economias em desenvolvimento nas duas últimas décadas (PNUMA, 2004).

A agricultura possui uma alta demanda de água. Nos últimos 30 anos, 200 milhões de hectares passaram a ser cultivados, e a extração de água já passa dos 3.500 km³. A alta demanda de água também na aquicultura faz com que a integração seja uma alternativa bastante viável (FAO, 2001).

A integração da aquicultura com a agricultura através do reuso das águas utilizadas para cultivo de organismos aquáticos vem sendo considerado como uma das alternativas promissoras para o destino desses resíduos. Irrigar culturas com efluentes provenientes de viveiros de organismos aquáticos evita a necessidade de descarregar águas ricas em nutrientes nos ambientes naturais ou na necessidade de tratar essas águas para eliminar nutrientes. A aplicação desses efluentes, não somente reduz o custo de obtenção, como também, a quantidade de fertilizantes químicos necessários às culturas (AL-JALOUD et al., 1993; BRUNE, 1994; D' SILVA; MAUGHAN, 1994, 1995; MICHELSSENS et al., 2002; LIN;YI, 2003). Assim, o tratamento integrado da produção de cereais, onde os efluentes de

viveiros de aquicultura são utilizados para irrigar culturas, pode ser uma alternativa para reduzir custos, barateando assim os processos de produção.

As primeiras pesquisas realizadas na Região Nordeste foram conduzidas tendo como base os resultados promissores obtidos por Azevedo (1998), onde plantas de alface cultivadas em solo sem fertilizantes produziram três vezes mais matéria seca, quando irrigadas manualmente com efluente de piscicultura, do que quando irrigadas com água comum, embora a quantidade de nutrientes no efluente não fosse suficiente para o pleno desenvolvimento das plantas. Pereira et al. (2003) conduziram um experimento em casa de vegetação para avaliar a produção da alface cultivada com diferentes substratos e irrigada com efluente de piscicultura e com água subterrânea, na ocasião, os primeiros resultados mostravam que a utilização dos efluentes da aquicultura como fonte de água para as culturas seria promissor.

Freitas et al. (2004) avaliaram o desempenho agroeconômico em consórcios de cenoura x alface, cenoura x coentro e alface x coentro irrigados com efluentes de piscicultura e água de rio no sistema de irrigação por microaspersão. Nesse estudo, os tratamentos irrigados com água de efluente de piscicultura apresentaram redução na produtividade, provavelmente ocasionada pela má distribuição de água provocada pelo desgaste de parte dos emissores no sistema de irrigação nessa fonte de água, o que resultou numa alta desuniformidade de aplicação da água às plantas. Devido ao excesso de sedimentos na água de peixes e retirada do sistema de filtragem, isso favoreceu o desgaste das paredes dos orifícios de parte dos emissores, elevando a vazão dos mesmos.

Estudos mostraram que a aplicação de efluentes de piscicultura na cultura do tomate pode reduzir os custos com adubação (CASTRO et al., 2006), principalmente a adubação fosfatada, já que o efluente proporcionou um aumento na frutificação. Os microrganismos exercem um papel muito importante na ciclagem de nutrientes nos viveiros de piscicultura (SCHOEDER, 1978), sendo através desses que o nitrogênio e o fósforo são ciclados, estimulando a produtividade primária nos viveiros (MORIARTY, 1997). Portanto, microrganismos transportados para o solo, através do efluente, assim como amônia

e a matéria orgânica contida nos viveiros de peixes, podem exercer um importante papel na solubilização do fosfato natural (CASTRO et al., 2006), já que a atividade dos microrganismos está relacionada com a fonte de carbono e nitrogênio disponíveis, sendo que os sais de nitrogênio amoniacal aumentam a solubilização do fósforo e o nitrato de amônio reduz a solubilização (NAHAS, 2002).

Lima (2007) estudou o efeito da irrigação com efluente de piscicultura na cultura do pimentão adubado com fosfato natural e esterco bovino, visando determinar as vantagens dessa integração nas condições do semi-árido nordestino. Nas plantas irrigadas com o efluente de piscicultura, em comparação com a água subterrânea observou-se menor número de frutos por planta, menor peso total de frutos e conseqüentemente menor produtividade, resultados opostos aos obtidos por Castro et al. (2006). A confrontação desses dois resultados, inteiramente distintos, nos leva a indagar que fatores poderiam ter influenciado nessas diferenças observadas, já que se tratava de plantas com requerimentos nutricionais semelhantes, produzidas na mesma área e com o mesmo tipo de sistema de irrigação. Uma diferença observada entre os dois experimentos é que no de Castro et al. (2006), os emissores foram submetidos a testes de vazão, a cada duas semanas, e também segundo comunicação pessoal, a um tratamento com hipoclorito de sódio para desobstrução.

2.2 Impactos gerados pelo uso de efluentes de aquicultura na agricultura

As liberações de efluentes provenientes da aquicultura para o ambiente têm preocupado os criadores por contribuir para a poluição de rios e mananciais. Embora os peixes e outros organismos aquáticos tenham uma maior capacidade de converter o alimento consumido em ganho de peso do que os mamíferos e aves, grandes quantidades de resíduos são produzidos durante o cultivo. Os resíduos são produzidos porque os peixes são alimentados com uma ração comercial contendo

de 28 a 30% de proteína e a conversão alimentar é tipicamente de 1,5 a 2,0 (SCHWARTZ; BOYD, 1994).

Este alimento não ingerido pode contribuir muito para o acúmulo de dejetos na água de viveiros (BERGHEIM; ASGARD, 1996). Além dos alimentos não consumidos, excrementos produzidos pelos peixes contribuem para o acúmulo de resíduos na água dos viveiros (BEVERIDGE et al., 1991). Os resíduos provenientes do alimento ingerido estão na forma de dejetos fecais e produtos de excreção nitrogenada tais como amônia e uréia, além de minerais como o fósforo (BERGHEIM; ASGARD, 1996).

Os principais poluentes potenciais encontrados nos efluentes de aquicultura são o nitrogênio, o fósforo, a matéria orgânica e os sólidos em suspensão (SCHWARTZ; BOYD, 1994). Os teores de nitrogênio e fósforo nos efluentes de aquicultura variam muito dependendo se o cultivo é intensivo ou semi-intensivo, do tipo de ração utilizada e também varia muito entre os autores que estudaram estes parâmetros. Para Schwartz; Boyd, 1994, 29% do N e, 7% do P e 3% da matéria orgânica das rações é encontrada nos efluentes. Enquanto que para Johnsen et al. (1993), aproximadamente 51% do N e 64% do P presentes numa ração com altos níveis de energia, são perdidos sob a forma de resíduos, contribuindo para a poluição ambiental.

2.3 Irrigação com águas residuárias

A irrigação apresenta um papel relevante, visto que além de possibilitar aumento da produtividade, permite a melhoria do padrão de vida rural. Entretanto, com o uso de águas de qualidade marginal, exige-se um monitoramento mais intenso comparado à água de uso irrestrito (PESCOD, 1992).

A irrigação com efluentes pode contaminar o ar, os solos e as plantas nos campos irrigados e áreas vizinhas. A magnitude da contaminação depende do

tratamento dessas águas, das condições climáticas predominantes, da cultura irrigada e do próprio sistema de irrigação (AYERS; WESTCOT, 1999).

Diversos são os sistemas de irrigação atualmente utilizados, entre eles destacam-se os sistemas por inundação, por faixas, por sulcos, por gotejamento, por microaspersão, por aspersão e por subsuperfície (SCALOPPI, 1986). Estabelecendo como critério de seleção a qualidade da água de irrigação, a subirrigação por tubulações e a irrigação por gotejamento constituem os sistemas mais seguros e apresentam menores riscos de contaminação (AYERS; WESTCOT, 1999), porque existe menor contato do irrigante e da parte aérea das plantas com o efluente.

2.4 Potencial e limitações do sistema de irrigação por gotejamento

Segundo Scaloppi (1986), os sistemas de irrigação que aplicam a água de forma localizada, ou seja, na região do sistema radicular, se caracterizam pela economia de água, pela pequena utilização de mão-de-obra, pela susceptibilidade a entupimentos ou mal funcionamento de seus componentes, pelo grande potencial de automatização, pela manutenção de elevados níveis de água no solo para melhorar o desempenho das culturas, pela possibilidade de se adequar às condições de solos pedregosos, rasos e topografia acidentada, pela possibilidade de aplicação de produtos químicos em solução na água de irrigação e pela redução dos riscos de contaminação das culturas.

Hanson & Lamm (1995) apontam ainda como vantagens, a economia de fertilizantes, redução de custos culturais e o aumento em produtividade. Todas essas são razões pelas quais a utilização destes sistemas tem crescido no Brasil. Segundo Oron et al. (1992), tanto a irrigação superficial como a subsuperficial por gotejamento são promissoras tecnologias para satisfazer problemas de escassez e poluição de águas.

Contudo, a irrigação por aplicação localizada apresenta limitações, tais como o elevado custo inicial e de manutenção, rompimento de tubulações, necessidade de operadores habilitado sendo o fator mais limitante: a obstrução dos emissores e tubulações por sedimentos e crescimento microbiano (SCALOPPI, 1986; AYERS; WESTCOT, 1999; HANSON; LAMM, 1995; SILVANAPPAN; LAMM, 1995).

O entupimento é agravado pelo uso de águas residuárias, aumentando os custos fixos (menor vida útil), reduzindo a uniformidade de aplicação e distribuição da água devido aos elevados teores de sólidos em suspensão e algas (CHANDRAKANTH et al., 1988; BASTOS, 1999), aumentando os custos operacionais e necessitando de checagem, troca e recuperação de emissores com mal funcionamento, que são mais freqüentes ao final da linha de irrigação (BUCKS et al., 1979).

A precipitação química, a formação de filmes biológicos e depósitos de partículas inorgânicas no interior das canalizações e gotejadores são riscos presentes (BASTOS, 1999). Tajrishy et al. (1994) ressaltam o problema quando afirmam que o entupimento de uma pequena percentagem dos emissores pode afetar severamente a uniformidade de aplicação da água, e conseqüente redução na uniformidade de aplicação de nutrientes, de crescimento e de rendimento das plantas.

Estando o sistema entupido, as alternativas são a troca dos emissores ou, segundo Gilbert et al. (1979), a realização de processos de recuperação, que aumentam o custo de manutenção do sistema e, em algumas circunstâncias, podem ser ineficientes. Assim, a prevenção ao aparecimento da obstrução nos emissores e nas linhas de distribuição é melhor em relação à recuperação, conforme foi sugerido por Resende (1999).

2.5 Causas de entupimento em sistemas de irrigação por gotejamento

Segundo Nakayama & Bucks (1991) são diversas as causas que podem provocar o entupimento parcial ou total de emissores e de tubulações, prejudicando

o fluxo de água e sua distribuição ao longo das linhas de irrigação, principalmente nas laterais, e reduzindo a eficiência do sistema.

O entupimento pode ocorrer por diversas causas: areia, silte, argila, fitoplâncton (incluindo algas), zooplâncton, larvas e ovos de lesmas, bactérias, plástico (oriundo do corte de tubulações durante instalação e manutenção do sistema), raízes (para gotejamento subsuperficial), resíduos lubrificantes (oriundos por falta de manutenção adequada no conjunto moto-bomba), ação de bactérias (oxidando ferro, manganês e enxofre), precipitados (carbonato, fosfato, hidróxidos, ferro), uso de fertilizantes que aumentam a alcalinidade da água de irrigação e precipitação direta de substâncias químicas devido à mistura incompatível de fertilizantes (NAKAYAMA; BUCKS, 1991; LOPEZ et al., 1997).

Scaloppi (1986); Pova & Hills (1994) concordam que o entupimento de emissores está diretamente associado à qualidade da água de irrigação, a qual recebe diversas classificações (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de águas residuárias tratadas conforme o uso segundo a Organização Mundial de Saúde.

Categoria	Condições de uso
A	Em culturas não aptas para o consumo humano; em culturas cujos produtos são processados a altas temperaturas, verduras e frutas cultivadas exclusivamente para enlatados e ou que sofrem outros processamentos que eliminam microorganismos patogênicos; cultivo de forrageiras para fornecimento a seco para os animais; e em áreas cercadas e sem acesso ao público.
B	Em pastagens e forrageiras consumidas verdes, cultivos cujo produto de consumo humano não tenha contato direto com a água residuária e/ou ingeridos cozidos e/ou consumidos após serem descascados, e cultivos irrigados por aspersão
C	Irrigação localizada sem exposição de trabalhadores e público em áreas com acesso ao público, e para todo produto que seja ingerido cru e cultivado em contato com efluentes de estações de tratamento de águas residuárias

Fonte: WHO (1989)

2.6 Técnicas para minimizar o entupimento

Diversas medidas podem ser adotadas, isoladas ou em conjunto, para prevenir a ocorrência de entupimento, tais como: o melhoramento do equipamento, o correto planejamento e tratamento do sistema, a filtragem, a cloração, as descargas de água periódicas ao final das linhas de irrigação, o uso de substâncias como o ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico, ácido nítrico e outros (CARRARO, 2004).

A escolha de uma ou da combinação das medidas citadas deve ser cuidadosa, pois em certos casos pode ser ineficiente, dispendiosa, apresentar riscos à saúde humana ou causar resultados indesejáveis, como a fitotoxidez. Por outro lado, a geração de novas tecnologias preventivas é desejável. Usualmente utilizam-se filtros combinados a um tratamento químico, inspeção a campo e lavagem das linhas laterais. Segundo Gilbert & Ford (1986), a filtragem e a inspeção a campo são absolutamente essenciais, e de acordo com Adin; Sacks (1991), previnem o entupimento imediato por partículas relativamente grandes. A lavagem de linhas laterais e principais pode ajudar a minimizar o aumento de sedimentos e o tratamento químico pode melhorar a performance do sistema em longo prazo.

2.6.1 Cloração

Quanto à cloração por adição de hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio ou gás cloro, Gilbert & Ford (1986) afirmam ser basicamente um procedimento para controle da atividade microbiológica. Ao reagirem com a água, tais compostos originam ácido hipocloroso, que é mais eficiente no controle de bactérias (predominando em pH entre 5,0 e 6,0) e íon hipoclorito (predominando em pH acima de 7,5) (RESENDE, 1999). Portanto é recomendado manter o pH da água abaixo de 7,0.

Rav-Acha et al. (1995) verificaram que 2 mg L⁻¹ de Cl₂ ou ClO₂ causaram rápida inativação de bactérias, porém concentrações de 20 mg L⁻¹ não afetaram o número de células de algas, embora tenha reduzido sua capacidade de multiplicação e quantidade de clorofila.

Verifica-se que em muitos casos o agente de obstrução é biológico, como relatado nos casos de uso de águas residuárias. Como medida usual, adota-se a cloração da água para prevenção a obstrução dos emissores. Segundo Ravina et al. (1992), esse tratamento é menos dispendioso e não há evidências de injúrias às raízes e às plantas.

Nakayama et al. (1977) obtiveram sucesso utilizando hipoclorito e ácidos, porém Schischa et al. (1997) verificaram que embora tivessem controlado o entupimento pelo uso de cloração, o uso de grandes quantidades de cloro prejudicou a capacidade de regulagem de vazão e pressão das membranas elásticas dos emissores.

Deve-se considerar a tolerância das culturas a cloretos como sugerem os valores indicados de níveis máximos permissíveis por cultura apresentados por Ayers & Westcot (1999). Entretanto, de acordo com Gilbert & Ford (1986) as fontes de cloro utilizadas em baixas concentrações possivelmente não causem prejuízos às plantas.

2.6.2 Acidificação

O método mais eficaz para prevenção das obstruções provocadas pela precipitação de CaCO₃ é controlar o pH da água e limpar periodicamente o sistema com ácido. Além do mais, limpar o sistema de irrigação com água sob pressão, com uma frequência mínima de uma vez por semana. Ayers & Westcot (1999) recomendam que os ácidos devam ser aplicados em quantidades suficientes para manter o pH da água próximo, porém não inferior a 6,5.

O tratamento com ácido pode ser preventivo quando se aplica o ácido à água para tornar o Índice de Saturação de Langelier (ISL) negativo. Desta forma, previne-se a formação de precipitados de carbonato de cálcio e magnésio, fosfatos de cálcio e outras substâncias que podem ser dissolvidos com ácidos. O tratamento também pode ser de recuperação ou corretivo, quando se aplica altas concentrações de ácido para destruir os precipitados já formados (CARRARO, 2004). Os ácidos mais utilizados são o ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3) e, ácido fosfórico (H_3PO_4), com capacidade de acidificação decrescente (AYERS; WESTCOT, 1999).

Porém, é importante ressaltar que, o produtor antes de iniciar o tratamento da água com ácido, faça uma curva de titulação com o ácido a ser utilizado, pois desta forma saberá exatamente, quanto de ácido deverá adicionar para atingir o pH desejado. Agindo desta forma, evitando desperdícios de ácido, prejuízos às culturas e, melhora a eficiência do tratamento. Na impossibilidade de realizar as curvas de titulação, o produtor pode também, para o cálculo do ISL, utilizar os resultados das análises físico-químicas da água (CARRARO, 2004).

2.7 Considerações sobre a cultura do milho

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo pode alcançar 300 dias. Contudo, nas condições brasileiras, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização das cultivares (superprecoce, precoce e normal), período este compreendido entre a semeadura e a colheita (FANCELLI; DOURADO-NETO, 1997).

Na região Nordeste, caracterizada pela irregularidade climática, o déficit de água no solo é um dos fatores que mais limita o rendimento da cultura. Mesmo assim, o milho vem-se expandindo em tamanho de área cultivada na região,

chegando a atingir cerca de três milhões de hectares, produzindo cerca de 12.000 kg ha⁻¹ de espigas empalhadas e cerca de 6.000 kg-ha⁻¹ de espigas despalhadas comercializáveis em condições de irrigação (CÂMARA, 2007).

Conforme Bull & Cantarella (1993) vários fatores contribuem para que a produtividade brasileira de milho não alcance patamares mais expressivos, e um dos principais é a utilização de pouca ou nenhuma tecnologia, em função do baixo nível de capitalização dos pequenos produtores, que respondem por aproximadamente 60% da produção nacional. O autor alega que uma das formas de se aumentar a produtividade da cultura é, sem dúvida, a nutrição mineral adequada, através de programas de adubação que considerem, além da quantidade de fertilizantes fornecida, o balanço entre os nutrientes requeridos, aliado a condições climáticas adequadas, principalmente em termos de precipitação pluviométrica ou do tratamento de água no solo, através da irrigação.

Na produção vegetal a água é um fator fundamental. Qualquer cultura durante o ciclo de desenvolvimento consome grande volume de água. Cerca de 100% deste volume apenas passa através da planta, sendo perdido posteriormente pelo processo de transpiração. O solo comporta-se como reservatório dessa água, armazenando-a temporariamente e sendo fornecido às plantas a medida de suas necessidades (GORDON, 1995). A exigência hídrica do milho é variável, dependendo dos fatores climáticos reinantes no período de desenvolvimento, na variedade e do estágio da cultura. Se houver deficiência hídrica uma semana após surgirem anteras, pode ocorrer uma queda de 50% na produção (DOORENBOS; KASSAN, 2000).

Por ser uma espécie de metabolismo C₄, o milho tende a expressar sua elevada produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico (BERGAMASCHI et al., 2004). Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porém aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente também eleva a evapotranspiração.

No entanto, essa cultura apresenta um período crítico, que vai da pré-floração ao início do enchimento de grãos (MORIZET; TOGOLA, 1984). Nessa

etapa fenológica, o milho é sensível ao déficit hídrico, podendo-se observar esta sensibilidade nos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e início do enchimento de grãos, e na elevada transpiração que ocorre nesse período, em razão do maior índice de área foliar. Os eventos de formação do zigoto e início do crescimento dos grãos são muito suscetíveis a estresses, sobretudo ao déficit hídrico (SCHUSSLER; WESTGATE, 1991; ZINSELMEIER et al., 1995). Contudo, se o enchimento do grão for iniciado, seu desenvolvimento continua, embora ocorra déficit severo no tecido materno, sugerindo que as reservas são remobilizadas para auxiliar na continuação do crescimento do grão (WESTGATE; BOYER, 1985; QUATTAR et al., 1987).

Com 67 mil plantas por hectare, um híbrido precoce de milho necessita de uma média de 650 mm de água em todo o ciclo (BERGAMASCHI et al., 2001). No entanto, numa população de 50 mil plantas por hectare, a necessidade média é de 577 mm para todo o ciclo do milho, na mesma região (MATZENAUER et al., 1983). Isso demonstra a necessidade de um planejamento adequado de práticas de tratamento para adequar as populações de plantas às reais condições pedoclimáticas, principalmente em lavouras que não dispõem de irrigação, a fim de reduzir os riscos causados por déficit hídrico (BERGAMASCHI et al., 2001).

Considerando a grande exigência da cultura do milho com relação à necessidade de fertilizantes e principalmente do nitrogênio, e conseqüentemente seu elevado poder de absorção de nutrientes, essa cultura tem sido utilizada com frequência na disposição controlada de efluentes de esgoto (ANDRADE et al., 2005). O que também pode ser aplicado para o uso do efluente de aquicultura.

As plantas de milho apresentam maior demanda por N a partir do estádio com quatro a cinco folhas expandidas (MENGEL; BARBER, 1974). O suprimento insuficiente nessa fase pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e o número de espigas por planta e, com isso, afetar negativamente o rendimento de grãos (MENGEL; BARBER, 1974; SCHREIBER et al., 1998). A formação de grãos na cultura do milho está estreitamente relacionada com a translocação de açúcares e de N de órgãos vegetativos, principalmente de folhas, para os grãos (VARVEL et al., 1997; SCHREIBER et al.,

1998). Segundo Rao et al. (1992), o aumento de produtividade proporcionado pelo N pode ser atribuído, também, aos efeitos sobre o crescimento do sistema radicular do milho.

Dependendo da espécie, o sítio de redução com NO_3^- pode ser locado nas folhas ou raízes. Por essa propriedade, as plantas estão divididas em três grupos: espécies que predominantemente reduzem o NO_3^- nas raízes, espécies que predominantemente reduzem o NO_3^- nas folhas, e as que reduzem de ambas as formas. Os custos de carbono para redução do NO_3^- a NH_4^+ dependem do local de redução no nitrato na plantas. O milho (*Zea mays*) reduz parte do nitrato nas raízes e parte nas folhas (GAVRICHKOVA; KUZYAKOV, 2008).

Dos nutrientes das plantas, o N é o de tratamento e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito – com grande dependência das condições edafoclimáticas (CANTARELLA; DUARTE, 2004). Nos últimos anos, a crescente preocupação com a poluição do meio ambiente, proveniente do tratamento inadequado de fertilizantes nitrogenados, especialmente dos recursos hídricos por nitrato e da atmosfera por óxido nitroso, tem estimulado a busca de sistemas de tratamento que aumentem a eficiência da adubação com maior aproveitamento do N pelo milho. Com isso, proporciona maior produtividade e lucratividade ao produtor, considerando o benefício/custo e a sustentabilidade do agroecossistema (AMADO et al., 2002).

O N aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais segue diferentes caminhos: uma parte é absorvida pelas plantas; outra, perdida do sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2000); o restante permanece no solo, predominantemente na forma orgânica (SCIVITTARO et al., 2003; SILVA et al., 2006). A forma de tratamento do N exerce grande influência no aproveitamento deste nutriente pelo milho.

Nos viveiros de aquicultura há uma tendência a reciclagem do nitrogênio produzido pela adição de ração e excrementos dos organismos aquáticos. A maior parte do nitrogênio produzido nesses sistemas é na forma NH_4^+ , que é altamente

tóxica aos peixes e camarões e aos ecossistemas onde essas águas serão descarregadas para manter a qualidade da água de produção (BRUNE et al., 2003).

Com a crescente necessidade de nitrogênio pelas plantas e o aumento das taxas de acumulação de amônia na água do viveiro pelo aumento da biomassa, a transferência de parte de água do viveiro retirada diariamente através de bombeamento de água para a irrigação da cultura do milho pode reduzir a concentração de amônia e nitrogênio oxidado, beneficiando ambas as culturas. O fato do milho preferir a forma amoniacal aumenta mais ainda as possibilidades de sucesso da integração.

