



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DISTRIBUIÇÃO DE SAIS NO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
CAFEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA**

CÉLIA MARIA FREITAS DOS SANTOS TAVARES

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO DE 2004**

DISTRIBUIÇÃO DE SAIS NO SOLO E PRODUTIVIDADE DO
CAFEEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA

CÉLIA MARIA FREITAS DOS SANTOS TAVARES

Engenheiro Agrônomo

Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2001.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de concentração: Uso, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, Solo e Água.

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO ADRIANO DE CARVALHO PEREIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2004

FICHA CATALOGRÁFICA

T 231 Tavares, Célia M. Freitas dos Santos.
Distribuição de sais no perfil do solo e produtividade do
cafeeiro irrigado com água salino-sódica / Célia Maria Freitas
dos Santos Tavares. – Cruz das Almas, Ba, 2004. – p. 64. : il.,
tab., graf.

Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia.
Universidade Federal da Bahia, 2004.

1. Café - irrigação 2. Café - salinidade 3. 4. Café -
produtividade I. Universidade Federal da Bahia, Escola de
Agronomia. II. Título.

CDD 20.ed. 633.73

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Escola de Agronomia - UFBA
(Orientador)

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Escola de Agronomia - UFBA

Dr. Maurício Antônio Coelho Filho
EMBRAPA – Mandioca e Fruticultura

Homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em....
Conferido o grau de Mestre em Ciências Agrárias em.....

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, fonte de luz e inspiração, presente em todos os momentos da minha caminhada.

Ao meu esposo Leônidas, pelo apoio, companheirismo e compreensão.

A minha família, por entender minha ausência e fazer da saudade um estímulo a mais para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Adriano de C. Pereira, pela dedicação, amizade e oportunidade de aprimorar conhecimentos.

Ao colega João Frederico Silveira, pela participação durante todas as fases do trabalho.

Aos professores Vital Pedro da Silva Paz e Áureo Silva de Oliveira do Grupo de Pesquisa de Engenharia de Água e Solo, pelas sugestões e participação na condução e conclusão da dissertação.

A AGRIBAHIA S/A – Grupo Espírito Santo, pela infraestrutura disponibilizada na Fazenda Lagoa do Morro para instalação e condução do experimento.

Ao funcionário da AGRIBAHIA S/A, Sr. Joseval dos Santos Melo (Bobel), pela ativa participação nas atividades de campo.

Aos alunos de Pós – Graduação, em especial Greice Ximena Oliveira, Leonardo da Costa Lopes e Ricardo Martins Santos, pela amizade e colaboração durante todo o curso.

Ao Mestrado da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (AGRUFBA) por possibilitar a realização deste curso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NA REGIÃO DE BREJÕES, BAHIA.....	06
Capítulo 2	
DISTRIBUIÇÃO DE SAIS EM SOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA NA CULTURA DO CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.).....	25
Capítulo 3	
PRODUÇÃO DO CAFEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA AO LONGO DE TRÊS ANOS.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63

DISTRIBUIÇÃO DE SAIS NO SOLO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA

Resumo: O presente trabalho teve como objetivos estudar a relação entre o regime de distribuição das chuvas e a produtividade do cafeeiro ao longo de vinte anos, além de avaliar a distribuição dos sais no perfil do solo e a produtividade do café (*Coffea arabica* L.) irrigado com água salino-sódica ao longo de três anos, usando a variedade Catuaí, idade média de vinte anos. O experimento foi conduzido na Fazenda Lagoa do Morro, município de Brejões, Bahia. Utilizou-se o sistema de irrigação localizada, com emissores de 2,5 L.h⁻¹. O experimento foi em blocos casualizados, com seis repetições; e seis lâminas de irrigação (0, 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; e 4,0 mm) aplicadas a cada dois dias. Os seguintes parâmetros de solo foram avaliados da superfície até 80 cm de profundidade, com incrementos de 20 cm: pH, condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS). Os núcleos avaliados apresentaram balanço hídrico com déficit ao longo de todos os meses do ano, agravando-se nos períodos de maior demanda hídrica do café. Todos os parâmetros de solo avaliados apresentaram tendência de aumento; a PST média foi alta (> 30%) em todos os tratamentos irrigados, indicando a sodificação do solo. O pH do solo apresentou tendência de aumento, variando de 5,5 para 6,9 em média, para todos os tratamentos. A produtividade média variou de 2100 kg/ha (2,0 mm) a 600 kg/ha (4,0 mm). A lâmina de 2,0 mm promoveu incremento de 44% em relação à testemunha. Foi verificada uma redução de 43,8% na produtividade de 2003 em relação a 2001, para o mesmo tratamento.

Palavras-chave: irrigação, café, salinidade

DISTRIBUTION OF SALTS IN SOIL AND PRODUCTIVITY OF IRRIGATED COFFEE WITH SALINE-SODIC WATER

Abstract: The objective of the present work was to study the relationship between the rain pattern and yield of coffee over a twenty-year period, as well to evaluate the distribution of salts in the profile of a soil and the productivity of the coffee (*Coffea arabica* L.) irrigated with saline-sodic water along three years, being used the variety Catuaí, with medium age twenty years old. The experiment was conducted in the Fazenda Lagoa do Morro, town of Brejões, State of Bahia. A surface drip irrigation system with 2.5 Lh⁻¹ emitters was used to irrigate the area. The experiment followed a randomized complete block design where six irrigation depths (0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, and 4.0 mm), replicated six times, were applied each two days. The following soil parameters were evaluated from surface to 80 cm depth at 20 cm increments: pH, electrical conductivity of soil paste (CEes), exchangeable sodium ratio (PST) and the sodium adsorption ratio (RAS). Results from hydroclimatological water balances presented annual total deficit for all evaluated sites, becoming worse in the periods of larger water demand by the coffee. All the appraised soil parameters presented increasing tendency; medium PST was high (> 30%) in all the irrigated treatments, indicating sodification. The soil pH increased slowly over the season from an average of 5,5 to 6,9 for all treatments. The average yield varied of 2100 kg/ha (2,0 mm) to 600 kg/ha (4,0 mm). The depth of 2,0 mm promoted increment of 44% in relation to the witness treatment. A reduction of 43,8% was verified in the productivity of 2003 in relation to 2001, for the same treatment.

Key words: irrigation, coffee, salinity

INTRODUÇÃO

O Brasil tem no café um dos principais produtos agrícolas, que ocupa lugar de destaque tanto no panorama econômico quanto social. O país é o maior produtor e exportador de café, sendo responsável por 40% da produção mundial na safra de 2002/03. A atividade contribui para geração de renda nas propriedades, obtenção de divisas na exportação e formação de capital no setor agrícola do país. Além disso, a cafeicultura se destaca por absorver grande quantidade de mão de obra, gerando emprego, renda e melhorias no nível de vida dos trabalhadores rurais.

Progressivamente, a cafeicultura vem se expandindo em área plantada, destacando-se em muitas regiões tidas antes como impróprias para o cultivo em função de limitações hídricas. Fernandes & Drumond (2002) atribuem essa expansão de área plantada ao uso da irrigação, que possibilita a produção de cafés em regiões com precipitação pluviométrica muito aquém das necessidades da cultura, resultando em aumentos consideráveis de produção e melhoria na qualidade da bebida obtida com a lavoura irrigada. Mesmo em localidades onde

antes se plantava em regime de sequeiro, tem-se obtido, segundo os autores, excelentes resultados com a tecnologia de produção de café irrigado.

A espécie mais cultivada no Brasil é a arábica (*Coffea arabica* L.) que de acordo com Oliveira (1998), é oriunda de regiões de elevada altitude, de clima úmido e temperaturas amenas, podendo ser cultivada em regiões que apresentem regime pluviométrico mínimo situado entre 1200 mm a 1500 mm de chuvas. Todavia, precipitações menores do que a mínima podem satisfazer, quando existem outros fatores capazes de garantir um bom suprimento de umidade do solo.

Camargo & Camargo (2001) esquematizaram para o cafeeiro arábica seis fases fenológicas, que abrangem o período vegetativo e o período reprodutivo, num total de dois anos para que o ciclo da cultura esteja completo. Meireles et al. (2003) definiram entre essas fases, aquelas em que a planta demanda uma maior quantidade de água presente no solo, para que a produção final não seja comprometida; destacando-se as fases de florada, expansão dos frutos e granação.

A irrigação torna-se necessária em localidades onde a precipitação pluviométrica é insuficiente ou apresenta ocorrência de secas ou veranicos ao longo do ciclo da cultura. O suprimento de água principalmente durante as fases mais sensíveis ao déficit hídrico, é fator determinante de produção.

A cafeicultura é a principal atividade agrícola da região de Brejões, no Planalto da Bahia, onde grande parte da população se envolve direta ou indiretamente com o cultivo do café. O regime pluviométrico da região apresenta distribuições irregulares de chuvas, ocasionando perdas na produção ou reduzindo a produtividade da lavoura; tornando-se uma limitação a expansão ou mesmo à manutenção da atividade. O uso da irrigação reduziria os problemas causados pelo déficit hídrico; entretanto, a água disponível na região possui elevados teores de sais, o que exige conhecimento à cerca dos efeitos que a utilização dessa água poderia causar ao solo e à própria cultura.

A viabilidade da agricultura irrigada depende da quantidade e da qualidade da água a ser utilizada. Bernardo (1996), aponta a necessidade de se avaliar qualitativamente a concentração de sais solúveis contidos na água, que pode ser um fator limitante para o desenvolvimento da cultura. Ayers & Westcot (1991) explicam que a medida que o conteúdo total de sais aumenta, os problemas do

solo e das culturas agravam-se, o que requer o uso de práticas especiais de manejo para manter rendimentos aceitáveis. A qualidade da água e/ou sua adaptabilidade à irrigação determina-se, também, pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso a longo prazo.

O manejo da salinidade constitui importante aspecto do uso seguro de água salina para irrigação, o que requer compreensão de como os sais afetam o solo e as plantas, de como os processos hidrogeológicos afetam a acumulação de sais e também de como as atividades de cultivo e de irrigação afetam a salinidade do solo e da água (Rhoades et al., 2000).

Os problemas resultantes do uso de águas salinas variam em tipo e intensidade e dependem do solo, do clima e da habilidade e conhecimento no manejo do sistema água-solo-planta por parte do usuário. Não existe um limite fixo da qualidade da água; por isso mesmo o uso da água de certa qualidade está determinado pelas condições que controlam a acumulação dos sais e o efeito no rendimento da cultura (Ayers & Westcot, 1991).

Os sais exercem efeitos gerais e específicos nas plantas e influenciam seu crescimento e produção; além disso, afetam também as propriedades físico-químicas dos solos, que por sua vez, abalam a adequabilidade desses solos, como meio de crescimento para as plantas. O excesso de sódio e pH elevado que podem ocorrer devido a irrigação com água salino-sódica, promovem a dispersão dos agregados e a expansão e dispersão das argilas, causando encrostamento, diminuição da porosidade e redução da permeabilidade, especialmente quando acontece rápida dessalinização, devido a chuva ou uso de águas de baixa salinidade na irrigação (Rhoades et al., 2000).

Pizarro (1978) explica que elevadas concentrações salinas afetam o desenvolvimento das plantas; na medida em que o aumento da concentração salina na solução do solo, provoca o aumento da pressão osmótica, chegando um momento em que as raízes das plantas não têm forças de sucção necessária para contrastar com a pressão e, em consequência, não absorvem água do solo. Segundo o autor, outro mecanismo pelo qual os sais afetam o desenvolvimento das plantas é a toxicidade.

Algumas experiências com o uso de águas salinas na irrigação trouxeram resultados satisfatórios, com boa produtividade e sem causar danos ao solo (Rhoades, 2000), entretanto, é necessário que as avaliações quanto aos danos e

benefícios sejam feitas para cada localidade em específico, evitando que o uso inadequado torne o solo salino e inviabilize a produção da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV – Imprensa Universitária, 1995. 657p.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. de. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.1, n. 60, p. 65 – 68, mar. 2001.

FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C. D. Cafeicultura irrigada: alternativas para vencer o déficit hídrico. **Cafeicultura**, Patrocínio, v.1, n.2, p.21-24, set. 2002.

MEIRELES, E.J.L. et al. **Boletim agrometeorológico do café**. Brasília: Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café, 2003. 34p.

OLIVEIRA, F. J. de. **Cultura do cafeeiro**. Recife: Imprensas Universitárias da UFRPE, 1998. 151p.

PIZARRO, F. **Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española S.A., 1978. 521p.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

CAPÍTULO 1

PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NA REGIÃO DE BREJÕES, BAHIA

Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial da Revista Brasileira de Agrometeorologia

PRODUTIVIDADE DO CAFEIRO EM FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS NA REGIÃO DE BREJÕES, BAHIA

Resumo: Dentre as variáveis climatológicas relacionadas com a produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), a distribuição de chuvas destaca-se como a mais relevante. A região de Brejões, no Planalto da Bahia, apresenta problemas de déficit hídrico causado pela distribuição irregular das chuvas, que torna a produção instável. O trabalho teve como objetivo estudar a relação entre o regime de distribuição das chuvas e a produtividade do cafeeiro ao longo de vinte anos. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Lagoa do Morro – Grupo AGRIBAHIA S/A, no município de Brejões, Bahia, 787 m de altitude, 13°07'60" S e 39°55'12" W. Avaliou-se dados de precipitação e produtividade anual dos núcleos de produção da série histórica de 20 anos. Todos os núcleos avaliados apresentaram balanço hídrico com déficit ao longo de todos os meses do ano, agravando-se nos períodos de maior demanda hídrica do café. Há grande variabilidade da precipitação pluviométrica anual entre e dentro dos núcleos produtivos, com diferenças de até 980 mm de um ano para outro no mesmo núcleo. O núcleo com maior média de produtividade (804 kg/ha) é o que apresenta a melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo e em quantidades recomendadas. A menor produtividade média (384 kg/ha) foi encontrada no núcleo com menor precipitação e maior irregularidade na ocorrência de chuvas.

Palavras-chave: demanda hídrica, distribuição de chuvas, café

COFFEE YIELD RELATED TO RAIN DISTRIBUTION IN THE AREA OF BREJÕES, BAHIA

Abstract: Among the meteorological variables related to the production of the coffee crop (*Coffea arabica* L.), the distribution of the rain stands out as the most important. The region of Brejões, State of Bahia, is well known by the extensive areas with that crop but rain amount and distribution is a major problem that makes the production unstable. This work had as objective to study the relationship between the rain pattern and yield of coffee over a twenty-year period. The research was developed at the Fazenda Lagoa do Morro, belonging to the AGRIBAHIA Group, town of Brejões, Bahia (13°07'60" S; 39°55'12" W; altitude 787 m). Annual precipitation data and coffee yield were taken from the four main production sites within the Farm. Results from hydroclimatological water balances as suggested by Thornthwaite presented annual total deficit for all evaluated sites, becoming worse in the periods of larger water demand by the crop. It was found a great annual variability in the rain distribution among the production sites. The highest average yield (804 kg/ha) was found in the site with the best rain distribution and recommended amounts over the crop cycle. The site with the lowest rain amount and highest rain variability presented the lowest yield, around 384 kg/ha.

Key words: water demand, rain distribution, coffee

INTRODUÇÃO

O café da espécie arábica (*Coffea arabica* L.) tem grande aceitação nos mercados consumidores, estando o Brasil entre os principais produtores e exportadores em todo o mundo. O

adequado desenvolvimento da cultura requer condições ambientais favoráveis em termos de solo, água, luminosidade e temperatura. De acordo com Oliveira (1998), o cafeeiro adapta-se ao clima úmido, com temperaturas amenas variando entre 18°C e 23°C.

Além da temperatura, outros elementos meteorológicos interferem no desenvolvimento da cultura. A radiação solar e a precipitação pluviométrica são para avaliação da aptidão climática de uma região ao cultivo do café (Küpper, 1981). No caso da precipitação deve-se levar em conta não somente os totais de lâmina d'água mas também a distribuição temporal e espacial da mesma.

Segundo Pereira et al. (2001); Picini et al. (1999) e Camargo (1989), a disponibilidade de água no solo é imprescindível ao bom desenvolvimento do cafeeiro, podendo limitar significativamente a produção quando deficiências ocorrem em fases críticas do ciclo da planta. As fases mais sensíveis à deficiência hídrica segundo Camargo (1989), compreendem o crescimento dos ramos laterais (fase vegetativa) e a floração e granação dos frutos (fase reprodutiva). De acordo com Meireles et al. (2003), déficits hídricos durante a fase de granação, resultam em frutos mal formados com defeitos do tipo preto, verde e ardidos, bem como chochamento dos grãos. Relatos indicam (Favarin et al., 2001) que deficiência hídrica na fase de granação pode provocar chochamento de grãos da ordem de 45%, com prejuízos para o rendimento final após processamento.