REFERÊNCIAS

ADIN, A.; SACKS, M. Dripper clogging factors in wastewater irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v.117, n.6, p.813-826, 1991.

AL-JALOUD, A. A.; HUSSAIN, G.; ALSADON, A.A.; SIDDIQUI, A.Q.; AL-NAJADA, A. Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Bristol, v.7, n.2, p.223-241, 1993.

AMADO, T. J. C.; MIELCNIZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.179-189, 2002.

ANDRADE, I. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. A. A.; FREIRE, M. B. G.; SANTOS, T. E. M. Impacto do reuso de efluentes de esgoto no lixiviado de solos cultivados com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.212-216, 2005.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de R.S. Gheyi et al. Campina Grande, UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

AZEVEDO, C. M. S. B.; SIMÃO, B. R.; ALMEIDA, C.; SILVA, J. F.; COSTA, M. P. Desempenho produtivo de tilápias em viveiros intermitentemente drenados para irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.1, p.29-35, jan./mar. 2008.

AZEVEDO, C. M. S. B. **Nitrogen transfer using ^{15}N as a tracer in an integrated aquaculture and agriculture system.** 1998. 105f. Tese (Ph.D.) – University of Arizona, Tucson, Arizona, 1998.

BASTOS, R. K. X. Fertilização com águas residuárias. In : FOLEGATTI, M. V.(Coord.) **Fertilização: citrus, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. p.279-291.

BERGHEIM , A.; ASGARD, T. Waste production from aquaculture. *In*: BAIRD, D.J.; BEVERIDGE; M.C.M., KELLY, L.A.; MUIR; J.F. **Aquaculture and Water Resource Management.** Cambridge, Wiley, John & Sons, Incorporated, p. 50-80. 1996.

BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L.M.G.; BERGONCI, J.I.; ARAGONÉS, R.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001.

BEVERIDGE, M. C. M.; PHILLIPS, M. J.; CLARKE, R. M. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: D.E. BRUNE; TOMASSO, J. R. (Ed.) **Aquaculture and water quality.** Baton Rouge, World Aquaculture Society, v.3, p. 506-533, 1991.

BILLARD, R.; SERVRIN-REYSSAC, J. Les impacts négatifs et positifs de la pisciculture d'élevage sur l'environnement. p. 17-29. In. BARNABÉ, G.; KESTEMONT, P. (Eds.). *Production, Environment and Quality.* Lexington, KY: European Aquaculture Society special publication, 1992.

BRUNE, D. E.; SCHWARTZ , G.; EVERSOLE, A.G.; COLLIER, J.A.; SCHWEDLER, T.E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. **Aquacultural Engineering**, v. 28, p. 65-86, 2003.

BRUNE, D.E. **Sustainable aquaculture systems: REPORT prepared for the office of technology assessment.** Food and Renewable Resources Program, Washington, D.C.:U.S. Congress, 1994.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural and Water Management**, v.2, p.149-162, 1979.

BULL, L.T.; CANTARELLA, H.; **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.** Potafos: Piracicaba, 1993. 301p.

CÂMARA, T. M. M. Rendimento de grãos verdes e secos de cultivares de milho. **Revista Ceres**, n.54, v. 311, p. 87-92, 2007.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Tratamento da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V., (Eds.) **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. S. B; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturea**, Amsterdam, v. 3, n. 110, p 44-50, 2006.

CARRARO, D. C. Tratamento de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores. 2004. 149 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e drenagem) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2004.

CARVALHO, H.W.L. de; SANTOS, M.X. dos; LEAL, M. de L. da S. Variedades de milho para o Nordeste Brasileiro. Sete Lagoas, MG, Embrapa. PATC. 1997. p.1. (Comunicado Técnico.)

CHANDRAKANTH, M.S.; LAU, L.S.; WU, I.P. Plugging evaluation in reuse of primary wastewater effluent for drip irrigation. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 4., Albury, 1988. **Proceedings**. p.211-218, 1988.

D'SILVA A.M.; MAUGHAN, O.E. Multiple use of water: integration of fishculture and tree growing. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.26, n.1, p. 1-7, 1994.

D'SILVA A.M; MAUGHAN, O.E. Effect of density and water quality on red tilapia in pulsed flow culture systems. **Journal of Applied Aquaculture**, Binghamton, v.5, p. 69-75, 1995.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). Tradução de H. R. Gheyi; A. A. de Souza, F.A.V; Damasco, J.F. de Medeiros.

FAO. AQUASTAT — FAO's information system on water and agriculture, 2001. <http://asw.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastatweb/main/html/background.htm> [Geo-2-119]

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. v.1. 360p.

FREITAS, K. K. C. de ; NEGREIROS, M. Z. de ; BEZERRA NETO, F. ; AZEVEDO, C. M. S. B. ; OLIVEIRA, E. Q. de; BARROS JÚNIOR, A. P. . Uso de efluente e água de rio no desempenho agroecônômico de cenoura, alface e coentro em associação. **Caatinga**, Mossoró, v. 17, n. 2, p. 98-104, 2004.

GAVRICHKOVA, O., KUZYAKOV, Y. Ammonium versus nitrate nutrition of *Zea mays* and *Lupinus albus*: effect on root-derived CO₂ efflux. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 40p. 2835–2842, 2008.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam, Elsevier, p. 142-163, 1986.

GILBERT, R. G.; NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation: prevention of clogging**. Transactions of the ASEA, v.22, p.514-519, 1979.

GORDON, W. B.; RANEY, R. J.; STONE, L. R. Irrigation management practices for corn production in north central Kansas. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 50, n. 4, p. 395-398, 1995.

HANSON, B. R.; LAMM, F. R. Drip irrigation of row crops: an overview. INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, Orlando, **Proceedings**. St. Joseph: ASEA, 1995. p.651-655, 1995.

JOHNSEN, F.; HILLESTAD, M.; AUSTRENG, E. High energy diets for Atlantic salmon. Effect on pollution. In: S.J. KAUSHIK; P. LUQUET (Eds.). *Fish nutrition in practice*. Paris: INRA, p. 391-401, 1993

LARA CABEZAS, W. A. R.; ARRUDA, M. R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.215- 226, 2005.

LIMA, C. B. **Utilização de efluente de piscicultura na irrigação de pimentão cultivado com fosfato natural e esterco bovino**. 2007. 55p. Dissertação de Mestrado (Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

LIN, C. K.; YI, Y. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 226, n.1, p. 57-68, 2003.

LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa, 405 p. 1997.

LUCENA, L. de F. C. Efeito de níveis de nitrogênio e fósforo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo do Brejo Paraibano. 1997. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraíba.

- MAIA, S. S. S. **Uso de biofertilizante na cultura do alface**. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró, 2002.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S. L.; BERGAMASCHI, H. Relações entre a evapotranspiração do milho e as fórmulas de Penman e Thornthwaite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, p.1207-1214, 1983.
- MENGEL, D. B.; BARBER, S. A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, n. 66, p.399- 402, 1974.
- MICHIELSENS, C. G. J.; LORENZEN, K.; PHILLIPS, M. J.; GAUTHIER, R. Asian carp farming systems: towards a typology and increased use efficiency. **Aquaculture Research**, Amsterdam, v. 22, n.6, p. 403-413, 2002.
- MORIARTY, D. J. W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 151, n. 5, p. 333-349, 1997.
- MORIZET, J.; TOGOLA, D. **Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs**. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. Les besoins en eau des cultures. Paris: INRA, p.351-360, 1984.
- NAHAS, E. **Factors affecting the solubilization of insoluble phosphates**. Disponível em: <http://webcd.usal.es/web/psm/abstracts/keampfer.htm>. Acesso em 18 ago. 2002.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Water quality in drip/trickle irrigation: a review. **Irrigation Science**, v.12, p.187-192, 1991.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.; FRENCH, O.F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. **Transactions of the ASEA**, v.20, p.278-280, 1977.
- QUATTAR, S.; JONES, R. J.; CROOKSTON, R. K. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 4, p. 726-730, 1987.
- ORON, G.; DeMALACH, Y.; HOFFMAN, Z.; MANOR, Y. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. **Water Science and Technology**, v.26, n.7/8, p.1593-1601, 1992.
- PESCOD, M.D. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 47).

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. S. B.; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G. P. Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos. **Caatinga**, Mossoró, v. 16, p. 57-62, 2003.

PINAZZA, L. A. **Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. Cultura do milho, fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 301p. 1993.

PNUMA. Perspectivas do meio ambiente mundial 1972 - 2002 GEO-3. Programa das Nações Unidas para Meio-Ambiente. IBAMA e UMA, 2004. In. **Estado do meio ambiente e retrospectivas políticas**, Cap. 2, Pg. 162 a 167, 2004.

POVOA, A. F.; HILLS, D. J. Sensitivity of microirrigation system pressure to emitter plugging and lateral line perforations. **Transactions of the ASEA**, v.37, n.3, p.793-799, 1994.

RAO, A. C. S.; SMITH, J. L.; PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I. Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.3, n. 33, p. 209-217, 1992.

RAV-ACHA, C.; KUMMEL, M.; SALAMON, I.; ADIN, A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. **Water Research**, v.29, n.1, p.119-129, 1995.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v.13, p.129-139, 1992.

RESENDE, R. S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação. Piracicaba, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1999.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; COLETTI, C. Chemical treatment to unclog dripper irrigation systems due to biological problems. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 1, p. 1-9, jan-fev, 2008.

SCALOPPI, E. J. **Características dos principais sistemas de irrigação**. ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna, n.25, p.22-27, 1986.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P.C.O. Utilização de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 24, p. 917- 926, 2000.

SCHREIBER H. A.; STANBERRY, C. O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects sweet corn row number at various growth stages. **Science**, Washington, v.135, n.1, p.135-136, 1998.

SCHISCHA, A.; RAVINA, I.; SAGI, G.; PAZ, E.; YECHIELY, Z.; ALKON, A.; SCHRAMM, G.; SOFER, Z.; MARCU, A.; LEV, Y. Drip irrigation with reclaimed effluent - the clogging problems. 'The platform trials'test filters and emitter sensitivity. **International Water and Irrigation Review**, v.17, n.3, p.8-12, 1997.

SCHOEDER, G. L. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely – manured fish ponds, and related fish yields. **Aquaculture**, v. 14, p. 303-325, 1978.

SCHWART, M.; BOYD, C. E. Channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, Alabama, v.56, p. 273-281, 1994.

SCHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low water potential. II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1196-1203, 1991.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P.C.O. Tratamento de nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.477-486, 2006.

SILVANAPPAN, R.K.; LAMM, F.R. Present status and future of microirrigation in India. INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, Nova Deli, 1995. **Proceedings**. Saint Joseph: ASEA, p.740-744, 1995.

TAJRISHY, M.A.; HILLS, D.J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.4, p.716-731, 1994.

VARVEL, G.E.; SCHPERS, J.S., FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society American Journal**, n. 61, p. 1233-1239, 1997.

WESTGATE, M. E.; BOYER, J. S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 5, p. 762-769, 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe, 1989. 1100p. (Technical Report, 54).

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M.E.; JONES, R.J. Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. **Crop Science**, Madison, v.35, p.158-163, 1995.

CAPÍTULO II

TRATAMENTO DE DESOBSTRUÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PARA APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE AQUICULTURA

RESUMO

LIMA, Cybelle Barbosa e. **Tratamento de desobstrução do sistema de irrigação por gotejamento para aplicação de efluente de aquicultura**. 2009. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

Para avaliar o potencial do efluente de aquicultura como fonte de água para irrigação, um experimento foi realizado adotando-se diferentes tratamentos para desobstrução dos gotejadores. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados completos, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Nas parcelas foram designados os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação quando da utilização com efluente de aquicultura e água subterrânea, combinados com soluções de cloro e ácido nítrico, e nas subparcelas as cinco épocas de avaliação do sistema de irrigação. Os tratamentos eram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o início das irrigações. Foram realizadas análises da vazão do sistema e das águas utilizadas para calcular a vazão, grau de entupimento, coeficiente de variação, uniformidade de emissão dos emissores e a lâmina acumulada, além das quantidades de nitrogênio inorgânico (amônia, nitrito e nitrato) e fosfato fornecido através da água de irrigação. Os tratamentos com solução de cloro e solução de cloro+ácido foram mais eficazes na desobstrução do sistema de irrigação. O teor de nutrientes disponíveis através da água foi maior na irrigação com efluente de aquicultura independente do tratamento adotado, quando comparado a água subterrânea. O efluente de aquicultura pode ser utilizado como fonte de água para irrigação, desde que se utilize algum tratamento de prevenção à obstrução dos emissores.

Palavras-chave: efluente de aquicultura; desobstrução de gotejadores; cloração; acidificação.

ABSTRACT

LIMA, Cybelle Barbosa e. **The effect of using aquaculture effluent for drip irrigation under different treatments to prevent the clogging of emitters.** 2009. 147f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Fitotecny) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

To assess the potential of aquaculture effluent as a source of water for irrigation, an experiment was carried out adopting different treatments to prevent the clogging of emitters. A randomized complete block design with four replications in a split plot arrangement was used. Treatments to prevent the clogging of emitters were assigned in the main plots when used with aquaculture effluent and ground water, combined with solutions of chlorine and nitric acid. And the five periods of assessment of the irrigation system were arranged in the subplots. Treatments were applied twice a week, from 20 days after the beginning of irrigation. Analysis were made of the flow system and water used to calculate the flow rate, emitter clogging degree, coefficient of variation, emission uniformity of the emitters, the total irrigation applied and the quantities of inorganic nitrogen (ammonia, nitrite and nitrate) and phosphate supplied by irrigation water. Treatments with chlorine solution and solution of acid + chlorine were more effective in clearing the irrigation system. The nutrient content available through irrigation water, with or without clearing treatment, was higher for aquaculture effluent, when compared with groundwater. Aquaculture effluent can be used as a source of water for dripping irrigation, since a clearing treatments are used to prevent the clogging of emitters.

Keywords : aquaculture effluent ; dripper unclogging, chlorination; acidification

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, mais de 50% da população mundial depende de produtos irrigados (WERNECK, 1999). Nos últimos 30 anos, a agricultura passou a ter uma alta demanda de água, com os 200 milhões de hectares que passaram a ser cultivados, a extração de água já passa dos 3.500 km³ (FAO, 2006).

A integração da agricultura com aquicultura é uma alternativa para utilizar a água de forma mais eficiente no semi-árido, reduzindo os conflitos do seu uso, além de trazer mais ganhos para o produtor, já que é possível conduzir duas culturas usando a mesma água, como vem sendo demonstrado em alguns estudos (AZEVEDO, 1998; MAIA, 2002; PEREIRA et al., 2003; CASTRO, 2003; FREITAS et al., 2004; CASTRO et al., 2006; LIMA, 2007).

A irrigação de culturas utilizando água de viveiro de criação de peixes reduz o impacto ambiental da descarga de águas ricas em nutrientes nos rios ou a necessidade de tratamento dessas águas (BILLARD; SERVIRIN-REYSSAC, 1992), além do uso de efluentes de viveiro de criação de peixes que também pode reduzir a quantidade de fertilizantes químicos utilizados nas culturas (AL-JALOUD et al., 1993; D'SILVA, 1993), embora os níveis de nitrogênio inorgânico disponível nos efluentes sejam baixos para atender às necessidades de plantas mais exigentes (AZEVEDO, 1998).

O grande problema associado à utilização de águas residuárias em sistemas de irrigação por gotejamento consiste na alteração da vazão pelo entupimento parcial ou total dos gotejadores afetando a uniformidade de distribuição da água (BATISTA et al., 2006). Entretanto, é necessário aprimorar as técnicas de uso de efluentes para irrigação, especialmente no semi-árido, onde a escassez de água nos obriga a usar a água da forma mais racional possível.

Para a minimização do entupimento são sugeridas diversas técnicas (ORON et al., 1979; GILBERT; FORD, 1986; JACKSON; KAY, 1987; HILLS; EL-EBABY, 1990; NAKAYAMA; BUCKS, 1991; TELTSCH et al., 1991;

SCHAKSCHOUK, 1996; CARRARO et al., 2004). Entre as práticas mais usuais estão a filtragem, a acidificação e a cloração. Contudo, não foram encontrados estudos sobre os tratamentos preventivos para utilização de águas residuárias oriundas de efluentes de aquicultura na irrigação, o que é de fundamental importância para tornar mais eficiente o uso da água no semi-árido.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o tratamento de desobstrução dos emissores devido o uso de efluente de aquicultura na irrigação por gotejamento, em diferentes épocas de avaliação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do ambiente

O experimento foi realizado no período de setembro de 2008 a janeiro de 2009, na horta do Departamento de Ciências Vegetais, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, no município de Mossoró, que está situado a 5° 11' de latitude ao sul e 37° 20' de longitude a oeste de Greenwich, e altitude de 18 m.

O clima da região, segundo Thornthwaite, é semi-árido, e de acordo com a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, portanto, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO et al., 1991). Na Tabela 1 encontram-se as médias semanais dos valores de precipitação pluvial, temperaturas médias, máximas e mínimas e umidade relativa do ar referentes ao período de realização do experimento, conforme dados da Estação Meteorológica da UFERSA.

Tabela 1 – Médias mensais de precipitação pluvial (P), evapotranspiração potencial (EP), temperatura e umidade relativa (UR). Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Mês	P (mm)	Temperatura (°C)			EP (mm/mês)	UR (%)
		Média	Máxima	Mínima		
Setembro	0	27,8	34,7	22,3	235,2	65,9
Outubro	0	28,6	35,3	23,3	260,4	58,7
Novembro	0	28,6	34,8	24,3	234,0	56,1
Dezembro	0	28,9	34,9	24,3	217,0	65,2
Janeiro	42	27,5	33,0	23,3	155,0	68,1

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi delineado em blocos casualizados completos, em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas foram designados os tratamentos de prevenção da obstrução do sistema de irrigação quando da utilização com efluente de aquicultura e água subterrânea, combinados com soluções de cloro e ácido nítrico, e nas subparcelas as cinco épocas de avaliação do sistema de irrigação.

Os tratamentos das parcelas forma: I) aplicação de efluente de aquicultura; II) aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro; III) aplicação de efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; IV) aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro e ácido nítrico; V) aplicação de água subterrânea com solução de ácido nítrico; e VI) controle, aplicação de água subterrânea. As épocas de avaliação foram: 15, 30, 45, 60 e 75 dias após o início da irrigação. Em todos os tratamentos a água passou por filtragem através de filtros de discos de 120 mesh instalados na entrada da água na área, sendo um filtro para cada tratamento (Quadro 2).

A área total do experimento foi de 480 m². Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras com 67 gotejadores no total (Figuras 1).

Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Fonte de água	Tratamento	Notação dos tratamentos
Água subterrânea	sem tratamento preventivo	AS
Água subterrânea	ácido nítrico	AS+A
Efluente de aquicultura	sem tratamento preventivo	EA
Efluente de aquicultura	ácido nítrico	EA+A
Efluente de aquicultura	cloro	EA+C
Efluente de aquicultura	ácido nítrico e cloro	EA+C+A

2.3 Avaliação dos tratamentos de prevenção da obstrução

2.3.1 Sistema de irrigação e tipos de água

O sistema de irrigação utilizado foi o localizado por gotejamento cuja vazão dos emissores era de $1,6 \text{ L-hora}^{-1}$, espaçados entre si por $0,30 \text{ m}$. O sistema de filtragem era composto por seis filtros plásticos de 120 mesh, um para cada tratamento. A pressão de entrada da água na área irrigada era controlada por seis manômetros glicerizados de 0 a 4 kgf/cm^2 e 6 registros de esfera, sendo a pressão de $0,7 \text{ kgf/cm}^2$ mantida durante todo o tempo da irrigação (Figura X).



Figura 1 – Cabeçal de controle de entrada da água na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Foram utilizadas duas fontes de água para irrigação: efluente de aquicultura e água subterrânea. O efluente utilizado na irrigação foi proveniente de um tanque de concreto, com capacidade para 312,5 m³ (25x12,5x1 m), onde foram cultivadas tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estocadas a uma densidade de 2 peixes·m⁻² e camarão (*Litopenaeus vannamei*) a uma densidade de 2,56 camarões·m⁻¹. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, com uma ração balanceada com 28% de proteína bruta. Não foi fornecida nenhuma ração específica para o camarão. Junto à captação de água no tanque de aquicultura, o pé de válvula, localizado a 50 cm da superfície da água, foi coberto com uma tela tipo sombrite de malha 1 mm, para evitar a entrada de detritos. Este efluente foi bombeado a uma distância de 250 m do local do experimento (Figura 2).



Figura 2 – Localização do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

2.3.2 Avaliação do sistema de irrigação

Para caracterização dos emissores novos, foram determinadas no campo as vazões médias dos gotejadores na primeira irrigação da área. Foram selecionados 16 para serem avaliados em bloco de quatro no 1/4; 2/4; 3/4; 4/4 do comprimento da linha (Figura 3).

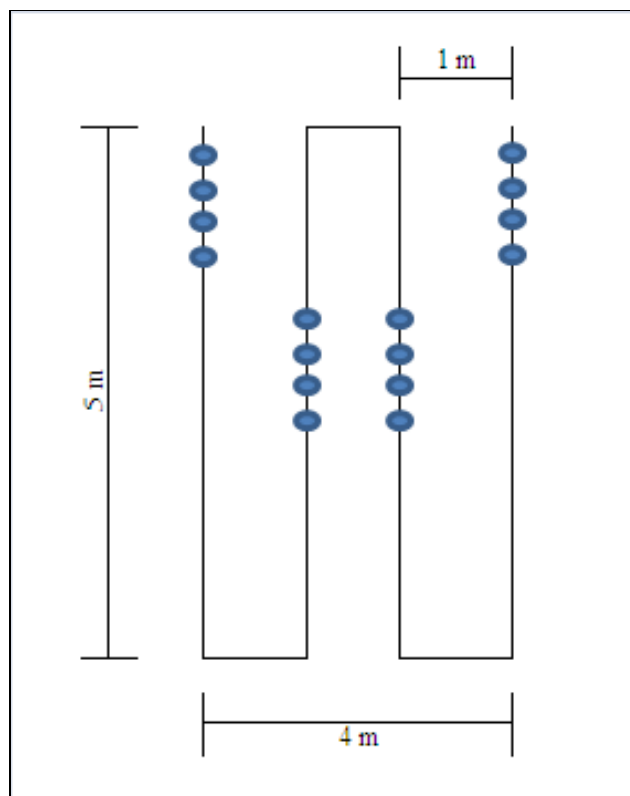


Figura 3 – Parcela experimental e esquema para a avaliação dos gotejadores na parcela. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Para o teste de vazão os gotejadores tiveram o volume de água emitido coletado em um recipiente plástico por um tempo de 3 minutos. Após o tempo, o

volume foi medido com o auxílio de uma proveta de 100 mL. Depois de tabulados os volumes, efetuaram-se os cálculos da vazão, do coeficiente de variação de fabricação e da uniformidade de distribuição pela equação (1) (SOLOMON, 1979).

$$q_i = \left(\frac{V}{1000t} \right) \cdot 60 \quad (1)$$

em que,

q_i - vazão do gotejador novo, L·h⁻¹;

V - volume da água coletada, mL; e

t - tempo de coleta, min.

A vazão inicial dos emissores foi de 1,49 L·h⁻¹.

A partir da caracterização dos gotejadores novos, tomando sempre o mesmo esquema, as demais avaliações foram realizadas quinzenalmente sendo ao todo seis avaliações. Com os dados de volume foi possível efetuar os cálculos de vazão, coeficiente de variação de vazão e do grau de entupimento dos gotejadores, pelas equações numeradas de (2) a (5) (SOLOMON, 1979).

$$q_{i-1} = \left(\frac{V}{1000t} \right) \cdot 60 \quad (2)$$

em que:

q_{i-1} - vazão do gotejador usado, L h-1; e

V - volume de água coletada, mL.

$$CV_f = \left(\frac{S_{i-1}}{q_{i-1}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

em que:

CV_f - coeficiente de variação da fabricação, %;

S_{i-1} - desvio padrão da vazão dos gotejadores novos, L·h⁻¹; e

q_{i-1} - vazão média do gotejador novo, L·h⁻¹.

$$GE = \left(\frac{C_{i-1}}{C_{i-1}} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

GE = Grau de entupimento, %.

$$UD = \left(\frac{q_{25\%}}{q_{m\u00e9dia}} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

UD = Uniformidade de distribui\u00e7\u00e3o, %.

$q_{25\%}$ = Vaz\u00e3o m\u00e9dia de 1/4 dos menores valores, L.h⁻¹.

2.3.3 Tratamentos utilizados

Para aplica\u00e7\u00e3o dos tratamentos foi disposto no cabe\u00e7al de controle, cinco tanques de deriva\u00e7\u00e3o, sendo um para cada um dos tipos de preven\u00e7\u00e3o AS+A, EA+C e EA+A (Tabela 2), onde foi aplicado apenas o tratamento qu\u00edmico cloro ou \u00e1cido n\u00edtrico, e dois tanques de deriva\u00e7\u00e3o para o tratamento EA+C+A, onde o cloro e o \u00e1cido n\u00edtrico eram aplicados simultaneamente. Para os tratamentos AS e EA n\u00e3o foi instalado o tanque de deriva\u00e7\u00e3o, pois n\u00e3o havia necessidade de inje\u00e7\u00e3o de produtos.

Para determinar a quantidade de produto qu\u00edmico a ser aplicado no sistema, sem provocar danos \u00e0s plantas, foi calculada a quantidade de \u00e1gua necess\u00e1ria para preencher a tubula\u00e7\u00e3o durante o tempo de aplica\u00e7\u00e3o dos tratamentos, considerando o di\u00e2metro e comprimento da tubula\u00e7\u00e3o.

Nos tratamentos AS+A, EA+A e EA+C+A ocorreu a aplica\u00e7\u00e3o de \u00e1cido n\u00edtrico (HNO₃) na concentra\u00e7\u00e3o 1 N em dose suficiente para baixar o pH da \u00e1gua para 5,0. Para determinar a quantidade necess\u00e1ria para baixar o pH das \u00e1guas para 5,0 foi realizada uma curva de titula\u00e7\u00e3o com o \u00e1cido n\u00edtrico. Os valores obtidos na curva titula\u00e7\u00e3o formam: 1,71 L de HNO₃ a 1N para 1.000 L de efluente de aq\u00fasicultura; para 1.000 L de \u00e1gua subterr\u00e2nea foi necess\u00e1rio 1,56 L de HNO₃ a 1N.

Nos tratamentos EA+C e EA+C+A ocorreu a aplica\u00e7\u00e3o de solu\u00e7\u00e3o clorada na dosagem de 20 mg.L⁻¹. A concentra\u00e7\u00e3o atingida na s\u00e1da dos emissores ao final da tubula\u00e7\u00e3o gotejadora foi de 0,5 mg.L⁻¹ de cloro residual livre. Esta concentra\u00e7\u00e3o foi baseada no princ\u00edpio de que todo cloro reage com compostos presentes na \u00e1gua,

incluindo a ação sobre bactérias formadoras de biofilme. A pequena concentração restante ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), representa apenas uma margem de segurança residual das reações. Outros motivos da escolha dessa concentração foram a baixa possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade e o menor custo em aquisição do produto clorado. A concentração utilizada também foi baseada nas referências de Keller; Bliesner (1990); Tajrishy et al., (1994), os quais também sugerem concentrações relativamente baixas, como $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ intermitentemente e $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ou $0,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ continuamente. As quantidades aplicadas de ácido nítrico e hipoclorito de sódio estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de hipoclorito de sódio e ácido nítrico 1N aplicados no controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos	Hipoclorito de sódio 10%	Ácido nítrico 1 N
AS	-	-
AS+A	-	300 mL
EA+A	-	250 mL
EA+C	40 mL	-
EA+A+C	40 mL	250 mL

Utilizou-se o tempo de 20 minutos para a aplicação dos produtos químicos, pois correspondia ao tempo de deslocamento do mesmo até o final das linhas de irrigação. Este tempo foi calculado com base na curva da condutividade elétrica da água coletada durante a aplicação dos tratamentos. Nesse tempo, permitia-se que as reações com a amônia e com os compostos orgânicos, de ferro e de enxofre ocorressem.

Os tratamentos foram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o início da irrigação, geralmente na irrigação do período da tarde, nos minutos finais da irrigação, para que as soluções cloradas e/ou acidificadas permanecessem em contato com a tubulação por no mínimo 12 horas. Acredita-se que esse tempo foi suficiente para a ocorrência destas reações, pois para Lopez et al., (1997) a maior parte dos vírus e bactérias são inativados de 10 a 30 minutos de

contato. Além disso, a presença de acessórios na tubulação tais como curvas, tês, registros e reduções, e o regime turbulento auxiliaram na mistura do hipoclorito de sódio à água e conseqüentemente auxiliaram nas reações com as substâncias presentes na água, permanecendo ao final o cloro residual livre na forma de OCl^- e/ou $HOCl$, de acordo com o pH. E uma vez por semana era aplicada ao sistema, água na pressão mais elevada possível e os finais das linhas eram abertos para lavagem e a expulsão dos sólidos presentes na tubulação.

Quando indicado o momento de irrigar, efetuava-se seqüencialmente: a retirada da água do tanque de derivação, a lavagem manual dos filtros de discos, a pressurização do sistema, o enchimento do tanque com solução de cloro e/ou ácido nítrico, iniciava a irrigação e, restando 20 minutos para o final da irrigação, ocorria a injeção das soluções. Para a lavagem do filtro de disco foi utilizada o próprio efluente de aquicultura ou água subterrânea, dependendo da fonte de água.

Efetuaram-se seis avaliações de vazão em todas as parcelas do experimento em 15/10/2008, 30/10/2008, 13/11/2008, 27/11/2008, 11/12/2008 e 25/12/2008. As avaliações foram realizadas utilizando-se a mesma metodologia adotada na caracterização do sistema de irrigação (Item 2.3.2).

Nas avaliações coletou-se o volume de água durante três minutos, colocando-se nas quatro linhas de gotejadores coletores de água, de forma simultânea. Depois de se efetuar a leitura das quatro linhas, efetuava-se a leitura de outras quatro linhas, e assim sucessivamente, até a parcela 24. O tempo de teste perfazia 1,5 horas, incluindo leitura e anotação dos valores, manutenção, correção de problemas, mudança de ponto de controle de pressão e regulagem desta em cada tratamento.

2.3.4 Irrigação

A lâmina de água necessária foi estimada a partir da evapotranspiração de referência obtida com dados da Estação Meteorológica da UFERSA (Tabela 1),

localizada a aproximadamente 700 m do local do experimento, e do coeficiente de cultura (K_c) recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1996). Durante a condução do experimento foi fornecido, em todos os tratamentos, o mesmo tempo de irrigação.

O volume total de água aplicado por tratamento foi calculado através da vazão média dos gotejadores em cada um dos tratamentos, obtidos de acordo com as avaliações da vazão realizadas. Este valor foi transformado em lâmina (mm) de acordo com a área coberta por cada gotejador.

2.3.5 Qualidade da água

Foram realizadas análises do efluente de aquicultura e da água subterrânea quinzenalmente. As amostras foram coletadas no final da tarde, no dia da avaliação da vazão, direto do tanque/viveiro, no caso do efluente, ou direto no tanque que armazenava a água subterrânea, e levadas aos laboratórios para determinação das características físico-químicas. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Água da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da UFERSA (Tabela 3).

Com os resultados das análises das águas e os dados da lâmina de água aplicada em cada tratamento foi calculada a quantidade de nutrientes fornecida através da irrigação por planta e por hectare.

Tabela 4 – Média e desvio padrão das análises físico-químicas dos dois tipos de água utilizados na irrigação do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Características	Efluente de aquicultura	Água subterrânea
pH	9,22 ($\pm 0,12$)	8,6 ($\pm 0,23$)
CE ($\text{dS}\cdot\text{cm}^{-1}$)	0,57 ($\pm 0,09$)	0,53 ($\pm 0,03$)
Ca ²⁺ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	115,00 ($\pm 1,87$)	102,00 ($\pm 1,34$)
Mg ²⁺ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	3,30 ($\pm 1,23$)	1,00 ($\pm 0,78$)
Na ⁺ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	24,82 ($\pm 1,75$)	23,31 ($\pm 1,89$)
K ⁺ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	12,90 ($\pm 0,69$)	12,83 ($\pm 0,56$)
Cl ⁻ ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$)	3,33 ($\pm 0,78$)	3,10 ($\pm 0,67$)
CO ₃ ⁻ ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$)	0,60 ($\pm 0,06$)	0,70 ($\pm 0,05$)
HCO ₃ ⁻ ($\text{cmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$)	3,00 ($\pm 0,34$)	2,80 ($\pm 0,68$)
N – NH ₃ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,02 ($\pm 0,12$)	nd
N – NO ₂ ⁻ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,73 ($\pm 0,11$)	0,03 ($\pm 0,01$)
N – NO ₃ ⁻ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	7,85 ($\pm 2,01$)	0,87 ($\pm 0,23$)
PO ₄ ⁻ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,62 ($\pm 0,34$)	0,28 ($\pm 0,08$)

2.4 Análise estatística

As análises de variância foram realizadas para as características avaliadas no sistema de irrigação usando o programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2003) foi utilizado na realização dessas análises.

Para o fator qualitativo foi utilizado o teste de Dunnet ao nível de 5% de probabilidade foi utilizado para comparar as médias. O tratamento considerado como testemunha para esta avaliação foi o que utilizou água subterrânea sem tratamento de desobstrução.

Para o fator quantitativo foi realizado o processo de ajustamento de curvas de regressão com o auxílio do programa Table Curve 2D.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação dos tratamentos de desobstrução

Foi observada interação significativa para os tratamentos de desobstrução em função da época de avaliação para todas as características avaliadas.

Para a vazão dos gotejadores observou-se que houve uma queda na vazão na aplicação da água subterrânea utilizada sem tratamento para desobstrução, o mesmo também foi observado para AS+A. Quando o efluente de aquicultura foi combinado com tratamento de prevenção da obstrução do sistema de irrigação, houve uma tendência a uma recuperação da vazão média dos gotejadores com a continuidade da aplicação do tratamento (Figura 4).

Para o desdobramento dos tratamentos dentro das épocas de avaliação do sistema de irrigação foi observado que aos 15 dias o efluente de aquicultura ocasionou uma redução na vazão dos gotejadores, quando comparado à testemunha. Há partir dos 30 dias, após o início dos tratamentos de desobstrução, observou-se que a aplicação de efluente de aquicultura combinado com ácido nítrico, cloro e cloro+ácido nítrico ocasionou uma recuperação da vazão dos gotejadores. Sendo que o tratamento EA+C proporcionou os maiores valores médios de vazão (Tabela 5).

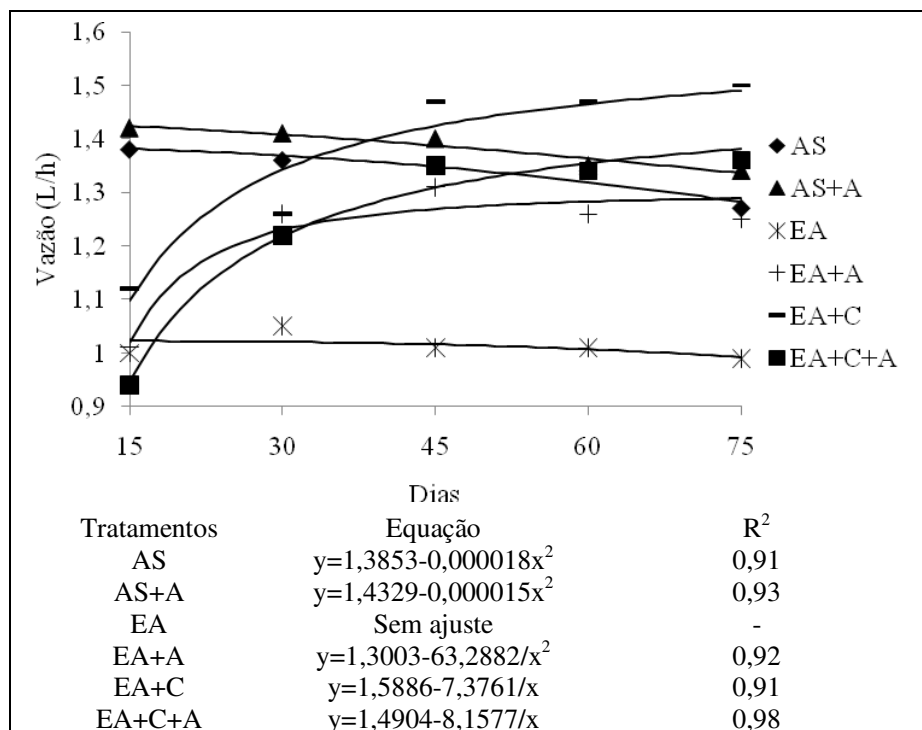


Figura 4 – Vazão média do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 5 – Vazão média do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Dias	Tratamentos ¹					
	AS ¹	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	1,38	1,42 ^{n.s.}	1,00**	1,01**	1,12**	0,94**
30	1,36	1,41 ^{n.s.}	1,05**	1,26 ^{n.s.}	1,26 ^{n.s.}	1,22 ^{n.s.}
45	1,35	1,40 ^{n.s.}	1,01**	1,31 ^{n.s.}	1,47 ^{n.s.}	1,35 ^{n.s.}
60	1,34	1,35 ^{n.s.}	1,01**	1,26 ^{n.s.}	1,47 ^{n.s.}	1,34 ^{n.s.}
75	1,27	1,34 ^{n.s.}	0,99**	1,25 ^{n.s.}	1,50 ^{n.s.}	1,36 ^{n.s.}
DMS	0,16					
CV%	6,48					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de

aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Para os valores médios do grau de entupimento dos gotejadores não houve ajuste para as equações de regressão (Figura 5).

O desdobramento dos tratamentos dentro das épocas de avaliação do sistema revelou que aos 15 dias a aplicação do efluente de aquicultura acarretou um aumento do grau de entupimento dos emissores, onde os tratamentos EA+C e EA+C+A controlaram o entupimento de forma mais eficaz, já que nas demais épocas de avaliação não houve diferença estatística quando comparado com a testemunha, AS (Tabela 6). A aplicação de efluente de aquicultura combinado com o ácido nítrico não foi eficiente no controle do entupimento, já que nas avaliações realizadas aos 60 e 75 dias os valores médios observados foram significativos. Quando se aplicou o efluente de aquicultura sem tratamento para desobstrução o grau de entupimento permaneceu acima dos 30% durante todo o período de avaliação (Tabela 6).

Foi observado que na avaliação realizada aos 15 dias, o entupimento provocou uma redução na quantidade de água fornecida às plantas, mostrada pela redução da vazão dos gotejadores (Figura 4). Detectada a redução na vazão dos gotejadores, se iniciou a aplicação dos tratamentos de desobstrução do sistema, sendo observada uma diminuição do grau de entupimento dos gotejadores a partir da avaliação realizada aos 30 dias.

Tabela 6 – Grau de entupimento do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	10,81	15,22 ^{n.s.}	30,15**	32,66**	25,29**	37,60**
30	9,60	7,85 ^{n.s.}	32,99**	15,92 ^{n.s.}	16,12 ^{n.s.}	18,40 ^{n.s.}
45	5,48	2,83 ^{n.s.}	32,29**	12,80 ^{n.s.}	10,8 ^{n.s.}	10,83 ^{n.s.}
60	5,20	2,83 ^{n.s.}	32,79**	15,85**	10,2 ^{n.s.}	10,31 ^{n.s.}
75	6,41	3,29 ^{n.s.}	34,21**	16,53**	9,36 ^{n.s.}	9,50 ^{n.s.}
DMS	10,95					
CV%	36,02					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

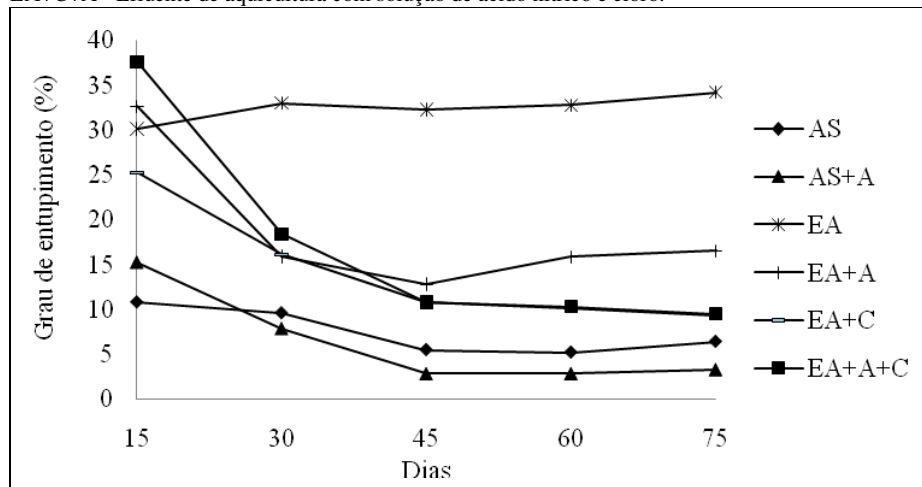


Figura 5 – Grau de entupimento do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFRS, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Os valores médios do coeficiente de variação do sistema de irrigação (Figura 6) mostraram uma tendência a aumentar em função das épocas de avaliação. Para o efluente de aquicultura, a aplicação dos tratamentos reduziu o coeficiente de variação aos 45 e 60 dias, voltando a aumentar na avaliação dos 75 dias. Para o efluente de aquicultura sem aplicação de tratamento, além da abertura da mangueira no final da linha de gotejadores da parcela, se observou valores médios de coeficiente de variação elevados durante todas as avaliações.

No desdobramento dos tratamentos dentro das épocas o coeficiente de variação do sistema dos tratamentos EA, EA+A, EA+C e EA+C+A foram maiores estatisticamente à testemunha AS na primeira época de avaliação (Tabela 7). Com o início da aplicação dos tratamentos de desobstrução houve uma redução no coeficiente de variação para os tratamentos EA+A, EA+C e EA+C+A, permanecendo estatisticamente igual à testemunha até a avaliação realizada aos 60

dias. Aos 75 dias a avaliação do sistema de irrigação mostrou que os valores médios do coeficiente de variação foram os mais elevados para todos os tratamentos.

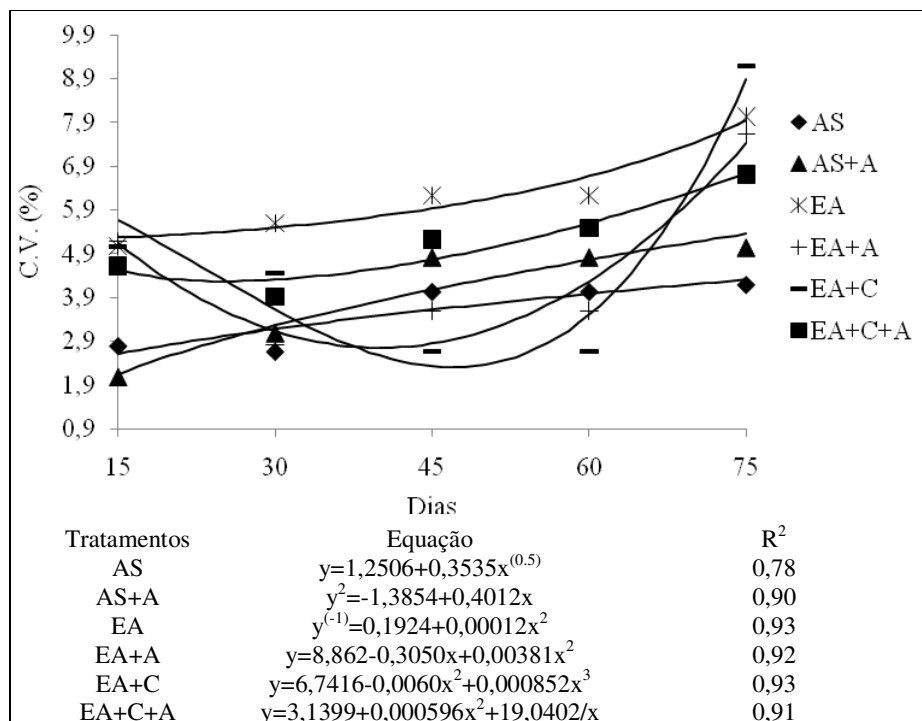


Figura 6 – Coeficiente de variação do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 7 – Coeficiente de variação do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	2,79	2,09 ^{n.s.}	5,08**	5,18**	5,05**	5,62**
30	2,66	3,09 ^{n.s.}	5,60**	2,82 ^{n.s.}	4,45 ^{n.s.}	3,92 ^{n.s.}
45	4,04	4,82 ^{n.s.}	6,23 ^{n.s.}	3,60 ^{n.s.}	2,68 ^{n.s.}	5,23 ^{n.s.}
60	4,04	4,82 ^{n.s.}	6,23 ^{n.s.}	3,60 ^{n.s.}	2,67 ^{n.s.}	5,49 ^{n.s.}
75	4,20	5,04 ^{n.s.}	8,03**	7,63**	9,19**	6,71**
DMS	2,25					
CV%	23,93					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Para os valores médios da uniformidade de distribuição dos gotejadores não houve ajuste para as equações de regressão (Figura 7). A uniformidade de distribuição permaneceu acima dos 90% durante todos os períodos avaliados.

O desdobramento da interação apontou que não houve diferença entre os tratamentos nas épocas de avaliação do sistema (Tabela 8).

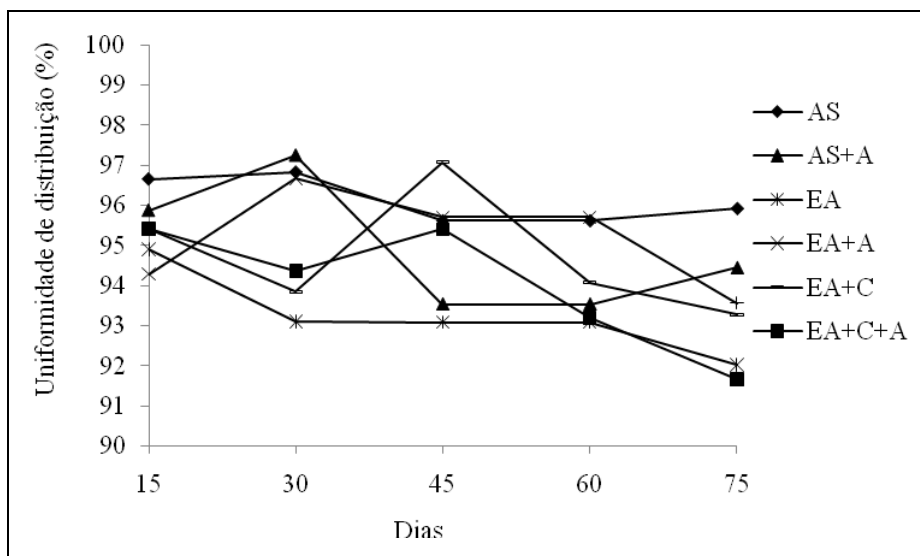


Figura 7 – Uniformidade de distribuição do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 8 – Uniformidade de distribuição do sistema de irrigação durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	96,65	95,88 ^{n.s.}	94,91 ^{n.s.}	93,28 ^{n.s.}	95,42 ^{n.s.}	95,41 ^{n.s.}
30	96,82	97,26 ^{n.s.}	93,10 ^{n.s.}	96,68 ^{n.s.}	93,85 ^{n.s.}	94,36 ^{n.s.}
45	95,62	93,53 ^{n.s.}	93,08 ^{n.s.}	95,70 ^{n.s.}	97,07 ^{n.s.}	95,40 ^{n.s.}
60	95,62	93,53 ^{n.s.}	93,08 ^{n.s.}	95,70 ^{n.s.}	92,07 ^{n.s.}	93,19 ^{n.s.}
75	95,92	94,44 ^{n.s.}	93,56 ^{n.s.}	92,02 ^{n.s.}	89,27 ^{n.s.}	91,66 ^{n.s.}
DMS	4,43					
CV%	2,35					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Avaliando a lâmina acumulada no período do experimento, o tratamento EA apresentou a menor lâmina aplicada. Quando se utilizou o cloro como tratamento para desobstrução, a lâmina acumulada apresentou uma tendência a se aproximar dos valores médios obtidos pela testemunha, tendo diferido apenas na avaliação realizada aos 60 dias. Os tratamentos AS+A, EA+C e EA+C+A forneceram uma lâmina superior a 500 mm, e não diferiram da aplicação da água subterrânea sem tratamento para desobstrução (Figura 8 e Tabela 9).