O armazenamento de água no solo e as deficiências hídricas que ocorrem ao longo do ano podem ser avaliados por meio do balanço hídrico climatológico, que gera informações para o estudo da aptidão e zoneamento agrícola da cultura bem como análise de viabilidade técnica e econômica de sistemas de irrigação e drenagem (Pereira et al., 1997) em áreas onde a cultura deva ser implantada sob regime de irrigação.

A produção do cafeeiro e o consumo de água pela cultura podem ser parcialmente explicados pela avaliação da dinâmica temporal e espacial dos elementos meteorológicos e da disponibilidade hídrica no solo, ao longo do ciclo da cultura (ARRUDA et al., 2000).

Na região do município de Brejões, estado da Bahia, a cafeicultura é totalmente dependente da chuva, caracterizando-se como uma atividade de alto risco, a despeito de sua importância econômica e social. A distribuição de chuvas é irregular ao longo do ano, tornando a produção instável com anos de boa e má produtividade alternando-se continuamente, o que limita significativamente a comercialização do produto, conquista de novos mercados e expansão da atividade na região.

O objetivo deste trabalho foi investigar a relação entre o regime pluviométrico da região de Brejões e a produtividade de cafeeiro ao longo de vinte anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na Fazenda Lagoa do Morro – Grupo AGRIBAHIA S/A, município de Brejões, Bahia (13°07'60" S; 39°55'12" W; altitude 787 m). O clima da região, segundo a classificação climática de Thornthwaite, é úmido a subúmido, com reduzida amplitude térmica. A temperatura média do ar na região é em torno de 23°C.

A relação entre a produtividade de café e o regime pluviométrico na propriedade, considerado segundo a sua variabilidade e distribuição espacial, foi estudada utilizando-se dados de precipitação média mensal dos quatro principais núcleos de produção de café existentes na fazenda, quais sejam o núcleo Sede, o Junco, o Desterro e o Composto. O período analisado correspondeu a uma série histórica de 20 (vinte) anos de médias mensais de chuva e produtividade de café, por núcleo.

Para se avaliar os períodos de déficit e excesso de água no solo, realizou-se o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather por núcleo de produção, com dados de temperatura média fornecidos pela estação oficial do INMET instalada na região de Brejões. O balanço hídrico foi realizado com o uso de um programa computacional (Sentelhas et al., 1999), assumindo-se uma capacidade de água disponível no solo em torno de 100 mm.

A evapotranspiração potencial mensal foi estimada pela equação de Thornthwaite:

$$ETP_p = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{T_i}{I} \right)^a \quad T_i > 0^\circ\text{C} \quad (1)$$

onde, ETP_p = evapotranspiração potencial média mensal padrão (mm/mês); T_i = temperatura média do mês de número de ordem i , sendo $i = 1 \dots 12$; I = índice de calor da região, calculado com valores normais e a = coeficiente empírico, calculado em função do índice de calor.

O índice de calor e o coeficiente empírico da equação 1 foram obtidos pelas equações 2 e 3, respectivamente.

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2 \cdot T_i)^{1,514} \quad T_i > 0^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,7110 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,439239 \quad (3)$$

A evapotranspiração potencial corrigida para cada mês foi obtida pela equação:

$$ETP = ETP_p \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{ND}{30} \quad (4)$$

onde ETP = evapotranspiração potencial mensal (mm/mês); N = fotoperíodo médio mensal (h) e ND = número de dias do mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações anuais ocorridas no período de 1981 a 2000 refletem a acentuada amplitude de variação de chuvas que ocorre entre os núcleos de produção e entre os anos dentro do mesmo núcleo (Figura 1), como no caso do Junco, onde foi registrada uma redução em torno de 980 mm de chuva do ano

de 1985 para 1986. Essa instabilidade concorre para o comprometimento da produção na lavoura. Vulnerável às variações climáticas, a produtividade oscila entre uma safra e outra, impossibilitando uma regularidade da produção.

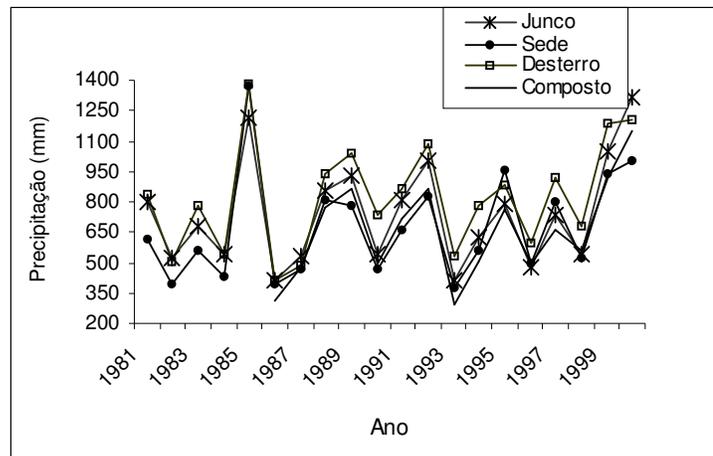


Figura 1. Precipitação anual do período de 1981 a 2000 nos quatro principais núcleos produtivos da AGRIBAHIA S/A.

A precipitação média mensal da série histórica de 20 anos (1981-2000) nos quatro núcleos produtivos da fazenda é mostrada na Figura 2. Verificou-se que para a mesma área de produção, a precipitação difere em termos quantitativos de um núcleo para outro, com elevada amplitude de variação. O mês de julho apresentou uma das maiores variações, quando foi registrada uma diferença média de 33 mm entre os núcleos Desterro e Composto. Foi encontrado no núcleo Desterro valores médios de precipitação superiores aos outros núcleos durante todo o ano, à exceção do mês de dezembro. As menores precipitações médias foram registradas no núcleo Composto na maior parte dos meses sendo, portanto, susceptível às maiores deficiências hídricas anuais. Em média, as maiores precipitações ocorreram nos meses de novembro e dezembro, contrastando com os meses de setembro e outubro, quando foram registrados os menores valores médios do total da chuva.

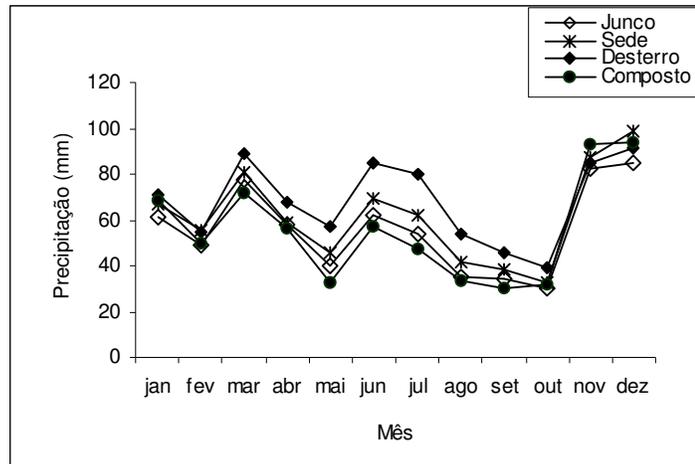


Figura 2. Precipitação média mensal do período de 1981 a 2000 nos quatro principais núcleos produtivos da AGRIBAHIA S/A.

De maneira geral, a precipitação mensal descreveu uma linha de distribuição semelhante para todas as áreas, tendo seus picos nos meses de janeiro, março, junho, novembro e dezembro, registrando um decréscimo a partir do mês de agosto e prolongando-se até outubro.

A distribuição da chuva ao longo do ciclo da cultura do café interfere no seu desenvolvimento, já que em determinadas fases, o déficit hídrico pode inviabilizar a produção. O decréscimo verificado a partir do mês de agosto, prejudica a florada e o crescimento dos frutos, comprometendo o rendimento final. A extensão dos danos depende da magnitude do déficit que varia de acordo com as condições climáticas. Essa tendência de diminuição da precipitação reforça a importância do uso da irrigação complementar como forma de minimizar possíveis perdas ocasionadas por precipitações insuficientes.

O balanço hídrico obtido para o núcleo Sede apresentou déficit hídrico durante todo o ano (Figura 3). Em média, ocorreu um déficit total de 184,2 mm, sem registro de excedentes; o que compromete o desempenho produtivo do cafeeiro, que segundo Camargo (1985) citado por Assad et al. (2001), suporta até 150 mm/ano de déficit hídrico.