Tabela 9 – Lâmina de irrigação acumulada (valores em mm) durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	49,50	47,05 ^{n.s.}	38,76 ^{n.s.}	46,67 ^{n.s.}	46,55 ^{n.s.}	45,29 ^{n.s.}
30	112,55	111,32 ^{n.s.}	85,50**	93,63**	98,66 ^{n.s.}	88,81**
45	234,48	236,66 ^{n.s.}	172,84**	206,13**	224,76 ^{n.s.}	204,51**
60	397,48	403,55 ^{n.s.}	288,27**	350,65**	390,07**	357,65**
75	546,08	557,31 ^{n.s.}	392,88**	483,37**	548,01 ^{n.s.}	501,55 ^{n.s.}
DMS	12,88					
CV%	6,40					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo;

EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

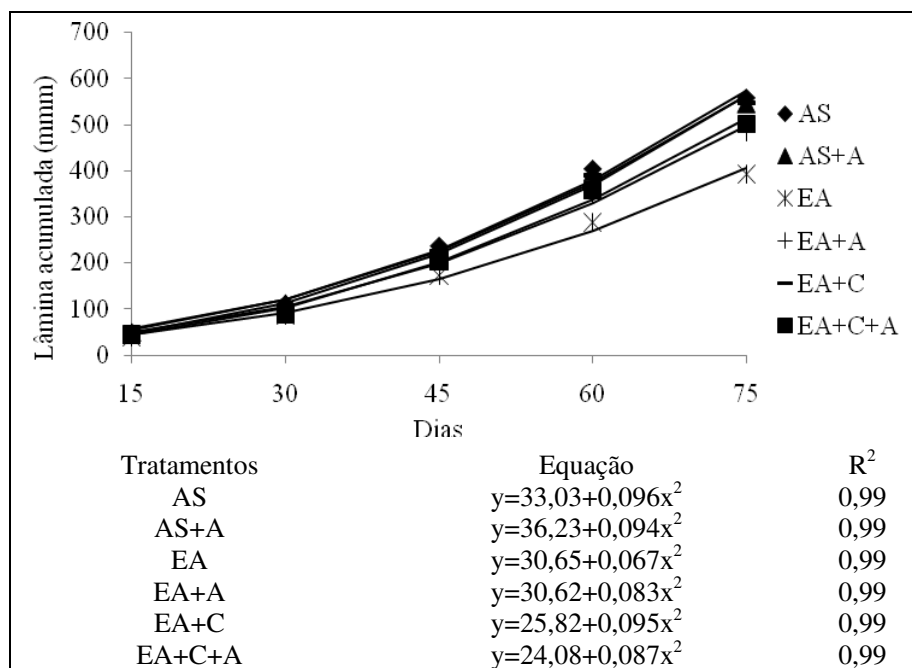


Figura 8 – Lâmina de irrigação acumulada durante o período de avaliação para diferentes tratamentos de controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

3.2 Avaliação dos teores de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação

O efluente de aquicultura apresentou teores de nutrientes mais elevados do que a água subterrânea (Tabela 4).

A utilização do efluente de aquicultura como fonte de água para irrigação combinado com algum tratamento para desobstrução dos gotejadores apresentou uma tendência a fornecer teores médios e acumulados de amônia (Figura 9), fosfato (Figura 10), nitrato (Figura 11) e nitrito (Figura 12).

O tempo de irrigação foi o mesmo para todos os tratamentos, mas as lâminas de irrigação aplicadas variaram devido à obstrução observada em alguns tratamentos (Figuras 8 e 9), o nível de nutrientes fornecidos através da água de irrigação também variou em função do tipo de água e do tratamento adotado.

Quando se utilizou o efluente de aquicultura combinado com cloro, foi o tratamento que forneceu a maior quantidade de nutrientes às plantas. No total, foram fornecidos $5,15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de amônia (Tabela 10), $6,80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfato (Tabela 11), $37,39 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrato (Tabela 12) e $4,66 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrito (Tabela 13). Em todas as épocas de avaliação, o efluente de aquicultura forneceu maiores teores de nutrientes às plantas.

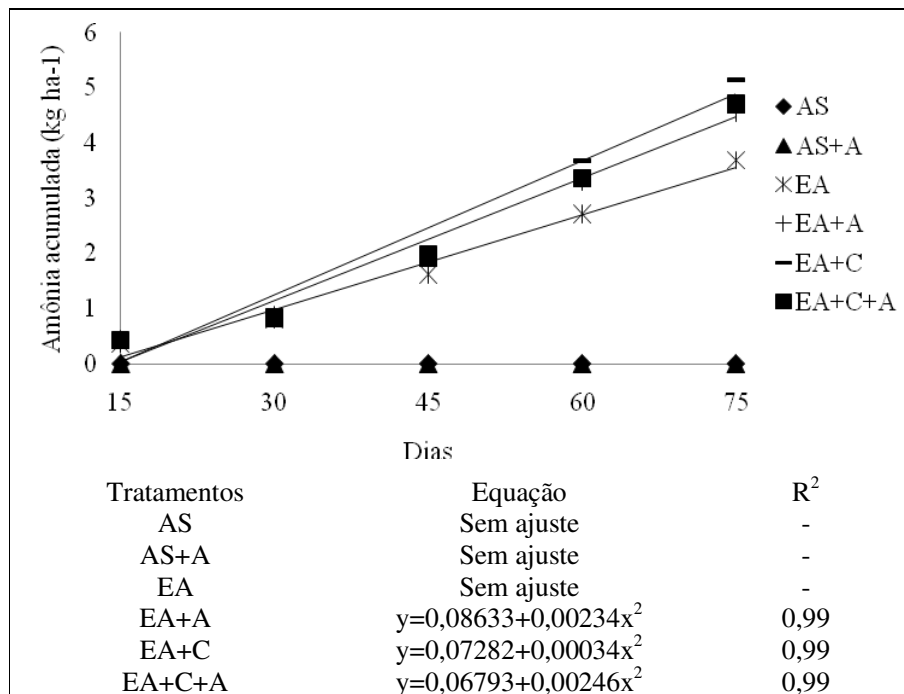


Figura 9 – Análise de regressão para a amônia acumulada em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 10 – Amônia acumulada ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	0	0	0,36**	0,44**	0,44**	0,43**
30	0	0	0,80**	0,88**	0,93**	0,83**
45	0	0	1,62**	1,94**	2,11**	1,92**
60	0	0	2,71**	3,30**	3,67**	3,36**
75	0	0	3,69**	4,54**	5,15**	4,71**
DMS	0,31					
CV%	10,54					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

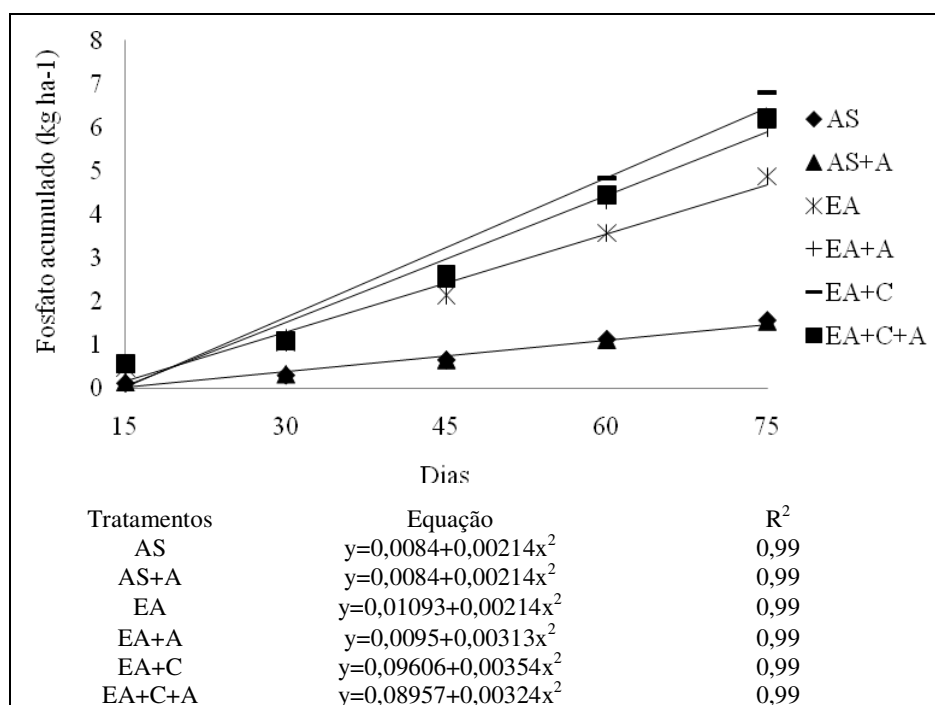


Figura 10 – Análise de regressão para avaliação do teor de fosfato fornecido às plantas e para o fosfato acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de

aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 11 – Fósforo acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	0,13	0,14 ^{n.s.}	0,48 ^{n.s.}	0,58 ^{n.s.}	0,58 ^{n.s.}	0,56 ^{n.s.}
30	0,31	0,32 ^{n.s.}	1,06**	1,16**	1,22**	1,10**
45	0,66	0,65 ^{n.s.}	2,14**	2,56**	2,79**	2,54**
60	1,13	1,11 ^{n.s.}	3,57**	4,34**	4,84**	4,44**
75	1,56	1,53 ^{n.s.}	4,87**	5,99**	6,80**	6,22**
DMS	0,40					
CV%	9,30					

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

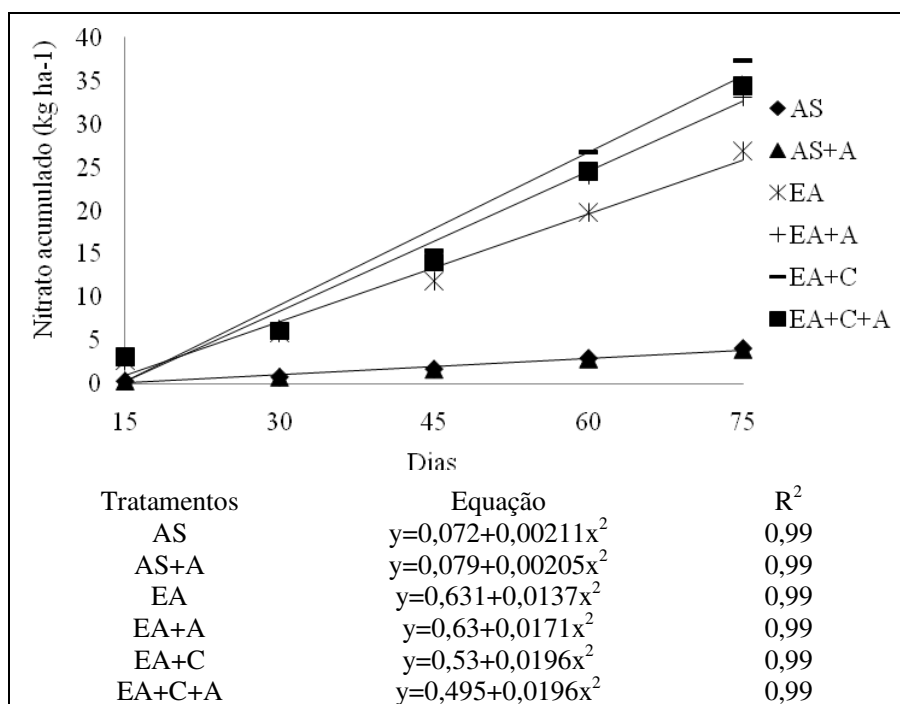
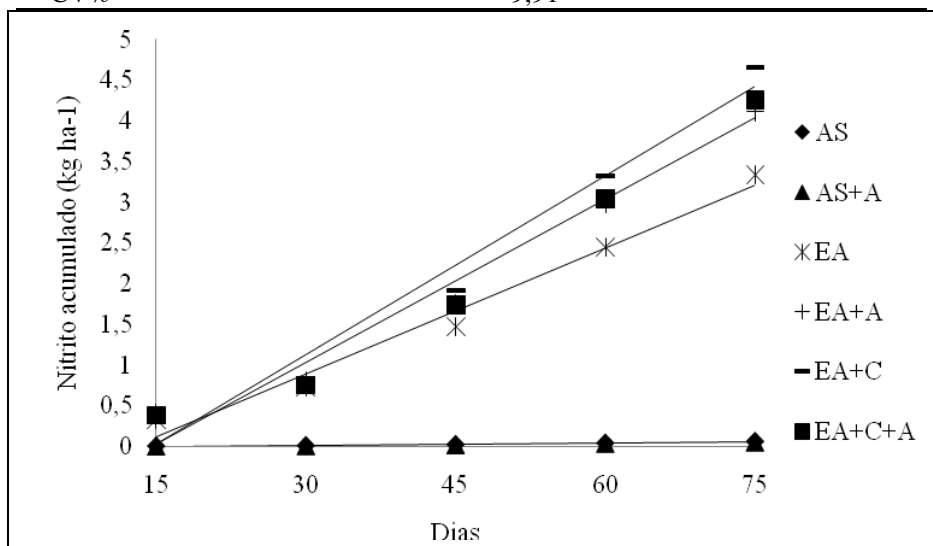


Figura 11 – Análise de regressão para avaliação do nitrato acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Tabela 12 – Nitrato acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	0,34	0,36 ^{n.s.}	2,66 ^{n.s.}	3,20**	3,19**	3,11**
30	0,81	0,82 ^{n.s.}	5,87**	6,42**	6,77**	6,09**
45	1,73	1,71 ^{n.s.}	11,86**	14,14**	15,42**	14,03**
60	2,95	2,9 ^{n.s.}	19,78**	24,05**	26,76**	24,53**
75	4,07	3,99 ^{n.s.}	26,95**	33,16**	37,39**	34,41**
DMS	2,24					
CV%	9,91					



** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

Tratamentos	Equação	R ²
AS	$y=0,00987+0,000289x^2$	0,99
AS+A	$y=0,01+0,000281x^2$	0,99
EA	$y=0,7817+0,0017x^2$	0,99
EA+A	$y=0,7807+0,00212x^2$	0,99
EA+C	$y=0,6585+0,00243x^2$	0,99
EA+C+A	$y=0,6141+0,00222x^2$	0,99

Figura 12 – Análise de regressão para avaliação do nitrito acumulado em função da interação tratamento de irrigação x época de avaliação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 13 – Nitrito acumulado ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os diferentes tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Dias	Tratamentos					
	AS	AS+A	EA	EA+A	EA+C	EA+C+A
15	0,005	0,005 ^{n.s.}	0,33**	0,40**	0,40**	0,38**
30	0,011	0,011 ^{n.s.}	0,73**	0,80**	0,84**	0,75**
45	0,024	0,023 ^{n.s.}	1,47**	1,75**	1,91**	1,74**
60	0,040	0,040 ^{n.s.}	2,45**	2,98**	3,32**	3,04**
75	0,060	0,055 ^{n.s.}	3,34**	4,11**	4,66**	4,26**
DMS						0,28
CV%						10,46

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese formulada para ser testada nesse experimento era a de que o efluente de aquicultura poderia ser utilizado como fonte de água para irrigação, desde que fosse aplicado um tratamento de prevenção à obstrução dos emissores. Esta hipótese foi levantada com base em trabalhos realizados utilizando-se efluentes de aquicultura como fonte de água para irrigação que tiveram a produtividade de algumas culturas reduzida possivelmente devido à redução da quantidade de água fornecida através da irrigação localizada, decorrente do entupimento dos emissores (LIMA, 2007; FREITAS et al., 2004). Enquanto que no trabalho conduzido por Castro et al. (2006), que adotou tratamentos à base de cloro para prevenir a obstrução dos gotejadores, o uso do efluente de piscicultura na produção do tomate cereja proporcionou um aumento na produtividade.

A hipótese foi confirmada, pois quando o efluente de aquicultura foi usado sem tratamento preventivo se observou uma redução na quantidade de água fornecida às plantas devido à obstrução, com o grau de entupimento dos emissores chegando a 37,6%. O entupimento biológico é a causa mais provável da obstrução já que o efluente de aquicultura é rico em microrganismos, sólidos em suspensão e nutrientes (BRUNE et al., 2003), e a temperatura local é bastante elevada, o que pode ter favorecido um crescimento populacional de algas e bactérias na abertura dos emissores, obstruindo-os. Embora não existam estudos sobre o efeito do tratamento preventivo na utilização de efluente de aquicultura, Dazhuang et al. (2009); Resende et al. (2000a) observaram que gotejadores de diferentes marcas e uso mostraram-se suscetíveis ao entupimento quando se utilizou água residuárias provenientes de esgoto tratado com elevados níveis populacionais de bactérias. O entupimento ocasiona uma redução na vazão de água e a redução da vazão dos emissores provoca redução da velocidade da água na tubulação, reduzindo as

perdas de carga por atrito (LIU; HUANG, 2009; RIBEIRO et al., 2008; FARIA et al., 2002).

O tratamento preventivo que se mostrou mais eficiente no controle da obstrução dos emissores na irrigação com efluente de aquicultura foi quando se utilizou a solução de hipoclorito de sódio. Segundo Ribeiro et al. (2008) e Resende (1999) o cloro também foi o tratamento mais eficiente para controlar a atividade microbológica na irrigação com águas residuárias provenientes de esgoto tratado. Os tratamentos que incluíram a aplicação de solução clorada reduziram o grau de entupimento dos gotejadores após o início dos tratamentos. Algumas pesquisas apontam para o fato da cloração da água ser efetiva para o entupimento parcial, não o sendo para emissores apresentando entupimento total (RIBEIRO et al., 2008; RESENDE et al, 2000b), daí a eficiência do tratamento adotado, pois a aplicação dos tratamentos foi iniciada quando os gotejadores começaram a apresentar perda de vazão. Entretanto, o coeficiente de variação aumentou, mostrando que embora tendo sido eficiente na redução da obstrução ocorreram alterações na uniformidade de emissão dos gotejadores.

A adoção de tratamentos para desobstrução dos gotejadores proporcionou um aumento na lâmina de água fornecida no período. Quando se utilizou a combinação de solução de cloro e/ou solução de cloro+ácido nítrico com efluente de aquicultura a lâmina chegou próximo dos valores da água do água subterrânea, com média acima dos 500 mm.

A segunda hipótese formulada era a de que os nutrientes contidos no efluente de aquicultura poderiam funcionar como uma fertirrigação às culturas. Essa hipótese foi levantada com base nos estudos realizados por Castro et al. (2006), que justificaram o aumento da produtividade do tomate cereja pelo fornecimento de nutrientes através da irrigação com o efluente de piscicultura. Essa hipótese foi confirmada, já que os teores de nutrientes aplicados através do efluente de aquicultura, principalmente nitrogênio e fosfato (Figuras 9, 10, 11 e 12), foram superiores aos teores fornecidos pela água subterrânea.

Os efluentes oriundos do cultivo de organismos aquáticos variam de acordo com o tipo de tratamento de criação adotado, podendo apresentar elevados teores

de matéria orgânica, fosfatos e nitrogênio, em função da ração não consumida e dos excrementos produzidos pelos animais. A maior parte do nitrogênio produzido nesses sistemas é na forma NH_3^+ , que é altamente tóxica aos peixes e camarões e aos ecossistemas onde essas águas serão descarregadas (BRUNE et al., 2003).

No presente estudo foram encontrados elevados níveis de nitrato (valor médio de $7,85 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Boyd (1990) recomenda que o nitrato no viveiro de aquicultura fique abaixo de $5,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. As concentrações encontradas no efluente de aquicultura em estudo já são suficientes para induzir toxicidade crônica e levar à diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes a doenças, indicando a necessidade de renovação da água do viveiro.

As técnicas de integração da aquicultura com a agricultura podem oferecer uma alternativa para a descarga e renovação da água, devido à grande quantidade de água requerida para a produção de biomassa vegetal e a crescente exigência de concentrações elevadas de nitrogênio pelas plantas em contraste com a baixa margem de nitrogênio tolerado pelos peixes (RAKOCY et al., 1993), que pode reduzir ou até mesmo substituir a adubação nitrogenada nas culturas.

Com a crescente necessidade de nitrogênio pelas plantas e o aumento das taxas de acumulação de amônia na água do viveiro pelo aumento da biomassa, a transferência de parte de água do viveiro retirada diariamente através de bombeamento de água para a irrigação de culturas pode reduzir a concentração de amônia e nitrogênio oxidado, beneficiando ambas as culturas.

Através da irrigação com o efluente de aquicultura ficou disponível para as plantas $47,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N e $6,80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, quando se adotou o tratamento com cloro, esses valores foram mais de 1000% maiores do que os fornecidos pela água subterrânea. Alguns trabalhos apontam para o fato da quantidade de nutrientes fornecida através do efluente, principalmente nitrogênio e fósforo, ser capaz de reduzir a quantidade de fertilizantes necessários para o bom desempenho das culturas (CASTRO et al., 2006; AL-JALOUD et al., 1993). A quantidade dos nutrientes fornecida através da água vai variar com a lâmina de água aplicada e o ciclo da cultura.

O requerimento de nitrogênio pelas plantas varia de acordo com a produtividade desejada. A cultura do algodão, por exemplo, requer um aporte 212 kg·ha⁻¹ de N, para uma produtividade de 2.500 kg·ha⁻¹ (STAUT; KURIHARA, 1998). Se irrigado com efluente de aquicultura, a adubação química com nitrogênio na cultura do algodão poderia ser reduzida em 25%. No caso do melão, o requerimento de N é de 120 kg·ha⁻¹, com o uso do efluente de aquicultura seria necessário aplicar ao solo apenas 52% da quantidade requerida. Miranda et al. (2008) monitoraram parâmetros para o controle da qualidade do efluente proveniente do cultivo de camarão, reutilizado para irrigação do melão (*Cucumis melo* L. híbrido AF 646), em comparação com a água de rio. No efluente de carcinicultura foram observados maiores teores de cálcio, sódio e cloreto comparados à água do rio, os demais parâmetros foram estatisticamente semelhantes para as das águas, porém se observou que o efluente apresentou incremento de 49 e 27%, chegando a fornecer 3,7 e 1,1 kg·ha⁻¹ para os teores de nitrogênio total e amônia respectivamente, comparada aos valores encontrados na água de rio.

Na análise dos dados e comparação com outros trabalhos, podemos avaliar que quando se usa o sistema de irrigação por gotejamento, a irrigação com o efluente de aquicultura pode contribuir para uma elevação na produtividade, devido ao fornecimento de nutrientes através da água de irrigação, mesmo que em pequenas quantidades, mas de forma contínua durante todo o ciclo o que funciona de forma semelhante a uma fertirrigação. Entretanto, para o caso de uso de irrigação localizada com o efluente, a obstrução dos emissores pode prejudicar a eficiência do sistema. Como a irrigação localizada é tecnicamente mais eficiente e econômica, com relação ao consumo de água e energia (RIBEIRO et al., 2005), o uso de um tratamento preventivo para melhorar a eficiência da irrigação com efluente de aquicultura deve ser adotado, especialmente no semi-árido, onde a escassez de água nos obriga a usar esse recurso da forma mais racional possível.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

O efluente de aquicultura pode ser utilizado como fonte de água para irrigação por gotejamento, desde que se utilize algum tratamento de prevenção à obstrução dos emissores, o que eleva a eficiência desse sistema;

A aplicação de solução de cloro e de solução de cloro+ácido nítrico foi mais eficaz na desobstrução do sistema de irrigação;

O efluente de aquicultura pode fornecer nutrientes às plantas em maior quantidade, quando comparado a água subterrânea, podendo reduzir a necessidade de uso de fertilizantes nas culturas irrigadas com este efluente.

REFERÊNCIAS

AL-JALOUD, A. A.; HUSSAIN, G.; ALSADON, A. A.; SIDDIQUI, A. Q.; AL-NAJADA, A. Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Bristol, v.7, n.2, p.223-241, 1993.

ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; PRUITT, W.O., Proposed revision to the FAO: produce for estimating crop water requirements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRRIGATION OF HORTICULTURAL, 2, 1996, Chania. **Proceeding...**, Leuven, ISHS, p.17-49, 1996.

AZEVEDO, C. M. S. B. **Nitrogen transfer using ^{15}N as a tracer in an integrated aquaculture and agriculture system.** 1998. 105f. Tese (Ph.D.) – University of Arizona, Tucson, Arizona, 1998.

BATISTA, R. O.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C. Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento montado em campo. **Acta Science Technology**, v. 28, n. 2, p. 213-217, 2006.

BILLARD, R.; SERVRIN-REYSSAC, J. Les impacts negatoifs et positifs de la pisciculture détang sur l'énvironnement. p. 17-29. In. BARNABÉ, G.; KESTEMONT, P. (Eds.). Production, Environment and Quality. Lexington, KY: European Aquaculture Society special publication n. 18, 1992.

BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture.** Alabama: Birmingham, 1990.

BRUNE, D. E., SCHWARTZ, G., EVERSOLE, A. G., COLLIER, J. A., SCHWEDLER, T. E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. **Aquacultural Engineering**, n. 28, p. 65-86, 2003.

CARRARO, D.C.; LEVERENZ, L.H.; BOTREL, T.A. ; HILLS, D.J. Efeitos de ácido peróxido acético, hipoclorito de sódio e filtro textil na minimização do entupimento de gotejadores pelo uso de água residuária de tanque séptico. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., São Pedro (Compact disc) Campinas: SBEA, 2004.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró (Jan. de 1988 à Dez. de 1990).** Coleção Mossoroense. Mossoró: ESAM/FGD, 1991, 121 p.

CASTRO, R. S. de. Cultivo de tomate cereja em sistema orgânico irrigado com efluentes de piscicultura. 2003. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) ESAM. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 2003.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. S. B.; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturea**, Amsterdam, v. 3, n. 110, p 44-50, 2006.

DAZHUANG, Y.; ZHIHUI, B.; ROWAN, M.; LIKUN, G.; SHUMEI, R.; PEILING, Y. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. **Journal of Environmental Sciences-China**, v. 21, n. 6, p. 834-841, 2009.

D'SILVA, A. M. **Techniques for Integration aquaculture with agriculture on irrigated farms: pulsed flow culture systems**. 1993. 113f. Dissertation (Doutorado) University of Arizona, Arizona, 1993.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. "The State of World Fisheries and Aquaculture". 2006. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0699e/a0699e.pdf>. Acesso em 10/10/2008.

FARIA, L. F.; COELHO, R. D.; FLECHA, P. A. N.; ROBLES, W. G. R. ; VÁSQUEZ, M. A. N.. Entupimento de gotejadores e seu efeito na pressão da rede hidráulica de um sistema de microirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.195-198, 2002.

FERREIRA, D. F. **Sisvar 4.3. 2003**. Disponível em: <http://asw.dex.ufla.br/danielff/sisvar>>. Acesso em 10 de Novembro de 2006.

FREITAS, K. K. C. de; NEGREIROS, M. Z. de ; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. S. B. ; OLIVEIRA, E. Q. de ; BARROS JÚNIOR, A. P. Uso de efluente e água de rio no desempenho agroeconômico de cenoura, alface e coentro em associação. **Caatinga**, Mossoró, v. 17, n. 2, p. 98-104, 2004.

GILBERT, R. G.; FORD, H. W. Operational principles / emitter clogging. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Trickle irrigation for crop production: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, p.142- 163, 1986.

HILLS, D. J.; EL-EBABY, F. G. Evaluation of microirrigation self-cleaning emitters. **Applied Engineering in Agriculture**, v.6, n.4, p.441-445, 1990.

JACKSON, R. C.; KAY, M. G. Use of pulse irrigation for reducing clogging problems in trickle emitters. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.37, p.223-227, 1987.

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

LIMA, C. B. e. Utilização de efluente de piscicultura na irrigação de pimentão cultivado com fosfato natural e esterco bovino. Mossoró, 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2007.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural water management**, v.. 9, n. 6, p. 745-756, 2009.

LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 405p.

MAIA, S. S. S. **Uso de biofertilizante na cultura do alface**. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró, 2002.

MIRANDA, F. R.; LIMA, R. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SANTANA, M. G. S. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. **Aquacultural Engineering**, v. 39, n. 1, p. 1-5, 2008.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, v.12, p.187-192, 1991.

ORON, G.; SHELEF, G.; TURZYNSKI, B. Trickle irrigation using treated wastewaters. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.105, n.2, p.175-186, 1979.

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. S. B.; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G. P. Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos. **Caatinga**, Mossoró, v. 16, p. 57-62, 2003.

RAKOCY, J. E, HARGREAVES, J. A., BAILEY, D. S. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponic vegetable production. In: WANG, J. K. (Ed.) **Techniques for Modern Aquaculture**. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 1993, p. 148 a 158.

RESENDE, R.S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação. Piracicaba, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1999.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. F. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 368-375, 2000a.

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. F. Eficiência da cloração da água de irrigação no tratamento de gotejadores com entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 382-389, 2000b.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P da.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 295-301, 2005.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; COLETTI, C. Chemical treatment to unclogg dripper irrigation systems due to biological problems. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 1, p. 1-9, 2008.

SCHAKSCHOUK, A.M. Alleviation of chemical pollution resultant through water chemical treatment in trickle irrigation systems. **Egyptian Journal of Soil Science**, v.36, n.2, p.189-218, 1996.

SOLOMON, K. **Manufacturing variation of trickle emitters**. **Transactions of the ASAE**, Michigan, v.22, n.5, p.1034-1038, 1043, Sept. – Oct. 1979.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem, nutrição e adubação. In: **Algodão: informações técnicas**. Dourados: Embrapa-CPAO; Embrapa-CNPA, 1998. 267 p. (Embrapa-CPAO. Circular Técnica, 7).

TAJRISHY, M.A.; HILLS, D.J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 120, n. 4, p. 716-731, 1994.

TELTSCH, B.; JUANICO, M.; AZOV, Y.; BEN-HARIM, I.; SHELEF, G. The clogging capacity of reclaimed wastewater: a new quality criterion for drip irrigation. **Water Science and Technology**. v.24, n.9, p.123-131, 1991.

WERNECK, J.E.F.L.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Geneva: Organização Meteorológica Mundial. 1999, 334p.

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO DO MILHO VERDE IRRIGADO COM EFLUENTE DE AQUICULTURA SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE CONTROLE DA OBSTRUÇÃO DOS EMISSORES

RESUMO

LIMA, Cybelle Barbosa e. **Produção do milho verde irrigado com efluente de aquicultura sob diferentes tratamentos de controle da obstrução dos emissores.** 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

Com objetivo de avaliar a produção do milho verde irrigado com efluente de aquicultura, sob diferentes tratamentos de desobstrução dos emissores, um experimento foi delineado em blocos casualizados completos com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1- aplicação de efluente de aquicultura; 2- aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro; 3- aplicação de efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; 4- aplicação de efluente de aquicultura com solução de cloro e ácido nítrico; 5- aplicação de água subterrânea com solução de ácido nítrico; e 6- controle, aplicação de água subterrânea. Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras, com uma área total de 20 m². A área útil desta unidade experimental foi de 9,2 m². Os tratamentos foram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o plantio, geralmente no período da tarde, nos minutos finais da irrigação. O híbrido de milho utilizado foi o AG 1051. As características avaliadas foram: teores de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, nas folhas do milho; características físicas e químicas do solo coletado nas parcelas antes e depois do cultivo; na cultura do milho foi avaliado o peso, comprimento e diâmetro das espigas empalhadas e despalhadas, o número de espigas que perfazem 1 kg, a porcentagem de espigas comercializáveis e a produtividade das espigas empalhadas e despalhadas comercializáveis. O efluente de aquicultura elevou a produtividade da cultura do milho, quando se adotou algum tratamento para desobstrução; o tratamento que proporcionou melhores condições para utilização do efluente de aquicultura foi o realizado com solução de cloro; o efluente de aquicultura, independente do tratamento adotado, forneceu maiores quantidades de nutrientes às plantas; o efluente de aquicultura, não deixou resíduos no solo.

Palavras-chave: *Zea mays*; efluente de aquicultura; irrigação localizada; desobstrução de gotejadores.

ABSTRACT

LIMA, Cybelle Barbosa e. **Corn production using aquaculture effluent as irrigation water, under different treatments to unclog the emitters.**147f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Fitotecny) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

In order to evaluate the production of corn irrigated with aquaculture effluent under different treatments to prevent the clogging of emitters, an experiment was designed in a randomized complete block design with six treatments and four replications. The treatments were: 1) Aquaculture effluent without any clearing treatment 2) Aquaculture effluent with chlorine solution; 3) Aquaculture effluent with nitric acid solution, 4) Aquaculture effluent with nitric acid and chlorine solution, 5) Groundwater with nitric acid solution, and 6) A control treatment with groundwater. Each experimental unit consisted of four rows, with a total area of 20 m². The corn hybrid AG 1051 was used as experimental plant. The following characteristics were measured: levels of nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium in the leaves of maize; physical and chemical characteristics of soil samples from the plots before and after cultivation. The characteristics evaluated in corn plants were: weight, length and diameter of ears with husk; weight, length and diameter of the husked ear; percentage of marketable ears; productivity of marketable husked ears and number of spikes that make up 1 kg.. Irrigation with aquaculture effluent increased corn productivity, when a treatment to prevent the clogging of emitters was used. Chlorine solution treatment provided better conditions for using aquaculture effluent as irrigation water. Aquaculture effluent, used with or without clearing treatment provided more nutrients for plants when compared to tube well water. Irrigation using aquaculture effluent do not left any waste in soil.

Keywords : *Zea mays*; aquaculture effluent; localized irrigation; dripper unclogging.

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro se caracteriza pela irregularidade de chuvas, e o déficit de água no solo é um dos fatores que mais limita o rendimento das culturas. Mesmo assim, o milho vem-se expandindo em área cultivada na região, chegando a atingir cerca de três milhões de hectares, porém com uma produtividade muito baixa, cerca de 610 kg ha^{-1} (CARVALHO et al., 1997).

No Rio Grande do Norte, o milho é uma das principais culturas, sendo cultivado nos 158 municípios. Essa gramínea, até a bem pouco tempo, era considerada cultura de subsistência e cultivada principalmente sob condições de sequeiro. Contudo, devido ao apoio dado à agricultura irrigada pelos governos estadual e federal, a área destinada ao cultivo de milho irrigado tem aumentado e atualmente a cultura é explorada inclusive por grandes empresas que exploram a fruticultura nessa região. O grande interesse pelo cultivo do milho irrigado, especialmente durante a entressafra do melão, resulta do fato de que, neste período, a demanda, tanto por espigas verdes como por grãos, é muito maior que a oferta, elevando os preços dos dois produtos (SILVA et al., 2004).

A exigência total de água pela cultura do milho para todo período de crescimento fica entre 500 e 800 mm (BROUWER; HEIBLOEM, 1986). O estresse hídrico tem um efeito importante no consumo de água e produtividade de milho. Uma relação linear positiva entre o uso da água e o rendimento da cultura tem sido estudada por vários pesquisadores (GENCOGLAN; YAZAR, 1999; ISTANBULLUOGLU, et al., 2002; OKTEM et al., 2003; CAKIR, 2004; DAGDELEN, et al. 2006; PAYERO, et al. 2006).

O uso eficiente da água é fator determinante para o sucesso da produção agrícola, ainda mais quando se usa efluentes na irrigação das culturas. Integrar agricultura com aquicultura é uma alternativa para utilizar a água de forma mais eficiente no semi-árido, reduzindo os conflitos do seu uso, além de trazer mais

ganhos para o produtor, já que é possível conduzir duas culturas usando a mesma água, como vem sendo demonstrado em alguns estudos (AZEVEDO, 1998; MAIA, 2002; PEREIRA et al., 2003; CASTRO, 2003; FREITAS et al., 2004; CASTRO et al., 2006; LIMA, 2007). As fazendas integradas maximizam os lucros através do uso de duas ou mais técnicas de produção (DHWAM; SEHDEV, 1994), resultando em uma maior diversidade de produtos, menos degradação ambiental e aumento da eficiência através da exploração de recursos que, de outra maneira, não seriam utilizados (KOKIL et al., 1995).

Na região de Mossoró, o potencial para produção de milho é muito alto, sobretudo pela qualidade dos solos, entretanto a água é o principal fator que limita a produção, devido a existência de déficit hídrico em grande parte do ano, exigindo a técnica da irrigação. No entanto há limitação de água, exigindo seu uso múltiplo para disponibilizar em maior quantidade esse recurso.

A alta demanda de água tanto para aquicultura como para agricultura faz com que a integração dessas duas atividades seja extremamente importante em zonas áridas (D'SILVA, 1993) o que também é verdade em zonas semi-áridas. A forma mais eficiente de integrar agricultura com aquicultura requer que a água usada para a irrigação seja previamente utilizada para a criação de peixes (OLSEN et al., 1993). Certamente, o uso de efluentes de peixes para irrigação é uma forma de economizar água em regiões áridas e semi-áridas.

Em algumas pesquisas realizadas o grande problema encontrado na utilização de efluentes da aquicultura na irrigação das culturas foi o entupimento dos emissores que ocasionou uma redução da quantidade de água aplicada, e como consequência, queda na produtividade (FREITAS et al., 2004; LIMA, 2007;). De fato, o entupimento é agravado pelo uso de águas residuárias, aumentando os custos fixos (menor vida útil), reduzindo a uniformidade de aplicação e redistribuição da água devido aos elevados teores de sólidos em suspensão e algas (CHANDRAKANTH et al., 1988; BASTOS, 1999), aumentando os custos operacionais e necessitando de checagem, troca e recuperação de emissores com mal funcionamento, que são mais freqüentes ao final da linha de irrigação (BUCKS et al., 1979).

Portanto, existe a necessidade de estudos que avaliem o uso de efluentes de aquicultura para irrigação por gotejamento, submetidos a diferentes tratamentos de desobstrução de emissores de forma a tornar mais eficiente esse sistema integrado de aquicultura com agricultura. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de efluente de aquicultura na irrigação por gotejamento, submetido ou não a tratamentos preventivos para desobstrução de emissores e seu efeito na produtividade do milho e nas características químicas, físicas e biológicas do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do ambiente

O experimento foi realizado no período de setembro de 2008 a janeiro de 2009, na horta do Departamento de Ciências Vegetais, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA, no município de Mossoró, que está situado a 5° 11' de latitude ao sul e 37° 20' de longitude a oeste de Greenwich, e altitude de 18 m.

O clima da região, segundo Thornthwaite, é semi-árido, e de acordo com a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, portanto, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que vai geralmente de junho a janeiro, e uma chuvosa, de fevereiro a maio (CARMO FILHO et al., 1991).

Tabela 1 – Médias mensais de precipitação pluvial (P), evapotranspiração potencial (EP), temperatura e umidade relativa (UR). Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Mês	P (mm)	Temperatura (°C)			EP (mm/mês)	UR (%)
		Média	Máxima	Mínima		
Setembro	0	27,8	34,7	22,3	235,2	65,9
Outubro	0	28,6	35,3	23,3	260,4	58,7
Novembro	0	28,6	34,8	24,3	234,0	56,1
Dezembro	0	28,9	34,9	24,3	217,0	65,2
Janeiro	42	27,5	33,0	23,3	155,0	68,1

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Para análise da produção o experimento foi delineado em blocos casualizados completos com seis tratamentos e quatro repetições. Para as alterações nas características do solo o experimento foi delineado em parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas foram compostas pelos seis tratamentos, e as subparcelas por duas épocas de amostragem, com quatro repetições cada.

Os tratamentos foram métodos de desobstrução do sistema de irrigação com soluções de cloro e ácido nítrico, quando da utilização com efluente de aquicultura e água subterrânea (Tabela 2). Em todos os tratamentos a água passou por filtragem através de filtros de discos instalados na entrada da água na área, sendo um filtro para cada tratamento.

Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Fonte de água	Tratamento	Notação dos tratamento
Água subterrânea	sem tratamento preventivo	AS
Água subterrânea	ácido nítrico	AS+A
Efluente de aquicultura	sem tratamento preventivo	EA
Efluente de aquicultura	ácido nítrico	EA+A
Efluente de aquicultura	cloro	EA+C
Efluente de aquicultura	ácido nítrico e cloro	EA+C+A

A área total do experimento foi de 480 m². Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras, com uma área total de 20 m². A área útil desta unidade experimental foi de 9,2 m², constituída das duas fileiras centrais, se desprezando 0,2 m da cabeceira de cada fileira (Figuras 1 e 2).

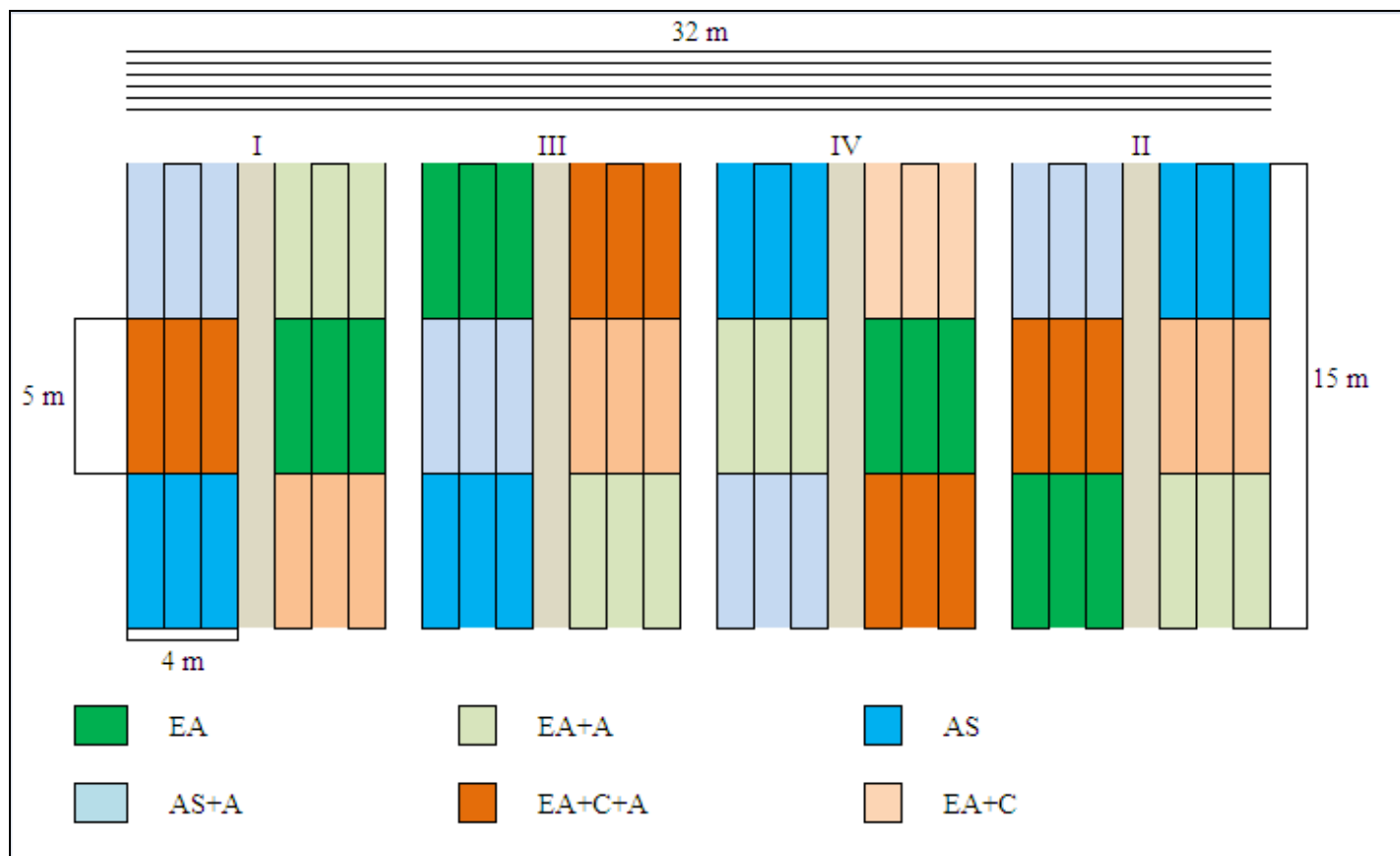


Figura 1 – Croqui da área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

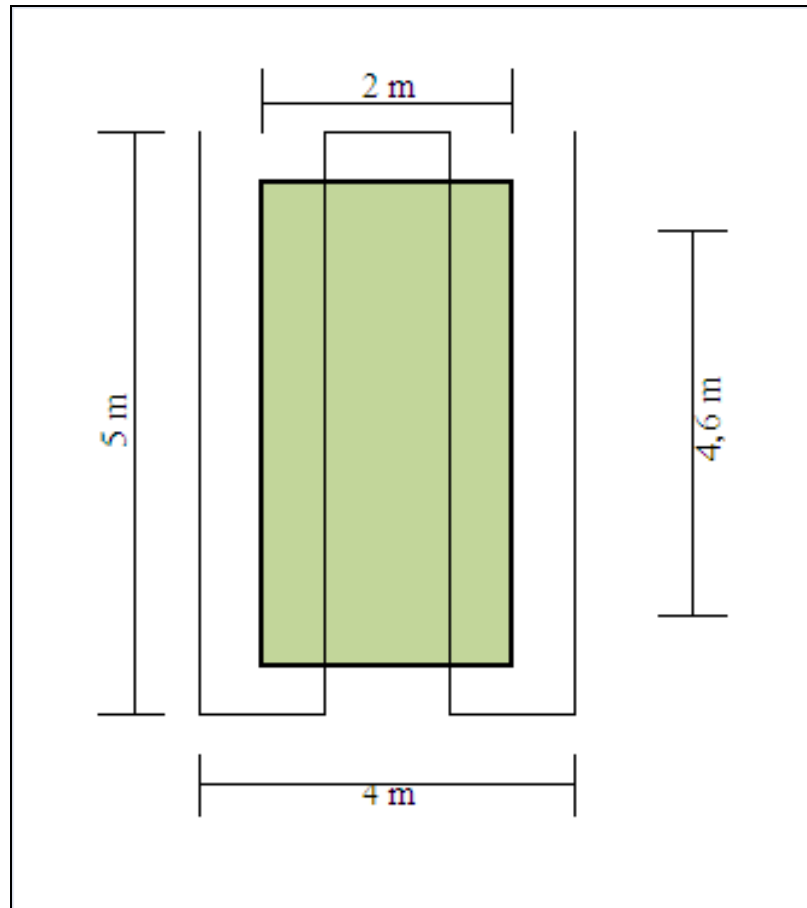


Figura 2 – Detalhe da parcela experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

2.3 Tratamentos de prevenção ao entupimento

2.3.1 Sistema de irrigação e tipos de água

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado por gotejamento com emissores, de vazão de 1,6 L, espaçados a 0,30 m. O sistema de filtragem era composto por seis filtros plásticos de disco de 120 mesh, um para cada tratamento. A pressão de entrada da água na área irrigada era controlada por seis manômetros

glicerinados de 0 a 4 kgf·cm⁻² e 6 registros de gaveta, sendo a pressão de 0,7 kgf·cm⁻² mantida durante todo o tempo da irrigação (Figura 3).