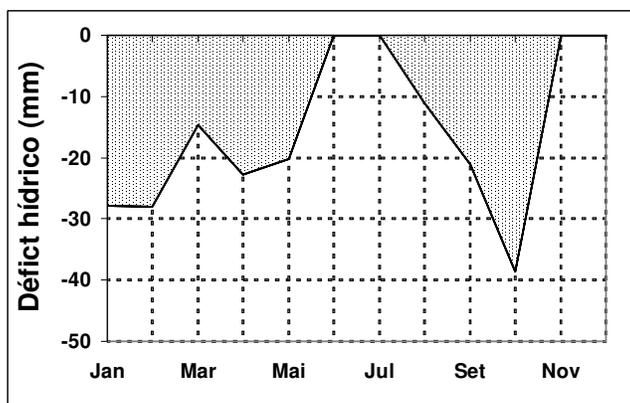


Figura 3. Balanço hídrico médio mensal do núcleo produtivo Sede, referente ao período de 1981 a 2000.

Os maiores déficits ocorreram em janeiro, fevereiro e outubro, com destaque para outubro, que apresentou 38,6 mm de déficit médio acumulado. Os danos causados pelo déficit foram agravados em função de terem ocorrido nos meses inseridos no período crítico em relação à demanda de água para a cultura. Nos meses de janeiro e fevereiro, para a região de Brejões, ocorre a fase de granação, e outubro está inserido no período de florada e expansão dos frutos, ambas as fases necessitam de água disponível no solo para o pleno desenvolvimento da cultura (Meireles et al., 2003; Picini et al., 1999).

O balanço hídrico obtido para o núcleo Junco (Figura 4) assemelha-se ao balanço da Sede por não apresentar excedente hídrico ao longo do ano, indicando a necessidade de complementação de água via irrigação para ambos os núcleos. O déficit acumulado foi de 253,7 mm, sendo os meses de janeiro, fevereiro e outubro, os que apresentaram déficits mais elevados, comprometendo as fases de florada e granação dos frutos.

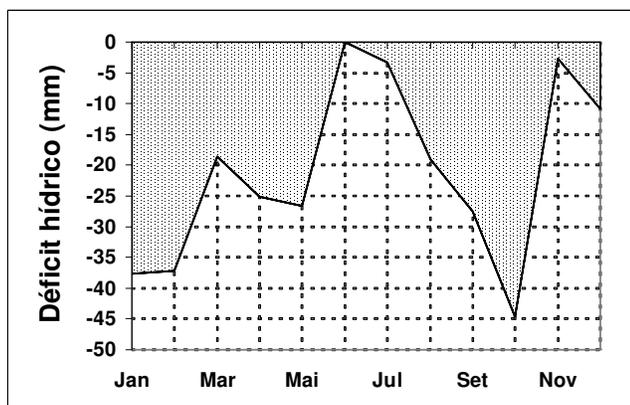


Figura 4. Balanço hídrico médio mensal do núcleo produtivo Junco, referente ao período de 1981 a 2000.

período de 1981 a 2000.

A mesma condição de déficit hídrico durante todo o ano foi verificada no balanço hídrico médio do núcleo Desterro (Figura 5). Entretanto, comparando-se com os outros núcleos avaliados, este apresentou o menor déficit hídrico anual (103,4 mm); sendo o maior déficit mensal registrado de 24,2 mm, ocorrido no mês de fevereiro.

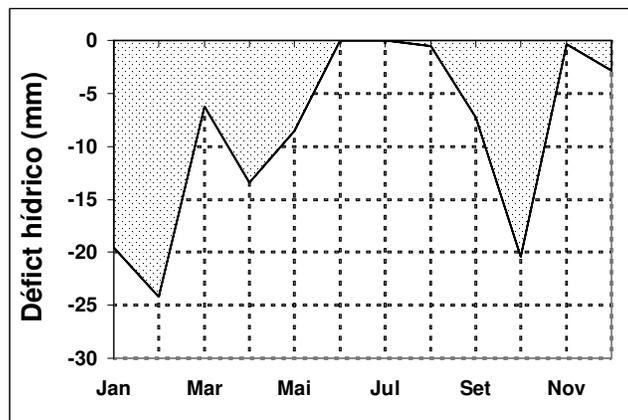


Figura 5. Balanço hídrico médio mensal do núcleo produtivo Desterro, referente ao período de 1981 a 2000.

Foi registrado no núcleo Composto, uma precipitação média anual em torno de 657 mm, a menor entre os núcleos. O maior déficit hídrico acumulado (258,8 mm) dentre os núcleos avaliados, foi registrado no Composto (Figura 6). Durante grande parte dos meses, os déficits hídricos foram superiores a 20 mm, sendo apenas os meses de junho e novembro os que não apresentaram déficit, não havendo entretanto, registro de excedente hídrico. Nos meses iniciais do período reprodutivo, de agosto a dezembro, o núcleo apresentou um déficit acumulado de 101,3 mm, o que certamente compromete a produtividade do café nessa área.

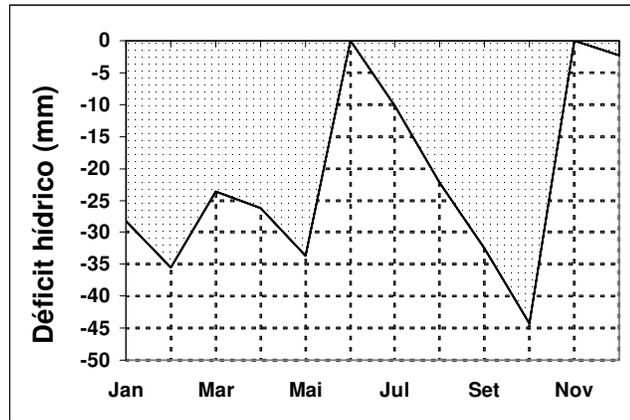


Figura 6. Balanço hídrico médio mensal do núcleo produtivo Composto, referente ao período de 1981 a 2000.

Avaliando-se a produtividade média anual obtida de 1981 a 2000, observou-se que existem diferenças quantitativas de um núcleo para outro, entretanto, as áreas apresentaram tendências semelhantes de oscilação de produção (Figura 7). O ciclo bienal, que é um comportamento próprio à cultura do café, onde ocorre melhor produção num ano e baixa produção no ano seguinte, não foi observado com regularidade.

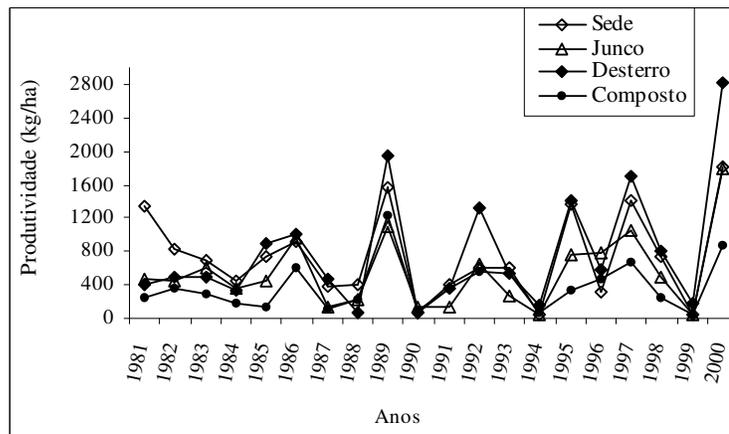


Figura 7. Produtividade média do cafeeiro no período de 1981 a 2000 nos quatro principais núcleos produtivos da AGRIBAHIA S/A.

Os anos mais produtivos para todos os núcleos foram 1989, 1997 e 2000, sendo a máxima produtividade obtida de 2832 kg/ha no núcleo Desterro para o

ano de 2000. Os anos de 1990 e 1999 apresentaram quedas acentuadas de produtividade, quando nenhum núcleo produziu acima de 180 kg/ha.

Para a maioria dos anos avaliados, o núcleo Desterro se mostrou o mais produtivo, apresentando uma média de produtividade em torno de 804 kg/ha (Figura 8), vindo em seguida a Sede (738 kg/ha), o Junco (576 kg/ha) e o Composto, que em média, foi o núcleo menos produtivo, com 384 kg/ha. Essa ordem de produtividade foi semelhante à ordem de precipitações, sendo o Desterro e o Composto os núcleos com maiores e menores precipitações anuais (820,2 mm e 657,6 mm), respectivamente.