Figura 3 – Cabeçal de controle de entrada da água na área experimental. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Foram utilizadas duas fontes de água para irrigação: efluente de aquicultura e água subterrânea. O efluente utilizado na irrigação foi proveniente de um tanque de concreto, com capacidade para 312,5 m³ (25x12,5x1 m), onde eram cultivadas tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estocadas a uma densidade de 2 peixes·m⁻² e camarão (*Litopenaeus vannamei*) a uma densidade de 2,56 camarões·m⁻¹. Os peixes eram alimentados duas vezes ao dia, com uma ração balanceada com 28% de proteína bruta. Não foi fornecida nenhuma ração específica para o camarão. Junto à captação de água no tanque de aquicultura, o pé de válvula, localizado a 50 cm da superfície da água, foi coberto com uma tela tipo sombrite de malha 1 mm, para evitar a entrada de detritos. Este efluente era bombeado a uma distância de 250 m do local do experimento (Figura 4).

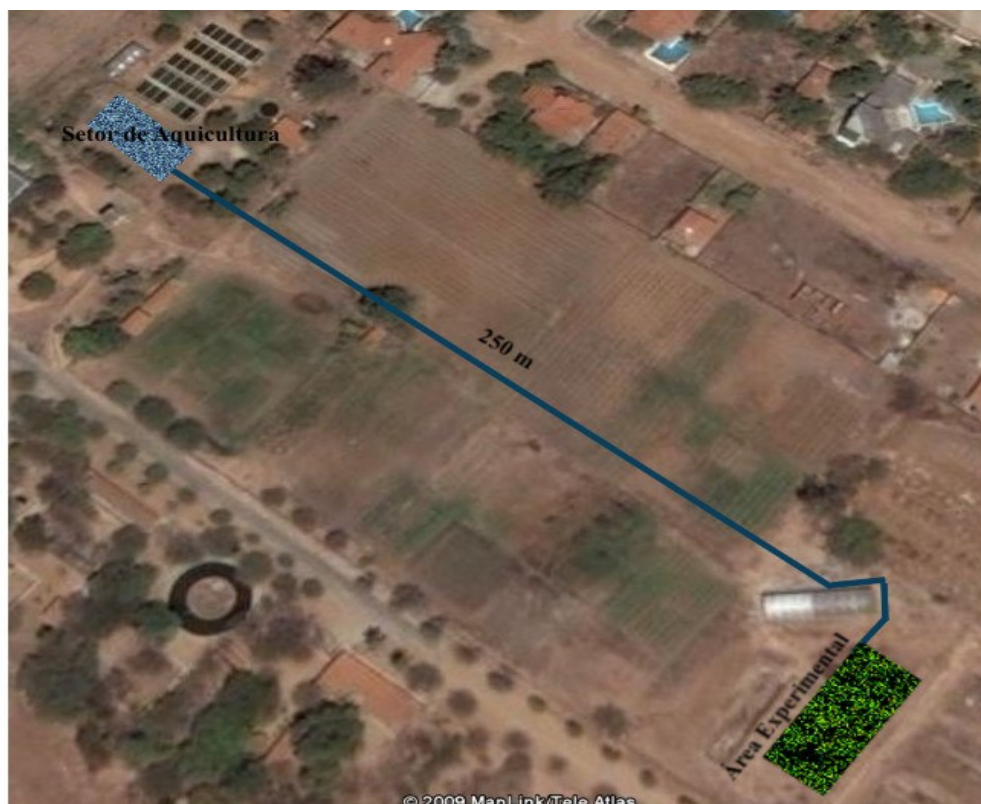


Figura 4 – Localização do experimento. Mossoró-RN, Ufersa, 2009.

2.3.2 Tratamentos utilizados

Para aplicação dos tratamentos foi disposto no cabeçal de controle, cinco tanques de derivação, sendo um para cada um dos tipos de prevenção AS+A, EA+C e EA+A (Tabela 2), onde foi aplicado apenas o tratamento químico cloro ou ácido nítrico, e dois tanques de derivação para o tratamento EA+C+A, onde o cloro e o ácido nítrico eram aplicados simultaneamente. Para os tratamentos AS e EA não foi instalado o tanque de derivação, pois não havia necessidade de injeção de produtos.

Para determinar a quantidade de produto químico a ser aplicado no sistema, sem provocar danos às plantas, foi calculada a quantidade de água necessária para

preencher a tubulação durante o tempo de aplicação dos tratamentos, considerando o diâmetro e comprimento da tubulação.

Nos tratamentos AS+A, EA+A e EA+C+A ocorreu a aplicação de ácido nítrico (HNO_3) na concentração 1 N em dose suficiente para baixar o pH da água para 5,0. Para determinar a quantidade necessária para baixar o pH das águas para 5,0 foi realizada uma curva de titulação com o ácido nítrico. Os valores obtidos na curva titulação foram: 1,71 L de HNO_3 a 1N para 1.000 L de efluente de aquicultura; para 1.000 L de água subterrânea foi necessário 1,56 L de HNO_3 a 1N.

Nos tratamentos EA+C e EA+C+A ocorreu a aplicação de solução clorada na dosagem de $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A concentração atingida na saída dos emissores ao final da tubulação gotejadora foi de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro residual livre. Esta concentração foi baseada no princípio de que todo cloro reage com compostos presentes na água, incluindo a ação sobre bactérias formadoras de biofilme. A pequena concentração restante ($0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), representa apenas uma margem de segurança residual das reações. Outros motivos da escolha dessa concentração foram a baixa possibilidade de ocorrência de fitotoxidez e o menor custo em aquisição do produto clorado. A concentração utilizada também foi baseada nas referências de Keller; Bliesner (1990); Tajrishy et al., (1994), os quais também sugerem concentrações relativamente baixas, como $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ intermitentemente e $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ou $0,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ continuamente. As quantidades aplicadas de ácido nítrico e hipoclorito de sódio estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade de hipoclorito de sódio e ácido nítrico 1N aplicados no controle da obstrução. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos	Hipoclorito de sódio 10%	Ácido nítrico 1 N
AS	-	-
AS+A	-	300 mL
EA+A	-	250 mL
EA+C	40 mL	-
EA+A+C	40 mL	250 mL

Utilizou-se o tempo de 20 minutos para a aplicação dos produtos químicos, pois correspondia ao tempo de deslocamento do mesmo até o final das linhas de irrigação. Este tempo foi calculado com base na curva da condutividade elétrica da água coletada durante a aplicação dos tratamentos. Nesse tempo, permitia-se que as reações com a amônia e com os compostos orgânicos, de ferro e de enxofre ocorressem.

Os tratamentos foram aplicados duas vezes por semana, a partir dos 20 dias após o início da irrigação, geralmente na irrigação do período da tarde, nos minutos finais da irrigação, para que as soluções cloradas e/ou acidificadas permanecessem em contato com a tubulação por no mínimo 12 horas. Acredita-se que esse tempo foi suficiente para a ocorrência destas reações, pois para Lopez et al., (1997) a maior parte dos vírus e bactérias são inativados de 10 a 30 minutos de contato. Além disso, a presença de acessórios na tubulação tais como curvas, tês, registros e reduções, e o regime turbulento auxiliam na mistura do hipoclorito de sódio à água e conseqüentemente auxiliaram nas reações com as substâncias presentes na água, permanecendo ao final o cloro residual livre na forma de OCl^- e/ou $HOCl$, de acordo com o pH. E uma vez por semana era aplicada ao sistema, água na pressão mais elevada possível e os finais das linhas eram abertos para lavagem e a expulsão dos sólidos presentes na tubulação.

Quando indicado o momento de irrigar, efetuava-se seqüencialmente: a retirada da água do tanque de derivação, a lavagem manual dos filtros de discos, a pressurização do sistema, o enchimento do tanque com solução de cloro e/ou ácido nítrico, iniciava a irrigação e, restando 20 minutos para o final da irrigação, ocorria a injeção das soluções. Para a lavagem do filtro de disco foi utilizada o próprio efluente de aquicultura ou água subterrânea, dependendo da fonte de água.

2.3.4 Irrigação

A lâmina de água necessária foi estimada a partir da evapotranspiração de referência obtida com dados da Estação Meteorológica da UFERSA (Tabela 1), localizada a aproximadamente 700 m do local do experimento, e do coeficiente de cultura (K_c) recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1996). Durante a condução do experimento foi fornecido, em todos os tratamentos, o mesmo tempo de irrigação.

O volume total de água aplicado por tratamento foi calculado através da vazão média dos gotejadores em cada um dos tratamentos, obtidos de acordo com as avaliações da vazão realizadas. Este valor foi transformado em lâmina (mm) de acordo com a área coberta por cada gotejador.

2.3.5 Qualidade da água

Foram realizadas análises do efluente de aquicultura e da água subterrânea quinzenalmente. As amostras foram coletadas no final da tarde direto do tanque/viveiro, no caso do efluente, ou direto no tanque que armazenava a água subterrânea, e levadas ao laboratório para determinação das características físico-químicas. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Água da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da UFERSA (Tabela 4).

Tabela 4 – Média e desvio padrão das análises físico-químicas dos dois tipos de água utilizados na irrigação do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Características	Efluente de aquicultura	Água subterrânea
pH	9,22 (±0,12)	8,6 (±0,23)
CE (dS·cm ⁻¹)	0,57 (±0,09)	0,53 (±0,03)
Ca ²⁺ (mg·L ⁻¹)	115,00 (±1,87)	102,00 (±1,34)
Mg ²⁺ (mg·L ⁻¹)	3,30 (±1,23)	1,00 (±0,78)
Na ⁺ (mg·L ⁻¹)	24,82 (±1,75)	23,31(±1,89)
K ⁺ (mg·L ⁻¹)	12,90 (±0,69)	12,83 (±0,56)
Cl ⁻ (cmol _c ·L ⁻¹)	3,33 (±0,78)	3,10 (±0,67)
CO ₃ ⁻ (cmol _c ·L ⁻¹)	0,60 (±0,06)	0,70 (±0,05)
HCO ₃ ⁻ (cmol _c ·L ⁻¹)	3,00 (±0,34)	2,80 (±0,68)
N – NH ₃ (mg·L ⁻¹)	1,02 (±0,12)	nd
N – NO ₂ ⁻ (mg·L ⁻¹)	0,73 (±0,11)	0,03 (±0,01)
N – NO ₃ ⁻ (mg·L ⁻¹)	7,85 (±2,01)	0,87 (±0,23)
PO ₄ ⁻ (mg·L ⁻¹)	1,62 (±0,34)	0,28 (±0,08)

2.3.6 Preparo e análise do solo

O local utilizado para o experimento foi uma área que estava em pousio desde 2006, de topografia plana e com solo classificado com Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (PVEa). O preparo da área foi realizado um mês antes do início do experimento. Inicialmente passou-se a roçadeira para diminuição do mato, e depois a grade aradora a uma profundidade de 30 cm.

Para caracterização do solo foram retiradas amostras do solo na camada de 0 a 20 cm, sendo realizadas as análises físicas e de fertilidade do solo antes do início do experimento. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da UFERSA (Quadros 4 e 5).

Tabela 5 – Resultados das análises químicas das amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) antes do cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Amostra	pH	Ca	Mg	Al	Na	K	MOS	P
		(cmol _c ·dm ⁻³)			mg kg ⁻¹		%	(mg·dm ⁻³)
Solo	7,2	4,47	1,77	0,00	23,6	356,6	1,82	132,5

Tabela 6 – Caracterização mineralógica e física do solo antes do cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Amostra	Areia	Silte	Argila	Umidade (kg/kg)		Densidade aparente kg·dm ⁻³	Água disponível	
				0,01 Mpa	1,5 Mpa		mm	mm/m
Solo	0,84	0,11	0,05	0,11	0,04	1,20	16,99	84,94

2.4 Produção de milho verde no sistema de integração

O híbrido AG 1051 foi utilizado para produção de milho verde. Após prévia irrigação da área, foi feita a semeadura, no dia 20 de outubro de 2008, com 3 sementes por cova. O espaçamento utilizado foi 1 x 0,2 m, totalizando uma população de 50.000 plantas·ha⁻¹. A emergência das plântulas ocorreu 5 dias após a semeadura (DAS). Foi realizado um desbaste para deixar uma planta por cova, 15 dias após a emergência.

Foram realizadas três capinas, aos 15, 30 e 50 DAS, deixando a cultura livre das plantas daninha nos 45 dias, caracterizado pelo período crítico de convivência. Foi realizada a adubação nitrogenada na dose de 170 kg·ha⁻¹ de N, que foi parcelado em duas aplicações realizadas, em cobertura, aos 30 e 60 DAS. A uréia foi a fonte utilizada. Não foi necessário realizar nenhum controle de pragas ou doenças.

Aos 45 DAS foram retiradas amostras das folhas de quatro plantas na área útil de cada parcela. A amostragem foi realizada de acordo com Fontes (2001), retirando a folha oposta e abaixo à espiga, na ocasião do embonecamento. As amostras foram encaminhadas ao laboratório, lavadas com água destilada, secas com papel toalha e colocadas para secar em estufa à 65 °C até obter peso constante. Após a secagem foi realizado processo de digestão determinado por Tedesco et al (1997), onde se determinou os teores de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio.

A colheita do milho verde foi realizada aos 68 e 78 DAS. Foram colhidas 20 plantas de cada parcela nas avaliações de milho verde.

2.5 Características avaliadas

2.5.1 Produção de milho verde

As características número de espigas por planta e altura de inserção da primeira espiga foram avaliadas 15 dias após o início da polinização quando se iniciou o acúmulo de amido no endosperma do grão. Foram tomadas aleatoriamente 20 plantas de cada parcela e a medida foi realizada com o auxílio de uma trena para determinação da altura de inserção da primeira espiga. Para as características de produção de milho verde, foram colhidas 20 plantas por parcela.

a) Peso, comprimento e diâmetro das espigas empalhadas

Após a colheita, as espigas foram levadas ao laboratório pesadas com auxílio de uma balança digital, e medidas no comprimento e diâmetro com o auxílio de um paquímetro.

b) Peso, comprimento e diâmetro das espigas despalhadas

Após a pesagem das espigas empalhadas, as mesmas foram despalhadas com o auxílio de uma faca, pesadas numa balança digital, e medidas no comprimento e diâmetro com o auxílio de um paquímetro.

c) Outras características de produção

De posse dos dados do peso, comprimento e diâmetro das espigas empalhadas foi obtida a produtividade total das espigas despalhadas. Após a retirada das palhas, as espigas foram classificadas de acordo com o tamanho (comprimento e diâmetro). As espigas com mais de 15 cm de comprimento e diâmetro superior a 3 cm foram classificadas como comercializáveis

(EMBRAPA, 2003). A partir dessa classificação foi obtida a porcentagem de espigas comercializáveis e a produtividade das espigas despalhadas comercializáveis.

O número de espigas que perfazem 1 kg foi obtido a partir do peso médio de uma espiga despalhada comercializável por tratamento.

2.5.2 Alterações nas características do solo

Na ocasião da montagem do sistema de irrigação, quando os tratamentos foram designados, aleatoriamente na área útil das parcelas, foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, antes da primeira irrigação da área. Após a suspensão da irrigação, foram coletadas amostras de solo na mesma profundidade, para caracterização do solo depois do experimento. Após as coletas, as amostras foram levadas ao laboratório, transformadas em terra fina seca ao ar (TFSA), e encaminhadas para realização as análises físicas, biológicas e de fertilidade.

a) Características físicas do solo

Foram determinados os teores de areia, silte e argila, densidade global e de partículas, capacidade de retenção de água no solo, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

b) Características de fertilidade do solo

Foram determinados o pH (em água 1:2,5), cálcio, magnésio, sódio e potássio trocáveis, fósforo disponível, nitrogênio total e matéria orgânica do solo, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1999).

2.5.3 Nutrientes aplicados ao solo via água de irrigação

Com os resultados obtidos nas análises das águas (Tabela 4), foram calculadas as quantidades de nutrientes fornecidos através da irrigação de acordo com a lâmina aplicada em cada tratamento.

2.6 Análise estatística

Análises de variância foram realizadas nas características avaliadas na produção de milho verde e no solo. Para avaliar as características de produção de milho verde e na avaliação do estado nutricional das plantas, o teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade foi aplicado para comparar os tratamentos com a testemunha. O tratamento onde foi aplicada a água subterrânea sem tratamento de desobstrução foi estabelecido com sendo o padrão.

Também para a produção de milho verde foram estabelecidos contrastes entre os tratamentos (Tabela 7) o teste de Scheffé foi aplicado para comparar as médias. Para as características do solo quando constatada diferença entre os tratamentos, foi realizada o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. O programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2003) foi utilizado na realização dessas análises.

Tabela 7 – Contrastes estabelecidos entre as médias. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Contrastes ¹
$\hat{y} = AS \text{ vs. } AS+A$
$\hat{y} = AS \text{ vs. } EA$
$\hat{y} = EA+A \text{ vs. } AS+A$
$\hat{y} = EA \text{ vs. } EA+A$
$\hat{y} = EA \text{ vs. } EA+C$
$\hat{y} = EA \text{ vs. } EA+C+A$
$\hat{y} = EA+C \text{ vs. } EA+A$
$\hat{y} = EA+A \text{ vs. } EA+C+A$
$\hat{y} = EA+C \text{ vs. } EA+C+A$

¹Legenda: AS – água subterrânea sem manejo preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem manejo preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação do estado nutricional das plantas de milho

Não houve efeito significativo entre os tratamentos avaliados. Os teores dos nutrientes nos tratamentos avaliados foram estatisticamente semelhantes à testemunha (Tabela 8).

Tabela 8 – Teores de macronutrientes no tecido vegetal do milho cultivado com tratamentos de controle da obstrução dos emissores. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	N	P	K	Ca	Mg
	g·kg ⁻¹				
AS	20,71	1,70	17,39	2,45	1,56
AS+A	19,25 ^{n.s.}	2,31 ^{n.s.}	17,85 ^{n.s.}	2,30 ^{n.s.}	1,48 ^{n.s.}
EA	21,66 ^{n.s.}	2,26 ^{n.s.}	19,14 ^{n.s.}	1,95 ^{n.s.}	1,71 ^{n.s.}
EA+A	19,14 ^{n.s.}	1,99 ^{n.s.}	16,56 ^{n.s.}	2,56 ^{n.s.}	1,78 ^{n.s.}
EA+C	18,38 ^{n.s.}	1,64 ^{n.s.}	20,25 ^{n.s.}	1,98 ^{n.s.}	1,70 ^{n.s.}
EA+C+A	23,63 ^{n.s.}	2,15 ^{n.s.}	17,21 ^{n.s.}	2,03 ^{n.s.}	1,58 ^{n.s.}
DMS	3,79	0,59	3,88	1,32	0,66
CV(%)	9,20	14,65	10,17	29,85	19,98

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Avaliando os contrastes, houve efeito significativo entre os tratamentos apenas para os teores de nitrogênio no tecido vegetal. Nos contrastes avaliados os

valores de nitrogênio (Tabela 8) foram significativos apenas para o contraste AE+C vs. AE+C+A, sendo que os teores de N foram mais elevados nas plantas irrigadas com efluente com adição de cloro + ácido, do que nas plantas em que foi adicionado apenas o cloro no efluente (Tabela 8). Para os demais elementos não foi observado contraste significativo.

Tabela 9 – Valores de F para os contrastes entre as medias dos teores nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas plantas de milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Contraste ¹	N	P	K	Ca	Mg
$\hat{y} = AS$ vs. $AS+A$	1,18 ^{n.s.}	8,26 ^{n.s.}	0,13 ^{n.s.}	0,09 ^{n.s.}	0,70 ^{n.s.}
$\hat{y} = AS$ vs. EA	0,50 ^{n.s.}	6,97 ^{n.s.}	1,82 ^{n.s.}	1,10 ^{n.s.}	0,44 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA+A$ vs. $AS+A$	0,007 ^{n.s.}	2,30 ^{n.s.}	0,99 ^{n.s.}	0,31 ^{n.s.}	1,86 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA$ vs. $EA+A$	3,50 ^{n.s.}	1,65 ^{n.s.}	3,95 ^{n.s.}	1,68 ^{n.s.}	0,10 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA$ vs. $EA+C$	5,95 ^{n.s.}	8,84 ^{n.s.}	0,73 ^{n.s.}	0,003 ^{n.s.}	0,002 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA$ vs. $EA+C+A$	2,14 ^{n.s.}	0,26 ^{n.s.}	2,22 ^{n.s.}	0,023 ^{n.s.}	0,30 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA+C$ vs. $EA+A$	0,32 ^{n.s.}	2,86 ^{n.s.}	8,10 ^{n.s.}	1,54 ^{n.s.}	0,13 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA+A$ vs. $EA+C+A$	11,10 ^{n.s.}	0,60 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}	1,31 ^{n.s.}	0,74 ^{n.s.}
$\hat{y} = EA+C$ vs. $EA+C+A$	15,22**	6,09 ^{n.s.}	5,48 ^{n.s.}	0,009 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}

** significância a 5% através do teste de Scheffé; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

3.2 Avaliação da produção de milho verde

Foi observado efeito significativo para todos os tratamentos com relação a testemunha. Os valores médios do peso da espiga com palha foram semelhantes estatisticamente quando se utilizou água subterrânea e efluente de aquicultura sem tratamento de desobstrução. Os demais tratamentos avaliados diferiram da

testemunha. Para o comprimento e o diâmetro da espiga com palha, os valores médios dos tratamentos não diferiram estatisticamente da aplicação de água subterrânea sem adoção de tratamento de desobstrução (Tabela 10).

Tabela 10 – Médias de peso da espiga com palha (PECP), comprimento da espiga sem palha (CECP) e diâmetro da espiga com palha (DECP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	PECP (g)	CECP (cm)	DECP (cm)
AS	166,87	25,90	4,53
AS+A	253,79**	25,81 ^{n.s.}	4,15 ^{n.s.}
EA	196,71 ^{n.s.}	26,38 ^{n.s.}	4,23 ^{n.s.}
EA+A	292,01**	24,65 ^{n.s.}	4,69 ^{n.s.}
EA+C	261,50**	25,85 ^{n.s.}	4,79 ^{n.s.}
EA+C+A	298,68**	24,66 ^{n.s.}	4,54 ^{n.s.}
DMS	38,12	4,76	0,23
CV(%)	7,80	9,36	7,81

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C – Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Para os valores médios de peso, comprimento e diâmetro da espiga sem palha, todos os tratamentos aplicados diferiram estatisticamente da testemunha (Tabela 11).

Tabela 11 – Médias de peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	PESC	CESP	DESP
AS	112,15	15,10	3,02
AS+A	166,36**	16,75**	3,60**
EA	172,10**	17,46**	3,70**
EA+A	168,13**	18,04**	3,77**
EA+C	183,76**	18,02**	3,88**
EA+C+A	205,84**	18,60**	4,15**
DMS	35,48	1,34	0,45
CV(%)	10,59	3,86	5,86

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

Para os contrastes, houve efeito significativo entre os tratamentos para todas as características de produção de milho verde avaliadas, com exceção do diâmetro e comprimento da espiga com palha (Tabela 12).

Para o peso da espiga com palha os contrastes entre AS vs. AS+A, EA+A vs. EA, EA+C vs. EA e EA+C+A vs. EA foram significativos (Tabela 11). O efluente de aquicultura combinado com os tratamentos de irrigação para controle de obstrução de gotejadores apresentou valores médios mais elevados para o peso de espiga com palha (Tabela 10).