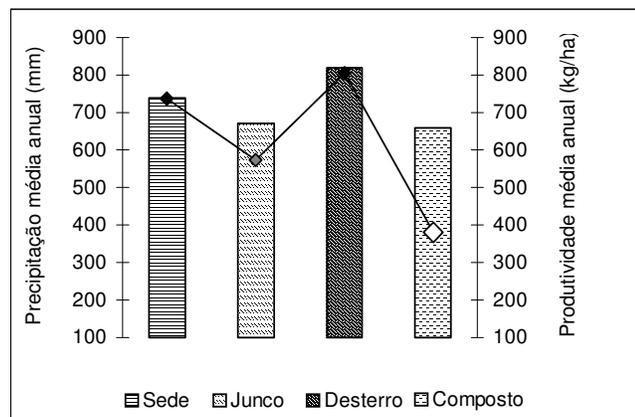


Figura 8. Precipitação e produtividade média do cafeeiro no período de 1981 a 2000 nos quatro principais núcleos produtivos da AGRIBAHIA S/A.

Os anos mais produtivos no núcleo Desterro foram 1989, 1997 e 2000. A avaliação da distribuição de chuvas ocorridas nesses anos foi feita a partir do início da florada e expansão dos frutos, que normalmente ocorre na região por volta do mês de agosto do ano anterior à colheita. Verifica-se na Figura 9 que para todos os anos ocorreu distribuição regular de chuvas nessa fase, que se estende de agosto a dezembro, quando o café necessita de uma maior demanda de água no solo.

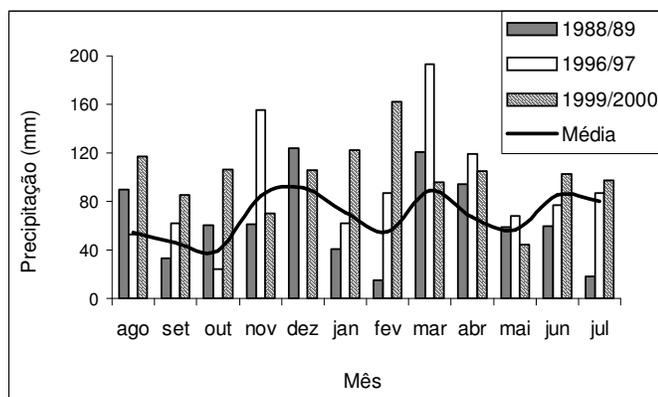


Figura 9. Precipitação correspondente aos melhores anos de produção do núcleo Desterro.

No ano de 1996, ocorreu uma redução brusca da precipitação no mês de dezembro, mas que provavelmente não comprometeu a produtividade em função dos 123,5 mm de precipitação ocorrida no mês anterior e da continuidade das chuvas no início do ano seguinte. A fase de granação dos frutos, que ocorre de janeiro a março, é também uma fase de maior demanda hídrica. Nesses meses, a precipitação foi superior a 40 mm em todos os anos, à exceção do mês de fevereiro de 1989. As chuvas de março e abril do mesmo ano provavelmente contribuíram para a manutenção da umidade do solo, reduzindo a possibilidade de uma eventual queda na produção.

Comparando-se as médias mensais dos anos em questão com a média histórica, observou-se que para a maioria dos anos avaliados as precipitações mensais estiveram acima da média histórica do núcleo. É importante salientar que nem sempre uma precipitação elevada é benéfica à cultura; seriam necessários dados de intensidade de chuvas e sua distribuição ao longo do mês, para que se confirmassem os possíveis benefícios trazidos pela precipitação. A maior produtividade obtida no Desterro ocorreu no ano de 2000, quando se produziu em média de 2832 kg/ha. Para esse ano agrícola, o solo apresentou déficit hídrico apenas nos meses de maio e novembro, sendo déficits inferiores a 3,0 mm (Figura 10).

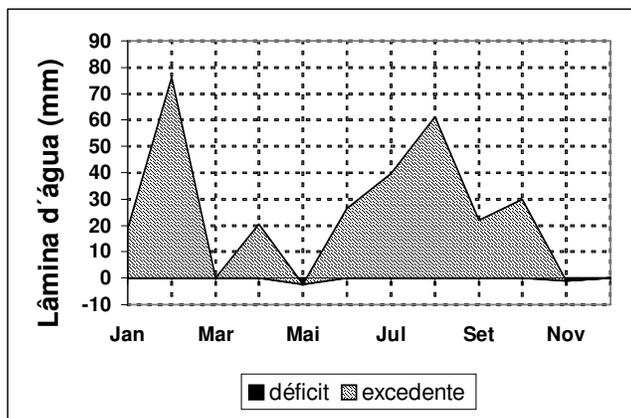


Figura 10. Balanço hídrico mensal do núcleo produtivo Desterro, referente ao ano 2000.

Deve-se observar que o balanço hídrico verificado para o ano de 2000 no Desterro foi proveniente de um ano atípico, em relação à ocorrência de chuvas, e se diferencia do balanço hídrico médio obtido ao longo de vinte anos (Figura 5), que apresentou déficit hídrico em todos os meses, agravando-se em janeiro, março e outubro.

As menores produtividades registradas no núcleo Desterro ocorreram nos anos de 1990, 1994 e 1999. Embora as produtividades tenham sido baixas, não foram registrados períodos de secas ou veranicos, e as precipitações anuais totais estiveram dentro do que é recomendado para a cultura (Figura 11).

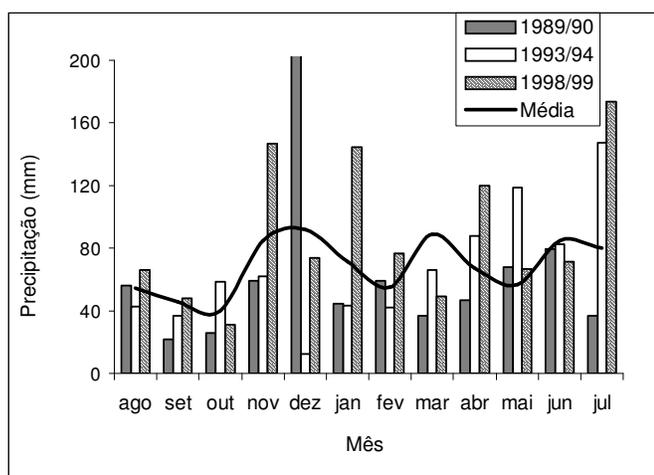


Figura 11. Precipitação correspondente aos anos de menor produção no núcleo Desterro.

A queda na produção pode ter sido ocasionada em função do momento em que ocorreram as chuvas. A precipitação foi baixa nos meses de setembro e outubro, início da floração e expansão dos frutos e maior a partir de abril, que corresponde ao período de maturação e colheita dos frutos. As chuvas nesse período foram superiores a media histórica para quase todos os anos. Arruda et al. (2000) encontraram correlação negativa entre precipitação e produtividade para essas mesmas fases do cafeeiro, indicando que o aumento de excedentes hídricos nesta fase pode ser prejudicial à cultura. Picini et al. (1999) avaliando a relação entre coeficientes de produção e a fenologia do cafeeiro obteve resultados que apontam para a necessidade de períodos mais secos durante a fase de maturação para que não haja comprometimento da cultura. Outro fato relevante é a própria bienalidade da produção inerente ao cafeeiro, que tende a alternar a produção de um ano mais produtivo seguido de outro com menor produção. Os anos menos produtivos coincidiram com o esperado em função do ciclo bienal, à exceção do ano de 1998/99, que deveria ser ano de alta produção. Há possibilidades de que outros fatores determinantes da produtividade como temperatura e adubações tenham contribuído para essa ocorrência.

O núcleo Composto apresentou de maneira geral, as menores produtividades. Para os anos mais produtivos, a precipitação apresentou uma melhor distribuição (Figura 12), superando a média histórica e proporcionando ao solo umidade suficiente para manter a produção nas fases críticas de demanda hídrica.

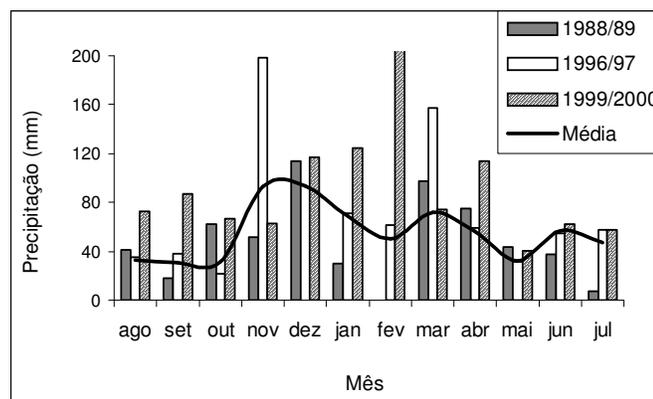


Figura 12. Precipitação correspondente aos anos de maior produção no núcleo Composto.

Os anos de 1989/90, 1993/94 e 1998/99 que apresentaram as menores produtividades no núcleo Composto, também apresentaram grande variabilidade na distribuição mensal das chuvas, com menores precipitações nos meses em que não deveriam ocorrer déficits hídricos, principalmente de setembro a outubro, quando a máxima precipitação registrada foi de 43 mm para o ano de 1999 (Figura 13). A precipitação insuficiente na fase de floração e expansão, provavelmente comprometeu a produção final. Nos anos de 1993/94 de agosto a março, as chuvas foram inferiores às comumente registradas no período de acordo com a média histórica; nesse ano, a produtividade esteve em torno de 72 kg/ha, bem abaixo da média histórica (384 kg/ha). Tosello e Arruda (1962) ressaltaram a importância da ocorrência de precipitações nas quantidades exigidas pela cultura no período de florescimento sob pena de redução na produtividade.

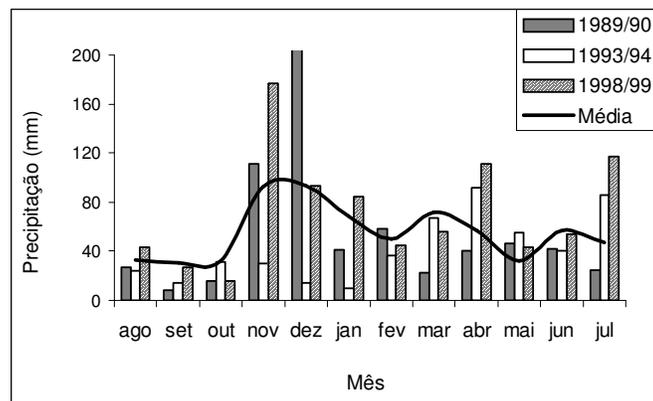


Figura 13. Precipitação correspondente aos anos de menor produção no núcleo Composto.

Para todos os núcleos avaliados, as menores produtividades ocorreram nos anos em que a precipitação apresentou maior irregularidade na distribuição. Ao longo do ano agrícola em todos os núcleos, ocorreu déficit de água no solo, sendo necessário um manejo de solo e água, que possa reduzir os danos causados pelo déficit hídrico e assegurar uma produção mais estável.

CONCLUSÕES

1. Existe grande variabilidade na distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica entre os núcleos produtivos avaliados. Essa amplitude de variação contribuiu para as diferenças de produtividade verificada entre as áreas.

2. Todos os núcleos avaliados para o período de 1981 a 2000, apresentaram déficit hídrico ao longo dos meses, indicando a necessidade de complementação de água via irrigação.

3. O núcleo mais produtivo foi o que apresentou a melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo e em quantidades recomendadas. As menores produtividades foram encontradas no núcleo com menor precipitação pluviométrica total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, F.B. et al. Estudo da influência do clima e do consumo hídrico na produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em Pindorama, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos**. Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 782-785.

ASSAD, E. D. et al. Zoneamento agroclimático para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p. 510-518, 2001.

CAMARGO, A. P. **Necessidades hídricas do cafeeiro**. III Curso Prático Internacional de Agrometeorologia. 1989. 22p.

FAVARIN, J.L. et al. Estimativa do consumo hídrico do cafeeiro em função dos parâmetros climatológicos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.235-240, 2001.

MEIRELES, E.J.L. et al. **Boletim agrometeorológico do café**. Brasília: Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café, 2003. 34p.

PEREIRA, F. A. de C. et al. Distribuição e frequência de chuvas críticas para subsidiar o dimensionamento de projetos de drenagem em Cruz das Almas – BA. In: XII CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA. Fortaleza, **Anais...**2001. p. 445-446.

KÜPPER, A. Fatores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: Malavolta, E. et al. **Nutrição e adubação do cafeeiro**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 224p.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Balanço Hídrico do Estado da Bahia. Salvador, 1999. 250 p. (Série Estudos e Pesquisas, 45).

PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, 58 (1); 157-170, 1999.

OLIVEIRA, F. J. de. **Cultura do cafeeiro**. Recife: Imprensas Universitárias da UFRPE, 1998. 151p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J., **Drexel Institute of Technology**, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v.8, n.1).

TOSELLO, R. N. ARRUDA, H. V. de. Correlação entre estimativas oficiais de produção de café e precipitação pluviométrica, no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.27, p.449-464, abr. 1962.

SENTELHAS, P. C. et al. **Balanços hídricos climatológicos do Brasil**. Piracicaba-SP. ESALQ/USP, 1999. 1 CD.

CAPÍTULO 2

**DISTRIBUIÇÃO DE SAIS EM SOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA
NA CULTURA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)**

DISTRIBUIÇÃO DE SAIS EM SOLO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA NA CULTURA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição dos sais no perfil do solo cultivado com café (*Coffea arabica* L.), variedade Catuaí, idade média de vinte anos e irrigado com água salino-sódica. O experimento foi conduzido na Fazenda Lagoa do Morro, município de Brejões, Bahia. Utilizou-se o sistema de irrigação localizada, com emissores de 2,5 L.h⁻¹. O experimento foi em blocos casualizados, com seis repetições; e seis lâminas de irrigação (0, 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; e 4,0 mm) aplicadas a cada dois dias. Os seguintes parâmetros de solo foram avaliados da superfície até 80 cm de profundidade, com incrementos de 20 cm: pH, condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), percentagem de sódio trocável (PST) e razão de adsorção de sódio (RAS). Todos os parâmetros demonstraram tendência de aumento ao longo do tempo em todos os tratamentos. Em média os valores mais elevados de CEes foram encontrados no tratamento de 3,0 mm, sendo 5,8 dS.m⁻¹, o máximo valor obtido na profundidade de 20-40 cm. Antes do início da irrigação, o solo foi classificado como normal (CEe ≤ 0,27 e PST ≤ 1,2%). A PST aumentou em todos os tratamentos, com valores médios superiores a 30% passando à classificação de solo sódico. O pH do solo apresentou tendência de aumento, variando de 5,5 para 6,9 em média, para todos os tratamentos. Os resultados sugerem que o uso da água salino-sódica para irrigação do café poderá ser feita em conjunto com outras práticas que minimizem os efeitos negativos na cultura e no solo.

Palavras-chave: café, salinidade, solo

DISTRIBUTION OF SALTS IN IRRIGATED SOIL WITH SALINE-SODIC WATER IN THE CULTURE OF THE COFFEE (*Coffea arabica* L.)

Abstract: The objective of the present work was to evaluate the distribution of salts in the profile of a soil planted with twenty-year old coffee plants (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, and irrigated with saline-sodic water. The experiment was conducted in the Fazenda Lagoa do Morro, town of Brejões, State of Bahia. A surface drip irrigation system with 2.5 Lh⁻¹ emitters was used to irrigate the area. The experiment followed a randomized complete block design where six irrigation depths (0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, and 4.0 mm), replicated six times, were applied each two days. The following soil parameters were evaluated from surface to 80 cm depth at 20 cm increments: pH, electrical conductivity of soil paste (CEes), exchangeable sodium ratio (PST) and the sodium adsorption ratio (RAS). All the parameters showed a tendency of increasing over time in all treatments. On average, the highest CEes levels were found in the 3,0 mm treatment, for which 5,8 dS m⁻¹ at the 20-40 cm layer was the maximum value obtained. Before starting the irrigation season, the soil was classified as normal (CEes ≤ 0,27 and PST ≤ 1,2%). The PST in all treatments increased over the season to values higher than 30%, allowing to classify the soil as sodic. The soil pH increased slowly over the season from an average of 5,5 to 6,9 for all treatments. The results suggest that the use of saline-sodic water for coffee irrigation should be made together with other practices able of minimizing the negative effects on the crop.