Tabela 12 – Valores de F para os contrastes entre as médias de peso da espiga com palha (PECP), diâmetro da espiga com palha (DECP), peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) dos tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Contraste ¹	PECP	DECP	PESP	CESP	DESP
\hat{y} = AS vs. AS+A	41,36**	6,78 ^{n.s.}	18,56**	12,26**	14,59**
\hat{y} = AS vs. EA	4,87 ^{n.s.}	4,87 ^{n.s.}	22,70**	24,85**	19,54**
\hat{y} = EA+A vs. AS+A	8,00 ^{n.s.}	8,00 ^{n.s.}	0,02 ^{n.s.}	7,34 ^{n.s.}	1,08 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+A	49,71**	49,71 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}	1,50 ^{n.s.}	0,19 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C	22,98**	22,98 ^{n.s.}	0,86 ^{n.s.}	1,44 ^{n.s.}	1,40 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C+A	56,91**	56,91 ^{n.s.}	7,19 ^{n.s.}	5,87 ^{n.s.}	9,01**
\hat{y} = EA+C vs. EA+A	5,10 ^{n.s.}	5,10 ^{n.s.}	1,54 ^{n.s.}	0,001 ^{n.s.}	0,55 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+A vs. EA+C+A	0,24 ^{n.s.}	0,24 ^{n.s.}	8,98 ^{n.s.}	1,43 ^{n.s.}	6,56**
\hat{y} = EA+C vs. EA+C+A	7,57 ^{n.s.}	7,57 ^{n.s.}	3,08 ^{n.s.}	1,49 ^{n.s.}	3,31 ^{n.s.}

* e ** significância a 1% a 5%, respectivamente, através do teste de Scheffé; ^{n.s.} não significativo.

Para o peso e comprimento das espigas sem palha os contrastes significativos foram AS vs. AS+A e AS vs. EA. As espigas despalhadas das plantas irrigadas com água subterrânea + ácido nítrico tiveram peso e comprimento médio maior do que as irrigadas apenas com água subterrânea. Já as espigas despalhadas das plantas irrigadas com efluente de aquicultura foram maiores do que as plantas irrigadas com água subterrânea (Tabela 11).

Já para o diâmetro das espigas sem palha os contrastes significativos foram AS vs. AS+A, AS vs. EA, EA vs. EA+C e EA+A vs. EA+C+A. Os diâmetros das espigas despalhadas das plantas irrigadas com + ácido nítrico foram maiores do que as irrigadas apenas com . Já o diâmetro das espigas despalhadas colhidas das plantas irrigadas com efluente de aquicultura foram maiores do que as plantas irrigadas com água subterrânea. Os valores médios obtidos para essa característica para as plantas irrigadas com efluente + cloro e ácido nítrico foram maiores do que as plantas irrigadas com efluente de aquicultura assim como para as plantas irrigadas com efluente +ácido nítrico (Tabela 11).

Quando foi aplicado o efluente de aquicultura com ou sem tratamento para desobstrução dos emissores os valores médios da altura da primeira espiga foram estatisticamente semelhantes aos valores obtidos pela testemunha (Tabela 13).

Nos contrastes estabelecidos para a altura da primeira espiga foram significativos AS vs. AS+A e EA+A vs. AS+A, em que as plantas irrigadas com poço + ácido nítrico apresentaram valores médios maiores do que as plantas irrigadas apenas com poço assim como as plantas irrigadas com efluente de aquicultura+ácido nítrico (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Médias de altura da 1ª espiga (AES); Nº de espigas por planta (NEPP); Nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg; (NEP) de % de espigas comercializáveis (PEC); Produtividade espigas empalhadas (PEE); Produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFRSA, 2009.

Tratamentos ¹	Características avaliadas ¹					
	AES	NEPP	PEE	PEC	NEP	PEDC
AS	52,8	1,4	11.915,10	67,8	6,3	5.461,13
AS+A	78,7**	1,2 ^{n.s.}	14.711,23 ^{n.s.}	90,0**	5,2 ^{n.s.}	8.717,44**
EA	63,8 ^{n.s.}	1,5 ^{n.s.}	14.795,68 ^{n.s.}	68,8 ^{n.s.}	3,9**	8.891,00**
EA+A	51,8 ^{n.s.}	1,3 ^{n.s.}	18.757,78**	84,4**	4,7**	9.097,86**
EA+C	61,7 ^{n.s.}	1,3 ^{n.s.}	16.706,97**	88,9**	4,4**	10.411,68**
EA+C+A	54,1 ^{n.s.}	1,5 ^{n.s.}	22.234,71**	65,2 ^{n.s.}	3,3**	9.886,04**
DMS	13,56	0,28	4.678,92	10,12	1,47	2.870,96
CV(%)	11,25	10,87	14,20	6,55	15,77	16,47

** significância a 5% através do Teste de Dunnett; ^{n.s.} não significativo.

O número de espigas produzidas por planta nos tratamentos foi semelhante estatisticamente à testemunha (Tabela 13). Os contrastes estabelecidos não foram significativos (Tabela 14).

Para a característica número de espigas que perfazem 1 kg, o efluente de aquicultura com ou sem aplicação de tratamento para desobstrução apresentou efeito significativo com relação à testemunha, sendo necessário um número menor de espigas para compor a porção quando se irrigou com o efluente. Analisando os contrastes, apenas AS vs. EA, foi significativo, onde no efluente de aquicultura o número de espigas necessárias foi menor que na (Tabela 13 e 14).

A porcentagem de espigas comercializáveis para os tratamentos onde se aplicou efluente de aquicultura sem tratamento para desobstrução ou efluente de aquicultura combinado com cloro e ácido nítrico foi semelhante estatisticamente a testemunha, tendo os tratamentos para desobstrução com cloro ou ácido nítrico favorecido e elevado essa porcentagem (Tabela 13). Foram significativos os contrastes, AS vs. AS+A, onde as plantas irrigadas com ácido nítrico apresentaram maiores valores médios; EA vs. EA+A e EA vs. EA+C, onde as plantas irrigadas com efluente+ácido nítrico e o efluente+cloro apresentaram maiores valores médios do que o efluente sem tratamento; e os contrastes EA+A vs. EA+C+A, e EA+C vs. EA+C+A, onde o milho irrigado com efluente+cloro e ácido foi observada uma menor porcentagem de espigas comercializáveis do que quando irrigado com efluente + cloro ou ácido nítrico (Tabelas 13 e 15).

A produtividade das espigas empalhadas foi favorecida quando se aplicou efluente de aquicultura com os tratamentos de desobstrução, obtendo valores superiores à testemunha (Tabela 13). O contraste EA v.s EA+C foi significativo, tendo as plantas irrigadas com efluente+cloro apresentado maior produtividade de espigas empalhadas, o contraste EA+C vs. EA+C+A também foi significativo, onde as plantas irrigadas com efluente+cloro+ácido nítrico apresentado maior produtividade (Tabelas 13 e 15).

Para a produtividade das espigas despalhadas comercializáveis todos os tratamentos deferiram da testemunha (Tabela 13). Para os contrastes apenas AS vs. EA foi significativo. (Tabela 15).

Tabela 14 – Valores de F para os contrastes entre as médias de altura da 1ª espiga (AES); Nº de espigas por planta (NEPP); Nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg; (NEP) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Contraste ¹	AES ¹	NEP	NEPP
\hat{y} = AS vs. AS+A	29,33**	4,68 ^{n.s.}	6,53 ^{n.s.}
\hat{y} = AS vs. EA	5,36 ^{n.s.}	21,09**	0,52 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+A vs. AS+A	31,20**	1,07 ^{n.s.}	1,30 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+A	6,18 ^{n.s.}	1,95 ^{n.s.}	4,56 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C	0,19 ^{n.s.}	0,83 ^{n.s.}	5,05 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C+A	4,04 ^{n.s.}	1,43 ^{n.s.}	0,02 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+C vs. EA+A	4,18 ^{n.s.}	0,24 ^{n.s.}	0,01 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+A vs. EA+C+A	0,22 ^{n.s.}	6,72 ^{n.s.}	3,97 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+C vs. EA+C+A	2,47 ^{n.s.}	4,44 ^{n.s.}	4,43 ^{n.s.}

* e ** significância a 1% a 5%, respectivamente, através do teste de Scheffé; ^{n.s.} não significativo.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 15 – Valores de F para os contrastes entre as médias de % de espigas comercializáveis (PEC); Produtividade espigas empalhadas (PEE); Produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC) para os tratamentos de desobstrução do sistema de irrigação. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Contraste ¹	PEC	PEE	PEDC
\hat{y} = AS vs. AS+A	38,28**	2,84 ^{n.s.}	10,23 ^{n.s.}
\hat{y} = AS vs. EA	0,07 ^{n.s.}	3,01 ^{n.s.}	11,35*
\hat{y} = EA+A vs. AS+A	2,45 ^{n.s.}	5,95 ^{n.s.}	0,14 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+A	18,91**	5,70 ^{n.s.}	0,04 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C	31,36**	20,10**	2,23 ^{n.s.}
\hat{y} = EA vs. EA+C+A	0,97 ^{n.s.}	4,32 ^{n.s.}	0,96 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+C vs. EA+A	1,57 ^{n.s.}	1,53 ^{n.s.}	1,67 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+A vs. EA+C+A	28,46**	4,39 ^{n.s.}	0,60 ^{n.s.}
\hat{y} = EA+C vs. EA+C+A	43,73**	11,10 *	0,27 ^{n.s.}

* e ** significância a 1% a 5%, respectivamente, através do teste de Scheffé; ^{n.s.} não significativo.

3.2 Avaliação teores de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação

O efluente de aquicultura apresentou teores de nutrientes mais elevados do que a água subterrânea (Tabela 4). O tempo de irrigação foi o mesmo para todos os tratamentos, mas as lâminas de irrigação aplicadas variaram devido à obstrução observada em alguns tratamentos (Tabela 15 e 16), a quantidade de nutrientes fornecidos às plantas através da água de irrigação também variou em função do tipo de água e do tratamento de desobstrução adotado.

Os níveis de nitrogênio inorgânico (amônia+nitrato+nitrato) fornecido através do efluente de aquicultura ficaram entre 700 e 1000% maiores do que os fornecidos através da água subterrânea, independente do tipo de tratamento adotado. A aplicação do efluente de aquicultura combinado com cloro foi capaz de fornecer $47,20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, enquanto que a água subterrânea forneceu no máximo $4,13 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N.

O efluente de aquicultura foi capaz de fornecer níveis de fósforo total entre 400 e 580% superiores ao fornecido pela água subterrânea. A irrigação com efluente de aquicultura combinado com cloro forneceu $6,80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P, enquanto que a água subterrânea forneceu apenas $1,56 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P.

Tabela 15 – Quantidade de água e de nutrientes fornecidos através da irrigação com água subterrânea e efluente de aquicultura durante o ciclo da cultura do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Nutrientes	Tratamentos								
	Água subterrânea			Água subterrânea+ácido nítrico			Efluente de aquicultura		
	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)
P-Fosfato	546,08	30,60	1,53	557,31	31,20	1,56	392,88	97,40	4,87
Total P			1,53			1,56			4,87
N-amônia	546,08	0	0	557,31	0	0	392,88	73,80	3,69
N-nitrito	546,08	1,10	0,055	557,31	1,20	0,06	392,88	66,80	3,34
N-nitrato	546,08	79,80	3,99	557,31	81,40	4,07	392,88	539,00	26,95
N inorgânico			4,045			4,13			33,98
Nutrientes	Tratamentos								
	Efluente de aquicultura+ácido nítrico			Efluente de aquicultura+cloro			Efluente de aquicultura+cloro+ácido nítrico		
	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)
P-Fosfato	483,37	119,80	5,99	548,01	136,00	6,80	501,55	124,40	6,22
Total P			5,99			6,80			6,22
N-amônia	483,37	90,80	4,54	548,01	103,00	5,15	501,55	94,20	4,71
N-nitrito	483,37	82,00	4,11	548,01	92,00	4,66	501,55	85,20	4,26
N-nitrato	483,37	663,20	33,16	548,01	748,80	37,39	501,55	688,20	34,41
N inorgânico			41,81			47,20			43,38

Tabela 16 – Quantidade de água e de nutrientes fornecidos através da irrigação com água subterrânea e efluente de aquicultura durante o ciclo da cultura do milho. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Nutrientes	Tratamentos								
	Água subterrânea			Água subterrânea+ácido nítrico			Efluente de aquicultura		
	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)
Cálcio	546,08	11.139,42	556,97	557,31	11.362,90	568,40	392,88	8.967,70	448,39
Magnésio	546,08	109,21	5,46	557,31	111,45	5,57	392,88	257,33	12,87
Sódio	546,08	2.545,69	127,28	557,31	2.597,90	129,90	392,88	1.935,47	96,47
Potássio	546,08	1.401,16	70,06	557,31	1.429,90	71,50	392,88	1.000,94	50,30

Nutrientes	Tratamentos								
	Efluente de aquicultura+ácido nítrico			Efluente de aquicultura+ácido nítrico			Efluente de aquicultura+ácido nítrico		
	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)	Lâmina (mm)	Nutriente por planta (mg)	Nutriente por ha (kg)
Cálcio	483,37	11.118,20	555,91	548,01	12.606,30	630,32	501,55	11.535,62	576,78
Magnésio	483,37	319,04	15,95	548,01	361,75	18,09	501,55	331,02	16,55
Sódio	483,37	2.399,60	119,98	548,01	2.720,77	136,04	501,55	2.484,69	124,49
Potássio	483,37	1.247,17	62,36	548,01	1.414,10	70,71	501,55	1.294,00	64,70

3.3 Alterações nas características do solo

Observou-se efeito significativo para a interação época de avaliação e tratamentos para desobstrução para os valores médios de sódio, potássio, cálcio e fósforo. Para os tratamentos utilizados apenas a matéria orgânica foi significativamente afetada. Para as épocas avaliadas foi verificada significância para os valores de pH, nitrogênio, magnésio e soma de bases.

Para os valores médios de potássio, o uso de efluente de aquicultura com aplicação de cloro e ácido nítrico, para o controle da obstrução, elevou os valores após o cultivo, nos demais tratamentos não houve diferença entre as épocas. Avaliando as médias depois do cultivo, os tratamentos com cloração e cloração com acidificação apresentaram maiores valores. Para o sódio houve uma elevação dos valores médios trocáveis do solo depois do cultivo, tendo o efluente de aquicultura com cloração apresentando os maiores valores médios (Tabela 17).

Para os valores médios de cálcio não houve diferença nas avaliações antes e depois do cultivo. Solos irrigados com água subterrânea com acidificação apresentaram valores médios menores depois do cultivo. Para o fósforo o efluente de aquicultura com ou sem tratamentos para desobstrução dos gotejadores, provocou uma elevação nos valores médios disponíveis no solo depois do cultivo. Para a irrigação com água subterrânea, com e sem acidificação, houve uma redução nos teores de fósforo disponíveis no solo (Tabela 18).

Tabela 17 – Valores médios do potássio (K) e sódio (Na) em função da interação do tratamento da irrigação para controle da obstrução dos gotejadores com as épocas de amostragem de solo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	Características avaliadas			
	Potássio - mg·dm ⁻³ -		Sódio - mg·dm ⁻³ -	
	Antes do cultivo	Depois do cultivo	Antes do cultivo	Depois do cultivo
AS	243,68 aA	301,75 aB	14,32 bA	426,15 aC
AS+A	315,00 aA	274,27 aB	20,31 bA	363,47 aC
EA	239,91 aA	308,38 aB	21,51 bA	417,91 aC
EA+A	283,27 aA	351,88 aB	15,92 bA	499,92 aB
EA+C	355,83 aA	436,71 aA	20,07 bA	610,95 aA
EA+C+A	256,60 bA	491,67 aA	21,03 bA	509,27 aB

*Médias seguidas da mesma letra nas minúsculas para colunas e maiúsculas para linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de cloro e ácido nítrico.

A matéria orgânica do solo apresentou maiores valores médios depois do cultivo quando irrigado com efluente de aquicultura mais a cloração (Tabela 19). O pH, o nitrogênio, o magnésio e a soma de bases não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Os valores médios de pH do solo, magnésio e soma de bases aumentaram depois do cultivo, já os valores médios de nitrogênio total do solo reduziu depois do cultivo (Tabela 20). Para os valores médios de matéria orgânica não houve diferença entre as épocas avaliadas.

Tabela 18 – Valores médios do cálcio (Ca) e fósforo (P) em função da dos tratamento da irrigação para controle da obstrução dos gotejadores com as épocas de amostragem de solo. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	Características avaliadas			
	Cálcio - $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ -		Fósforo - $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ -	
	Antes do cultivo	Depois do cultivo	Antes do cultivo	Depois do cultivo
AS	3,26 aB	3,37 aA	130,91 aA	102,76 bB
AS+A	4,18 aB	3,96 bA	154,13 aA	88,95 bB
EA	4,25 aB	4,15 aA	112,38 bA	179,42 aA
EA+A	4,18 aB	4,18 aA	125,10 aA	195,53 aA
EA+C	5,53 aA	4,11 aA	102,62 aA	149,05 aB
EA+C+A	5,90 aA	4,81 aA	135,87 aA	150,39 aB

*Médias seguidas da mesma letra nas minúsculas para colunas e maiúsculas para linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de cloro E ácido nítrico.

Tabela 19 – Valores médios do pH, matéria orgânica (M.O.), nitrogênio (N), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo em função dos tratamentos da irrigação para controle da obstrução dos gotejadores. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	Características avaliadas				
	pH - água -	M.O. - % -	N - $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ -	Mg	SB
				----- $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ -----	
AS	7,43 a	1,54 b	0,84 a	1,02 a	5,93 a
AS+A	7,52 a	1,53 b	0,67 a	1,27 a	6,81 a
EA	7,35 a	1,48 b	0,58 a	1,33 a	7,18 a
EA+A	7,53 a	1,68 b	0,46 a	1,09 a	7,13 a
EA+C	7,37 a	2,00 a	0,68 a	1,75 a	7,38 a
EA+C+A	7,42 a	1,52 b	1,01 a	1,38 a	6,69 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 20 – Valores médios do pH, matéria orgânica (M.O.), nitrogênio (N), magnésio (Mg) e soma de bases (SB) do solo em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Amostragem	Características avaliadas				
	pH - água -	M.O. - % -	N - g·kg ⁻¹ -	Mg ----- cmolc·dm ⁻³ -----	SB
Antes do cultivo	7,17 b	1,66 a	1,06 a	1,58 a	6,28 b
Depois do cultivo	7,71 a	1,59 a	0,35 b	1,03 b	7,52 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para as amostragens antes e depois do cultivo, a areia apresentou maiores valores médios depois do cultivo, para o silte houve uma redução nos valores médios depois do cultivo (Tabela 21).

Tabela 21 – Valores médios da argila, areia e silte em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Amostragem	Características avaliadas		
	Argila	Areia	Silte
	----- kg·kg ⁻¹ -----		
Antes do cultivo	0,049 a	0,84 b	0,11 a
Depois do cultivo	0,051 a	0,86 a	0,087 b

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para os valores médios da densidade do solo, umidade retida no solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente e porosidade não houve alterações depois do cultivo (Tabela 22)

Tabela 22 – Valores médios da densidade do solo, umidade retida na capacidade de campo (Ucc), umidade retida no ponto de murcha permanente (Upmp) e porosidade do solo (α) em função das épocas de amostragem. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Amostragem	Características avaliadas			
	Densidade	Ucc	Upmp	α
	- kg·dm ⁻³ -	----- kg·kg ⁻¹ -----	- % -	
Antes do cultivo	1,2006 a	0,113 a	0,041 a	53,4 a
Depois do cultivo	1,2046 a	0,106 a	0,042 a	53,2 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A irrigação com efluente de aquicultura sem tratamento, com cloração e com cloração mais acidificação elevou o teor de areia e reduziu o teor de silte do solo. Para os valores médios de argila, densidade do solo, umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente (Tabelas 23 e 24).

Tabela 23 – Valores médios da argila, areia, silte, umidade retida na capacidade de campo (Ucc), umidade retida no ponto de murcha permanente (Upmp) em função dos tratamentos aplicados. Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Tratamentos ¹	Características avaliadas				
	Argila	Areia	Silte	Ucc	Upmp
	----- kg·kg ⁻¹ -----				
AS	0,0487 a	0,8483 b	0,1030 a	0,1190 a	0,0457 a
AS+A	0,0499 a	0,8399 b	0,1102 a	0,1154 a	0,0461 a
EA	0,0509 a	0,8611 a	0,0879 b	0,0960 a	0,0350 a
EA+A	0,0522 a	0,8353 b	0,1125 a	0,1091 a	0,0377 a
EA+C	0,0490 a	0,8586 a	0,0924 b	0,1099 a	0,0455 a
EA+C+A	0,0483 a	0,8651 a	0,0866 b	0,1066 a	0,0383 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem

tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

Tabela 24 – Valores médios da porosidade (α) e densidade do solo em função dos tratamentos aplicados.

Tratamentos ¹	Características avaliadas	
	α	Densidade
	- % -	- kg·dm ⁻³ -
AS	52,53 a	1,2241 a
AS+A	52,10 a	1,2031 a
EA	53,91 a	1,1854 a
EA+A	53,23 a	1,2069 a
EA+C	53,20 a	1,998 a
EA+C+A	53,97 a	1,1965 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

¹Legenda: AS – água subterrânea sem tratamento preventivo; AS+A – água subterrânea com solução de ácido nítrico; EA – Efluente de aquicultura sem tratamento preventivo; EA+A – Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico; EA+C - Efluente de aquicultura com solução clorada; EA+C+A - Efluente de aquicultura com solução de ácido nítrico e cloro.

4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese formulada para ser testada neste experimento foi a de que o efluente de aquicultura, devido à sua composição, poderia obstruir os gotejadores, e assim reduzir a quantidade de água fornecida às plantas. Essa hipótese foi formulada com base no trabalho desenvolvido por Lima (2007), que teve como provável causa para a redução na produtividade do pimentão irrigado com efluente de piscicultura, o entupimento dos gotejadores ocasionado por filtros biológicos. Esse entupimento pode ter ocasionado uma redução na quantidade de água fornecida às plantas e, portanto a adoção de tratamentos de irrigação poderia refletir diretamente na produção das culturas.

A obstrução dos gotejadores ocasionou uma redução da quantidade de água aplicada na ordem de 29%, quando se usou o efluente de aquicultura sem tratamento para desobstrução, fornecendo 392,88 mm de água durante o experimento. Já quando se utilizou o tratamento com cloro e ácido nítrico, combinados ou não, a quantidade de água aplicada por planta ficou em torno dos 500 mm, valores médios muito próximos dos 557,37 mm fornecidos quando a fonte de água foi a água subterrânea. Segundo Bergamaschi et al. (2001) uma planta de milho requer durante todo seu ciclo, para que a produção seja satisfatória, em torno de 575 mm de água.

A quantidade de água fornecida durante o ciclo da cultura está diretamente relacionada com sua produção. No caso do milho a exigência hídrica é variável, dependendo dos fatores climáticos reinantes no período de desenvolvimento, da variedade e do estágio da cultura. Se houver deficiência hídrica uma semana após surgirem anteras, pode ocorrer uma queda de 50% na produção (DOORENBOS; KASSAN, 2000).

Devido à composição do efluente de aquicultura, a redução na quantidade de água fornecida quando não houve tratamento preventivo da obstrução, não refletiu diretamente na produtividade do milho, pois o efluente de aquicultura apresentou

teores de nitrogênio e fósforo, superiores aos encontrados na água subterrânea, fornecendo pequenas doses diárias destes nutrientes às plantas (Tabela 4).

Gavrichkova; Kuzyakov (2008) referem que as plantas de milho preferem o nitrogênio na forma amoniacal. Nos viveiros de aquíicultura há uma tendência a reciclagem do nitrogênio produzido pela adição de ração e excrementos dos organismos aquáticos (BRUNE et al., 2003). A maior parte do nitrogênio produzido nesses sistemas é na forma NH_4^+ , que é altamente tóxica aos peixes e camarões e aos ecossistemas onde essas águas poderão ser descarregadas para manter a qualidade da água dos viveiros. Com a crescente necessidade de nitrogênio pelas plantas e o aumento das taxas de acumulação de amônia na água do viveiro pelo aumento da biomassa, a transferência de parte de água do viveiro retirada diariamente através de bombeamento de água para a irrigação da cultura do milho pode reduzir a concentração de amônia e nitrogênio oxidado, beneficiando ambas as culturas.