Key words: coffee, salinity, soil

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento da área cultivada de café no Brasil tem sido a adoção da irrigação no sistema de plantio do café, que tradicionalmente é uma cultura de sequeiro. A prática da irrigação além de aumentar a produtividade, permite atender à cultura no período de maior demanda hídrica e menor disponibilidade de água.

O Estado da Bahia destaca-se como o quarto produtor nacional, tendo apresentado um aumento significativo da área plantada nos últimos anos. O Estado encontra-se dividido em três áreas zoneadas para café: Cerrado (região Oeste), Planalto (Brejões, Chapada e Vitória da Conquista) e Atlântico (região Sul). Embora tenha se verificado uma expansão da área

cultivada, a produtividade média do Estado ainda é baixa, visto que somente 11% da área total é irrigada.

A sub-região de Brejões, situada no Planalto da Bahia, é uma das mais aptas ao cultivo, possuindo 22 mil ha, sendo apenas 1100 ha irrigados de maneira suplementar. O grande problema dessa região é a distribuição irregular das chuvas. O balanço hídrico não apresenta excesso de água, com déficit hídrico durante todo o ano. As fases em que a cultura mais necessita de água (fase vegetativa e reprodutiva), coincidem com os meses de maiores déficits hídricos. Nessas condições, o uso da irrigação poderia solucionar o problema e trazer benefícios como garantia de produção, redução das perdas por déficit hídrico, possibilidade de expansão de áreas plantadas e a manutenção da própria atividade agrícola.

A principal limitação à utilização da irrigação como prática na condução das lavouras cafeeiras na região de Brejões, é a qualidade da água disponível, que possui elevados teores de sais. Rhoades et al. (2000) afirmam que águas de salinidade mais elevadas que aquelas costumeiramente classificadas como “adequadas para irrigação” podem, de fato, ser usadas para a produção de determinadas culturas, sob condições adequadas.

Alguns trabalhos têm sido realizados usando-se águas com diferentes teores de sais para irrigação do cafeeiro. Karasawa et al. (2000) utilizaram água com diferentes níveis de salinidade para produção de mudas de café, que não se desenvolveram em concentrações salinas a partir de $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$.

Em cafeeiros adultos, a tolerância aos sais parece ser maior. Matiello et al. (2000) concluíram que existe a possibilidade de obtenção de boa produtividade utilizando água salina para irrigação, principalmente no caso de cafeeiros adultos, que resistem às concentrações salinas mais elevadas, de até $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$. A recomendação é que se adote a irrigação complementar nas épocas de maior demanda em quantidades controladas.

Altas concentrações de sais na solução do solo podem causar danos tanto ao próprio solo quanto às plantas. Segundo Pizarro (1978), o aumento da concentração salina causa um incremento no potencial osmótico, tornando-o bastante negativo. Nesta condição, as plantas têm maior dificuldade em utilizarem a água presente no solo. O mesmo autor afirma que as maiores modificações provocadas pela salinidade no solo estão relacionadas às características físicas, principalmente a estrutura do solo. Quando o conteúdo do sódio adsorvido aumenta, as forças de atração entre os colóides diminuem significativamente, provocando a repulsão entre as partículas coloidais, o que leva a dispersão do solo com a conseqüente perda de sua estrutura, provocando a redução da porosidade e diminuição da permeabilidade.

Ayers & Westcot (1991) relatam que a salinidade reduz a disponibilidade da água de forma similar para todos os tipos de plantas; no entanto, nem todas as culturas são igualmente

afetadas pelo mesmo nível de salinidade. Algumas culturas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com maior facilidade. Segundo os autores, a concentração salina na zona radicular tende a aumentar, na medida em que os sais adicionados via água de irrigação permanecem acumulados na solução do solo, enquanto o volume de água é cada vez menor em função da evapotranspiração das culturas. Estes sais podem chegar a reduzir os rendimentos, quando alcançam concentrações prejudiciais para as plantas.

Os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes à produção agrícola, principalmente devido ao aumento da pressão osmótica do solo e à toxidez resultante da concentração salina de íons específicos (Cordeiro, 2003). Não se deve esperar que o solo mude sua aparência ou que as plantas demonstrem problemas relacionados com o excesso de sais para começar a se preocupar com a salinização, mas sim, monitorar continuamente o solo mediante o controle da ascensão do lençol freático e realizar análises químicas periódicas do extrato de saturação do solo, a fim de evitar o aumento da salinidade. Os sintomas, tanto nas plantas como no solo somente aparecerão quando o problema estiver bastante acentuado, e neste caso o custo da recuperação torna-se muito elevado (Bernardo, 1995).

O uso da irrigação na região de Brejões solucionaria os problemas de escassez e variabilidade de chuvas, tornando a atividade agrícola sustentável, garantindo a permanência de todos os benefícios gerados pela cafeicultura. Informações sobre a viabilidade do uso de águas com elevados teores de sais para irrigação da cultura do café são escassas, sendo indispensável a realização de estudos específicos para a região, com resultados consistentes, visando avaliar a possibilidade do uso dessas águas para a irrigação em lavouras cafeeiras.

O efeito da adição de sais no solo através da água de irrigação é acumulativo. Para a confirmação da possibilidade do uso da água salino-sódica na irrigação do cafeeiro é necessário um acompanhamento e um monitoramento das mudanças que possam vir a ocorrer nas características do solo e da planta. Estudos preliminares apontam a possibilidade do uso dessa água em condições especiais de manejo para o cafeeiro adulto, promovendo incremento na produtividade (Silveira, 2002).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição dos sais no perfil do solo irrigado com água salino-sódica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido na Fazenda Lagoa do Morro – Grupo Agribahia S/A, localizada no município de Brejões – Ba, a 787 m de altitude, 13°07'60" de latitude Sul e 39°55'12" de longitude Oeste. O experimento foi conduzido durante o período de agosto de 2001 a dezembro de 2002. A região é classificada, segundo Thornthwaite, como sendo de clima úmido-subúmido, com pouca variação de temperatura. A precipitação média anual situa-se em torno de 680 mm, com temperatura média de 23°C e 77% de umidade relativa média do ar.

De acordo com Silveira (2002), o solo predominante na área experimental classifica-se como Latossolo vermelho amarelo, Eutrófico, desenvolvido sobre rochas sedimentares, profundos e horizontes subsuperficiais coesos sem apresentar, entretanto, camadas compactadas. O solo apresenta textura que varia de argila arenosa a muito argilosa, nas profundidades de 0 – 0,2 m e 0,6 – 0,8 m, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental.

Análises Físicas	Profundidades (m)			
	(0,0-0,2)	(0,2-0,4)	(0,4-0,6)	(0,6-0,8)
	Granulometria (%)			
Areia Muito Grossa	1,5	2,5	1,4	1,2
Areia Grossa	14,3	8,9	8,3	7,6
<i>Areia Média</i>	15,8	8,4	6,1	7,0
Areia Fina	18,9	15,8	11,5	11,1
Areia Muito Fina	3,2	3,4	3,5	3,3
Areia Total	53,7	39,0	30,9	30,2
Silte	8,4	7,3	7,9	9,1
Argila	37,9	53,7	61,2	60,7
Classificação Textural	Argila Arenosa	Argila	Muito Argilosa	Muito Argilosa

A água usada para irrigação advém de uma barragem, localizada no núcleo agrícola do junco e foi classificada segundo Silveira (2002) como C4-S3, caracterizando-se como água de alta salinidade e concentração de sódio muito elevada.

A área experimental localiza-se no núcleo agrícola Junco, possuindo 2268 m² de área plantada com a cultivar de café Catuaí da espécie arábica (*Coffea arabica* L.), no espaçamento de 3,5 m x 1,5 m e idade média de vinte anos. Utilizou-se o sistema de irrigação localizada por gotejamento superficial, com gotejadores autocompensados, espaçados de 0,5 m e vazão média de 2,5 L.h⁻¹.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 parcelas, com 12 plantas por parcela num stand total de 432 plantas. Diferentes lâminas de irrigação compuseram os tratamentos utilizados: T1 - 2,0 mm; T2 - 2,5 mm; T3 - 3,0 mm; T4 - 3,5 mm; T5 - 4,0 mm e a testemunha T6 - 0,0 mm. Os valores estimados para essas lâminas foram baseados na evapotranspiração potencial (ETp) média de 5,0 mm.dia⁻¹, a partir da equação proposta por Thorntwaite, utilizando dados de temperatura média mensal disponível na propriedade. O turno de rega adotado foi de 2 dias.