Para a adubação com nitrogênio, a cultura do milho que requer parcelado durante seu ciclo, $170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000), utilizando efluente de aquíicultura como fonte de água de irrigação poderia haver uma redução de 30% nos custos de adubação nitrogenada, já que o efluente forneceu cerca de $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. AL-JALOUD et al., (1993), D'SILVA; MAUGHAN (1994, 1995); BRUNE (1994) sugerem que a aplicação de efluentes de aquíicultura na agricultura, não somente reduz o custo de obtenção da água, como também a quantidade de fertilizantes químicos necessários às culturas.

Hussain; Al-Jaloud (1998) estudando o efeito da adubação nitrogenada e da aplicação de efluente de aquíicultura na cultura da cevada concluíram que quando se usa água subterrânea é necessário aplicar de 100 a $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, porém, ao irrigar com efluente de aquíicultura, a dose necessária baixa para $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, enfatizando o fato do efluente conter nitrogênio suficiente para complementar a dose.

Miranda et al., (2008) monitoraram parâmetros para o controle da qualidade do efluente proveniente do cultivo de camarão, reutilizado para irrigação do melão (*Cucumis melo* L. híbrido AF 646), em comparação com a água de rio. O efluente

de carcinicultura apresentou maiores teores de cálcio, sódio e cloreto comparados à água do rio, porém se observou que o efluente apresentou incremento de 49 e 27%, chegando a fornecer 3,7 e 1,1 kg·ha⁻¹ para os teores de nitrogênio total e amônia respectivamente, comparada aos valores encontrados na água de rio. Resultados similares foram observados nesse experimento, já que o efluente de aquicultura forneceu doses de nitrogênio inorgânico até 1000% maiores que o fornecido pela água subterrânea.

Com relação à produção, se pode observar que quando se irrigou com efluente de aquicultura com adição de cloro e ácido nítrico, a produtividade de espigas empalhadas foi mais de 22.000 kg·ha⁻¹ apresentando cerca de 60% de incremento de produção comparado à irrigação com efluente sem tratamento para desobstrução. Porém para as espigas despalhadas comercializáveis a produtividade obtida para irrigação com efluente de aquicultura e água subterrânea foi muito próximo, com valores em torno dos 9.000 kg·ha⁻¹. Albuquerque et al., (2008) trabalhando com o mesmo híbrido estudado nesta pesquisa, obtiveram produtividade de espigas empalhadas em torno dos 13.000 kg·ha⁻¹ para cultivo irrigado com . A produtividade média brasileira da cultura varia de 9 a 15 toneladas de espigas empalhadas por hectare, dependendo da região (PAIVA JUNIOR, 1999).

As plantas irrigadas com efluente de aquicultura submetido a um tratamento preventivo para desobstrução de emissores chegaram a mais de 80% de espigas despalhadas comercializáveis, valores muito próximos dos obtidos com a com acidificação que foi de 90%. Para a produção do milho verde, é altamente desejável obter elevada porcentagem de espigas comerciais e elevado peso de espigas comerciais, uma vez que a comercialização também é feita com base nesses atributos. Espigas maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro são padrões para as espigas serem consideradas comerciais (ALBUQUERQUE et al., 2008). Em supermercados, o produto é classificação e padronizado por tamanho e a comercialização é feita em bandejas de material biodegradável, onde se acondicionam de quatro a cinco espigas semidespalhadas, envoltas por um filme de PVC transparente, apresentando cerca de 1 kg, obtendo maior preço no mercado

(EMBRAPA, 2003). Para compor uma destas porções, irrigando as plantas com água subterrânea são necessárias de 5 a 6 espigas. Porém, quando se usa o efluente de aquicultura na irrigação, são necessárias apenas 3 a 4 espigas, demonstrando que as espigas produzidas através da irrigação com efluente de aquicultura foram maiores em diâmetro e comprimento.

O propósito de se utilizar águas residuárias na irrigação é uma alternativa para minimizar o problema de escassez da água, porém segundo Ayers; Westcot (1999) pode contaminar os solos e as plantas nos campos irrigados e áreas vizinhas. Os tratamentos testados nesse trabalho foram estabelecidos de modo a controlar tanto o entupimento ocasionado por meios físicos, minimizado através da aplicação de ácidos, e os biológicos, por meio de aplicações de soluções cloradas, prováveis causas de entupimento quando de utiliza o efluente de aquicultura e águas de elevada alcalinidade como fonte de água para irrigação.

Partindo desse pressuposto, outra hipótese foi formulada a fim de responder se o efluente de aquicultura aplicado com soluções de cloro e/ou ácido nítrico através da irrigação deixaria algum resíduo no solo com possibilidade de poluí-lo. A partir das análises realizadas no solo das parcelas do experimento verificou-se que o efluente usado na irrigação não poluiu o solo, e sim funcionou como fonte de nutrientes para as plantas, já que as quantidades aplicadas diariamente através das irrigações eram muito pequenas, e prontamente absorvidos pelas plantas. Com relação às características físicas houve mudança apenas relacionada com o uso do solo, não ocorrendo interferências devido à aplicação do efluente.

Miranda et al., (2008) obtiveram resultados semelhantes ao utilizar efluente proveniente da carcinicultura para irrigar plantas de melão, já também que não houveram alterações significativas nas características do solo, senão o aumento do sódio trocável no solo, o que também foi observado nesse experimento, Ayers; Westcot (1999) relatam que a irrigação localizada no semi-árido pode proporcionar um acúmulo de sais na camada mais superficial do solo, devido à qualidade da água, e requer a aplicação de lâminas para lavagem desses sais.

Na análise dos dados, podemos avaliar que quando se usa o efluente de aquicultura estamos dando uma nova utilidade a uma água rica em nutrientes que

seria descartada podendo poluir o solo e os mananciais. Ao utilizá-lo na irrigação de culturas estamos economizando tanto com água como com a aplicação de fertilizantes. O fato de aprimorar o reuso do efluente de aquicultura com a adoção de práticas de tratamento para desobstrução do sistema de irrigação contribui para o sucesso da integração de aquicultura com agricultura.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

A irrigação com efluente de aquicultura elevou a produtividade da cultura do milho, quando se adotou algum tratamento para desobstrução;

O tratamento mais eficiente para utilização do efluente de aquicultura foi o realizado com solução de cloro;

O efluente de aquicultura, independente do tratamento adotado, forneceu maiores quantidades de nutrientes às plantas;

O efluente de aquicultura, não deixou resíduos no solo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D.; SOUZA FILHO, A. X. de; FIORINI, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 768-775, maio/jun., 2008.
- AL-JALOOD, A. A.; HUSSAIN, G.; ALSADON, A. A.; SIDDIQUI, A. Q.; AL-NAJADA, A. Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Bristol, v.7, n.2, p.223-241, 1993.
- ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; PRUITT, W. O., Proposed revision to the FAO: produce for estimating crop water requirements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRRIGATION OF HORTICULTURAL, 2, 1996, Chania. **Proceeding...**, Leuven, ISHS, p.17-49, 1996.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de R.S. Gheyi et al. Campina Grande : UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO, C. M. S. B. **Nitrogen transfer using ^{15}N as a tracer in an integrated aquaculture and agriculture system**. 1998. 105f. Tese (Ph.D.) – University of Arizona, Tucson, Arizona, 1998.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society American**, v. 52, p. 1191-1192, 1988.
- BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M. V.(Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba, Agropecuária, 1999. p.279-291.
- BEKELE S; TILAHUN K. Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. **Agricultural and Water Management**, v. 98, n.1-2, p.148-152, 2007.
- BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I.; ARAGONÉS, R.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001
- BROUWER, C.; HEIBLOEM, M. Irrigation water management: irrigation water needs. Training Manual, FAO, Rome, n. 3, 1986.

BRUNE, D. E. **Sustainable aquaculture systems**. Report prepared for the Office of Technology Assessment. Food and Renewable Resources Program, Washington, D.C.:U.S. Congress, 1994.

BRUNE, D. E., SCHWARTZ, G., EVERSOLE, A. G., COLLIER, J. A., SCHWEDLER, T.E. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. **Aquacultural Engineering**, n. 28, p. 65 a 86, 2003.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, v.2, p.149-162, 1979.

CAKIR, R. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. **Field Crops Resource**, v. 89, p. 1–16, 2004.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró (Jan. de 1988 à Dez. de 1990)**. Coleção Mossoroense. Mossoró: ESAM/FGD, 1991. 121p.

CARVALHO, H. W. L. de; SANTOS, M. X. dos; LEAL, M. de L. da S. **Variedades de milho para o Nordeste Brasileiro**. Embrapa, PATC, 1997, p.1, Comunicado Técnico.

CASTRO, R. S. de. Cultivo de tomate cereja em sistema orgânico irrigado com efluentes de piscicultura. 2003. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) ESAM. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 2003.

CASTRO, R. S. de; AZEVEDO, C. M. S. B; BEZERRA NETO, F. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. **Scientia Horticulturea**, Amsterdam, v. 3, n. 110, p 44-50, 2006.

CHANDRAKANTH, M. S.; LAU, L. S.; WU, I. P. Plugging evaluation in reuse of primary wastewater effluent for drip irrigation. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 4., Albury, 1988. **Proceedings**. p.211-218, 1988.

DAGDELEN, N.; YILMAZ, E.; SEZGIN, F.; GURBUZ, T. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. **Agricultural and Water Management**, v. 82, p. 63–85, 2006.

DENMEAD, O. T.; SHAW, R. H. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. **Agronomy Journal**, v. 52, p. 272–274, 1960.

D'SILVA, A. M. Techniques for Integration aquaculture with agriculture on irrigated farms: pulsed flow culture systems. 1993. 113f. Dissertation (Doutorado) University of Arizona, Arizona, 1993.

D'SILVA A. M.; MAUGHAN, O. E. Multiple use of water: integration of fishculture and tree growing. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.26, n.1, p. 1-7, 1994.

D'SILVA A. M; MAUGHAN, O. E. Effect of density and water quality on red tilapia in pulsed flow culture systems. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 5, p. 69-75, 1995.

DHAWAN, A.; SEHDEV, R. S. Present status and scope of integrated fish farming in the north-west plain of India. p. 295-306. In: MATHIAS, J. A.; CHARLES, A.T.; BAOTONG, H. (Eds.), **Integrated Fish Farming**. CRC Press, Boca Raton, New Cork, 1994.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). Tradução de H. R. GHEYI; A. A. de SOUZA, F.A.V; DAMASCO, J.F. de MEDEIROS. 2000.

DUDA, G. P.; MONTEIRO, M. T.; SALVIANO, A. M.; GUERRA, J. G. M. Comparação entre métodos colorimétrico e titrimétrico para determinação de carbono microbiano. **Caatinga**, Mossoró, v.18, n.1, p.52-57, jan.-mar. 2005.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1999. 624 p.

EMBRAPA. **O cultivo do milho verde**. Brasília, DF, 2003.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, v. 1, 2004. 360p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar 4.3. 2003**. Disponível em: <http://asw.dex.ufla.br/danielff/sisvar>>. Acesso em 10 de Novembro de 2006.

FREITAS, K. K. C. de; NEGREIROS, M. Z. de; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. S. B. ; OLIVEIRA, E. Q. de ; BARROS JÚNIOR, A. P. Uso de efluente e água de rio no desempenho agroecônômico de cenoura, alface e coentro em associação. **Caatinga**, Mossoró, v. 17, n. 2, p. 98-104, 2004.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 122 p.

GAVRICHKOVA, O., KUZYAKOV, Y. Ammonium versus nitrate nutrition of *Zea mays* and *Lupinus albus*: effect on root-derived CO₂ efflux. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 40, p. 2835–2842, 2008.

HUSSAIN, G.; AL-JALOUD, A. A. Effect of irrigation on yield, yield components and water use efficiency of barley in Saudi Arabia. **Agricultural water management**, v. 36, p. 55-70, 1998.

ISTANBULLUOGLU A.; KOCAMAN I.; KONUKCU, F. Water use–production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. **Pak J Biol Sci**, v. 5, n.3, pag. 287–291, 2002.

JAMA, A. O.; OTTMAN, M. J. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. **Agronomy journal**, v. 85, pag. 1159–1164, 1993.

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

KOKIL, P. N.; MOON, L.; GOODAY, J.; CHAMBERS, R. L. Estimating temporal farm income distribution using special smoothing techniques. **Australian Journal of Statistics** v. 37, n. 3, p. 129-143, 1995.

LIMA, C. B. e. Utilização de efluente de piscicultura na irrigação de pimentão cultivado com fosfato natural e esterco bovino. 2007. 55p. Dissertação de Mestrado (Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2007.

LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2.ed. Madri, Mundi-Prensa, 1997. 405p.

MAIA, S. S. S. Uso de biofertilizante na cultura do alface. 2002. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró. Mossoró, 2002.

MIRANDA, F. R.; LIMA, R. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; SANTANA, M. G. S. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. **Aquacultural Engineering**, v. 39, n. 1, pag. 1-5, 2008.

NESMITH, D. S., RITCHIE, J. T., Effects of soil water-deficits during tassel emergence on development and yield component of maize (*Zea mays*). **Field Crops Resources**, v. 28, pag. 251–256, 1992a.

NESMITH, D. S., RITCHIE, J. T., Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain filling. **Field Crops Resources**, v. 29, pag. 23–35, 1992b.

OKTEM, A.; SIMSEK, M.; OKTEM, A. G. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region. I. Water–yield relationship. **Agricultural Water Management**, v. 61, pag. 63–74, 2003.

OLSEN, M. W.; FITZSIMMOS, K. M.; MOORE, D. H. Surface irrigation of cotton using aquaculture effluent. Pag. 159-165. In: **Techniques for Modern Aquaculture** (J.K. Wang, Ed.) St. Joseph, MI: ASEA pub. 02-93, 1993.

OTEGUI, M.E., ANDRADE, F.H., SUERO, E.E. Growth, water use and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. **Field Crops Resources**, v. 40, pag. 87–94, 1995.

PAIVA JUNIOR, M. C. Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura. 1999. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

PANDEY, R. K.; MARANVILLE, J. W.; ADMOU, A. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. **Agricultural Water Management**, v.46, pag. 1–13, 2000.

PAYERO, J. O.; MELVIN, S. R.; IRMAK, S.; TARKALSON, D. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. **Agricultural Water Management**, v. 84, pag. 101–112, 2006.

PEREIRA, E. W. L.; AZEVEDO, C. M. S. B.; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G. P. Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos. **Caatinga**, Mossoró, v. 16, p. 57-62, 2003.

RHOADS, F.M., BENNET, J.M., 1990. Corn. In: Stewart, B.A., Nielsen, D.R. (Eds.), **Irrigation of Agricultural Crops**. American Society of Agronomy, Madison, pp. 569–597.

SCHEIERLING, S. M.; CARDON, G. E.; YOUNG, R.A. Impact of irrigation timing on simulated water-crop production functions. **Irrigation Science**, v. 18, pag. 23–31, 1997.

SILVA, J. da; LIMA E SILVA, P. S.; OLIVEIRA, M. de; BARBOSA E SILVA, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura brasileira**, v. 22, n. 2, pag. 326-331, 2004.

STEGMAN, E. C. Corn grain yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits. **Irrigation Science**, v. 3, pag. 75–87, 1982.

TAJRISHY, M.A.; HILLS, D.J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.4, p.716-731, 1994.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Solos, 1985. 188 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

TRAORE, S. B.; CARLSON, R. E.; PILCHER, C. D.; RICE, M. E. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. **Agronomy Journal**, v. 92, pag. 1027–1035, 2000.

VORONEY, R.P., WINTER, J.P., BEYEART, R.P., 1993. Soil microbial biomass C and N. In: Carter, M.R. (Ed.) **Soil sampling and methods of analysis**. Canadian Society of Soil Science Lewis Publishers/CRC Press, Boca Raton, FL, U.S.A., pp. 277–286.

VOGEL, A, I. **Química analítica quantitativa**. 5 ed. [trad. para o português por H. Macedo] Rio de Janeiro: LCT - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1992. 712p.

CAPÍTULO 4

APÊNDICE

Tabela 1A – Valores de “F” para vazão, coeficiente de variação (CV), uniformidade de distribuição (UD), grau de entupimento (GE) e lâmina de irrigação acumulada (Lâmina). Mossoró, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Características avaliadas				
		Vazão ¹	CV	UD	GE	Lâmina
Blocos	3	2,56 *	1,84 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}	2,56 *	1,811 ^{n.s.}
Tratamentos	5	65,20 **	14,06 **	3,17**	65,20 **	74,065**
Resíduo 1	15	0,0068	1,2764	4,9348	30,1465	41,746528
Épocas	4	60,042 **	36,19 **	13,78 **	60,04 **	4.442,25**
Épocas x tratamentos	20	9,85 **	5,11**	3,90 **	9,85 **	22,401**
Resíduo 2	72	0,0030	0,9999	2,4435	13,4374	13,047683
CV 1(%)		6,48	23,93	2,35	36,02	6,40
CV 2(%)		4,32	21,28	1,65	24,05	3,58

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 2A – Valores de “F” para peso da espiga com palha (PECP), comprimento da espiga com palha (CECP), diâmetro da espiga com palha (DECP), peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga sem palha (CESP), diâmetro da espiga sem palha (DESP). Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Características avaliadas					
		PECP ¹	CECP	DECP	PESP	CESP	DESP
Blocos	3	1,08 ^{n.s.}	0,80 ^{n.s.}	0,61 ^{n.s.}	0,50 ^{n.s.}	1,311 ^{n.s.}	0,44 ^{n.s.}
Tratamentos	5	30,38**	0,36 ^{n.s.}	7,51**	12,18**	14,17**	12,19**
Resíduo	15	365,39	5,71	0,11	316,62	0,45	0,05
CV (%)		7,80	9,36	7,81	10,59	3,86	5,86

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 3A – Valores de “F” para altura da 1ª espiga (AES), nº de espigas por planta (NEPP), nº de espigas despalhadas que perfazem 1 kg (NEP), produtividade espigas empalhadas (PEE); porcentagem de espigas comercializáveis (PEC), produtividade das espigas despalhadas comercializáveis (PEDC). Mossoró-RN, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Características avaliadas					
		AES ¹	NEPP	NEP	PEE	PEC	PEDC
Blocos	3	0,38 ^{n.s.}	0,81 ^{n.s.}	0,50 ^{n.s.}	1,311 ^{n.s.}	0,499 ^{n.s.}	0,149 ^{n.s.}
Tratamentos	5	9,01**	3,51**	8,07**	9,466**	20,30**	5,793
Resíduo	15	46,22	0,02	0,54	5.505.836,59	25,75	2.072.936,98
CV (%)		11,25	10,82	15,77	14,20	6,55	16,47

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 4A – Valores de “F” para nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do tecido vegetal de plantas de milho. Mossoró, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Características avaliadas				
		N	P	K	Ca	Mg
Blocos	3	3,10 **	3,76**	0,37 ^{n.s.}	2,27 ^{n.s.}	2,65 ^{n.s.}
Tratamentos	5	4,21 **	3,68 **	2,23 ^{n.s.}	0,62 ^{n.s.}	0,51 ^{n.s.}
Resíduo	15	3,62	0,0867	3,37	0,44	0,11
CV (%)		9,30	14,65	10,17	29,85	19,98

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 5A – Valores de “F” para pH, fósforo (P), matéria orgânica (M.O.), potássio (K). Mossoró, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Valores de F			
		pH	P	M.O.	K
Blocos	3	1,328 ^{n.s.}	0,182 ^{n.s.}	0,217 ^{n.s.}	2,355 ^{n.s.}
Tratamentos	5	0,566 ^{n.s.}	0,658 ^{n.s.}	3,564**	13,726 **
Resíduo 1	15	0,0782	1.693,54	0,0877	1,599,23
Épocas	1	74,432 **	47,316 **	0,783 ^{n.s.}	22,690 **
Épocas x tratamentos	5	0,845 ^{n.s.}	3,711 ^{n.s.}	2,463 ^{n.s.}	4,843 **
Resíduos 2	18	0,0464	944,86	0,0836	3.250,11
CV 1(%)		3,76	30,35	18,23	12,44
CV 2(%)		2,90	18,06	17,80	17,73

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 6A – Valores de “F” para nitrogênio (N), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) do solo. Mossoró, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Valores de F				
		N	Na	Ca	Mg	SB
Blocos	3	1,687 ^{n.s.}	0,151 ^{n.s.}	1,330 ^{n.s.}	1,565 ^{n.s.}	4,048**
Tratamentos	5	0,730 ^{n.s.}	3,637**	0,572 ^{n.s.}	1,345 ^{n.s.}	1,258 ^{n.s.}
Resíduo 1	15	0,413	4.231,78	1,4766	0,3960	1,702
Épocas	1	20,161**	688,778**	2,835 ^{n.s.}	13,332**	27,435**
Épocas x tratamentos	5	0,782 ^{n.s.}	4,282**	4,470**	0,597 ^{n.s.}	1,847 ^{n.s.}
Resíduos 2	18	0,3019	3.565,97	0,8626	0,2700	0,5694
CV 1(%)		90,81	10,34	28,10	32,27	19,11
CV 2(%)		77,68	12,51	21,48	39,81	11,01

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 7A – Valores de “F” para argila, areia, silte densidade do solo, umidade na capacidade de campo (Ucc), umidade no ponto de murcha (Upmp) e porosidade do solo. Mossoró, UFERSA, 2009.

Fonte de variação	GL	Valores de F						
		Argila	Areia	Silte	Densidade	Ucc	Upmp	Porosidade
Blocos	3	5,618 **	6,516 **	8,921**	6,473**	0,260 **	0,260 ^{n.s.}	6,009 **
Tratamentos	5	1,392 ^{n.s.}	3,039 **	3,257 **	0,254 ^{n.s.}	0,780 ^{n.s.}	0,699 ^{n.s.}	0,269 ^{n.s.}
Resíduo 1	15	0,000013	0,00039	0,0003	0,005	0,0006	0,00028	8,77
Épocas	1	4,444 **	8,951**	10,153 **	0,284 ^{n.s.}	2,617 ^{n.s.}	0,038 ^{n.s.}	0,319 ^{n.s.}
Épocas x tratamentos	5	0,512 ^{n.s.}	1,363 ^{n.s.}	1,219 ^{n.s.}	0,653 ^{n.s.}	0,770 ^{n.s.}	0,235 ^{n.s.}	0,651 ^{n.s.}
Erro 2	18	0,000017	0,00059	0,00065	0,0007	0,0002	0,00037	1,00
CV 1(%)		7,22	2,31	18,00	5,98	23,28	40,15	5,56
CV 2(%)		8,18	2,86	25,88	2,17	12,71	46,69	1,88

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; ^{n.s.} não significativo

Tabela 8A – Valores de “F” para nitrato, nitrito, amônia, fosfato aplicados através da água. Mossoró, UFERSA, 2009.

FV	Valores de F				
	GL	Nitrato	Nitrito	Amônia	Fosfato
Bloco	3	1,534 n.s.	1,502	1,498n.s.	1,679n.s.
Trat	5	992,066**	1.235,376**	1.266,645**	203,313**
Erro 1	15	0,000171	0,000003	0,000003	0,000006
Épocas	1	2.263,657**	2.050,001**	2.024,905**	3.728,761**
Épocas x tratamentos	5	178,86**	217,891**	223,181**	38,954**
Erro 2	18	0,000051	0,00000078	0,000000095	0,000002
CV 1		9,34	9,86	9,93	7,48
CV 2		5,09	5,36	5,40	4,14

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; n.s. não significativo

Tabela 9A – Valores de “F” para cálcio, magnésio, sódio e potássio aplicados através da água. Mossoró, UFERSA, 2009.

FV	Valores de F				
	GL	Cálcio	Magnésio	Sódio	Potássio
Bloco	3	1,764n.s.	1,609n.s.	1,811n.s.	1,707n.s.
Tratamentos	5	51,944**	518,820**	74,067**	135,244**
Erro 1	15	0,000533	0,000047	0,002599	0,000603
Épocas	1	4.034,094**	2.798,276**	4.442,190**	3.558,408**
Época x tratamentos	5	22,584**	102,242**	22,401**	38,677**
Erro 2	18	0,000165	0,000014	0,000812	0,000184
CV 1		6,76	8,31	6,40	7,26
CV 2		3,76	4,55	3,58	4,02

** e * significância a 5% e 1% respectivamente; n.s. não significativo