Foram realizadas análises bimestrais do solo nas profundidades de 0 - 0,2 m; 0,2 - 0,4 m; 0,4 - 0,6 m e 0,6 - 0,8 m. A coleta das amostras seguiu a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Para indicação e avaliação da salinidade foram determinados: o pH, a condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), a percentagem de sódio trocável (PST) e a razão de adsorção de sódio (RAS).

Com base nos valores obtidos de CEes classificou-se o solo de acordo com Richards (1980).

Em função dos valores encontrados do percentual do sódio em relação aos cátions adsorvidos (PST), cada camada de solo analisada foi classificada baseando-se em Pizarro (1978). Para a obtenção dos valores referentes a PST utilizou-se a fórmula descrita a seguir:

$$PST = \frac{Na^+}{(Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+ + H^+ + AL^{+++})} \cdot 100 \quad (1)$$

O risco de sodificação provocado pela água de irrigação foi avaliado pela razão de adsorção do sódio (RAS), determinada pela fórmula seguinte:

$$RAS = \frac{Na^+}{\left(\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2} \right)^{1/2}} \quad (2)$$

A qualidade da água de irrigação foi avaliada no segundo semestre de 2001, no início da pesquisa, e no segundo semestre de 2002, final do período estudado. Foram analisadas as seguintes características físico-químicas: condutividade elétrica (CEa), razão de adsorção de sódio (RAS), pH, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, SO₄⁻, CO₃⁻, HCO₃⁻ e B. Procedeu-se a coleta de acordo com Amorim & Holanda (1997), que recomendam a utilização de recipientes apropriados e fechados hermeticamente, tendo sido enviadas ao laboratório dentro do prazo recomendado de 72 horas. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes, Solo e Monitoramento Ambiental LTDA, em Cruz das Almas - Ba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a água usada para irrigação observou-se que de uma maneira geral não ocorreram grandes mudanças nas suas características físico-químicas ao longo do período (Tabela 2). O pH praticamente não variou, ficando entre 6,5 e 6,6; segundo Ayers & Westcot (1991) está dentro da faixa considerada normal para água de irrigação, situada entre 6,5 e 8,4.

Tabela 2. Análise das características químicas da água usada para irrigação no início e no final do experimento.

Característica	Período de avaliação	
	2001.2	2002.2
pH	6,5	6,6
CE (dS.m ⁻¹)	3,7	4,1
Dureza total (mg.L ⁻¹)	240	430
Dureza (Ca+Mg) (meq.L ⁻¹)	1,6	3,8
Calcio (meq.L ⁻¹)	0,4	4,7
Magnésio (meq.L ⁻¹)	3,2	2,4
Cloreto (meq.L ⁻¹)	32,4	27,3
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	50	200
Bicarbonato (meq.L ⁻¹)	1,0	4,0
Sódio (meq.L ⁻¹)	20,0	6,7
RAS	13,0	4,8
Classificação	C4S3	C4S2

A CEa variou de 3,7 dS.m⁻¹ a 4,1 dS.m⁻¹; para Rhoades (2000) águas com concentrações variando de 2,0 dS.m⁻¹ a 10,0 dS.m⁻¹ são consideradas moderadamente salinas. Entretanto, outros autores como Bernardo (1995), Stipp et al., citado por Miranda (2001), e Ayers & Westcot (1991), consideram níveis de

concentração salina superiores a $3,0 \text{ dS.m}^{-1}$ como elevados, requerendo cuidados especiais de manejo para o uso dessas águas. Segundo a classificação do U.S. Salinity Laboratory Staff (citado por Bernardo, 1995) águas C4S3 e C4S2 oferecem perigo muito alto de salinização e perigos alto e médio de sodificação, respectivamente. Para Ayers & Westcot (1991), o problema mais comum relacionado com águas salinas e sódicas é a redução da velocidade de infiltração de água no solo, que ocorre devido à interação existente entre baixos valores de CEa e valores elevados de RAS. Esse efeito não foi verificado na unidade experimental. De acordo com Rhoades (1977) e Oster & Schorner (1979) citados por Ayers & Westcot (1991), os valores encontrados indicam que a água usada para irrigação oferece poucos riscos à permeabilidade do solo. No final do período estudado houve uma acentuada redução no valor da RAS, provocada por um período de chuvas que antecedeu à coleta, ocasionando a redução da concentração do sódio na água de irrigação.

Os resultados encontrados para as características físico-químicas referentes à testemunha (Tabela 3) indicaram que o solo possui salinidade muito baixa. Os valores encontrados ao longo do perfil do solo para condutividade elétrica foram relativamente pequenos, situando-se entre $0,17 \text{ dS.m}^{-1}$ e $0,27 \text{ dS.m}^{-1}$, não atingindo concentrações prejudiciais ao solo. A percentagem de sódio trocável obtida também não oferece riscos ao solo, sendo este, classificado como não-sódico. Todos os valores encontrados de pH estão dentro dos limites normais para solos minerais, de acordo com Brady (1989), variando de 4,6 a 6,7. De maneira geral, o solo não apresenta nenhuma limitação quanto a salinidade ou sodicidade.

Tabela 3. Variáveis físico – químicas obtidas no extrato de saturação referentes à testemunha.

Período	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m^{-1})	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmol.dm^{-3})
2001	00-20	6,7	0,17	SMB	0,77	NS	0,15
	20-40	5,6	0,25	SMB	1,00	NS	0,17
	40-60	5,0	0,22	SMB	1,20	NS	0,13
	60-80	4,6	0,27	SMB	1,13	NS	0,15

SMB – salinidade muito baixa; NS – não sódico

No tratamento irrigado T1, com lâmina de irrigação de 2mm aplicada a cada dois dias, as variáveis físico-químicas do solo apresentaram modificações em relação à testemunha. Os valores médios de pH variaram de 4,98 e 7,07, não sendo verificadas mudanças extremas de um período para outro (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira (2002) e explicados pelos

elevados teores de argila encontrados nesse solo e uma razoável quantidade de matéria orgânica, que conferem a característica de poder tampão, impedindo as mudanças bruscas no pH.

Tabela 4. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 1 (lâmina de 2 mm).

Período	LIA (mm)	PA (mm)	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	CL	PST (%)	CL	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2	364	349	00-20	6,33	3,2	SL	40,82	ES	5,80
			20-40	5,48	2,3	SL	32,34	ES	3,23
			40-60	5,05	2,3	SL	31,14	ES	3,18
			60-80	4,98	2,0	SMB	37,35	ES	4,19
2002.1	432	785	00-20	7,07	2,2	SL	34,23	ES	3,39
			20-40	6,60	2,5	SL	15,61	MS	1,35
			40-60	5,80	2,9	SL	28,39	FS	3,00
			60-80	5,50	2,8	SL	21,36	FS	2,26
2002.2	496	1069	00-20	6,77	0,8	SMB	27,89	FS	1,74
			20-40	5,50	1,6	SMB	50,32	ES	4,50
			40-60	5,96	2,0	SMB	44,71	ES	4,11
			60-80	5,36	1,9	SMB	51,61	ES	4,73

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; CL – classificação; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - solo muito sódico; FS – solo fortemente sódico; ES – solo excessivamente sódico.

Todos os valores encontrados para a CEes do solo no tratamento 1 (Tabela 4) foram superiores à testemunha (Tabela 3). A lâmina d'água aplicada promoveu um incremento na concentração salina, visto que o maior valor encontrado para a testemunha ficou em torno de 0,27 dS.m⁻¹ enquanto que no tratamento irrigado esse valor aumentou para 3,2 dS.m⁻¹.

Os valores de pH ao longo do perfil do solo obtidos inicialmente para o tratamento 1, elevaram-se a partir do primeiro semestre de 2002, tendendo para valores mais próximos de 7,0 (Figura 1); para todo o período de avaliação o solo apresentou menor acidez nas primeiras camadas, onde foram encontrados os maiores valores de pH; menores valores de pH foram observados nas camadas inferiores, por tanto, mais ácidas. Para Tomé Jr. (1997) em condições naturais, o pH aumenta na medida em que se aprofunda o solo, podendo-se esperar que o valor de pH aumente nas camadas mais baixas em comparação com as camadas de cima. O comportamento diferenciado do pH encontrado nas análises pode ser atribuído à presença de elevadas concentrações de cálcio nas primeiras camadas do solo, visto que esse efeito é observado em todos os tratamentos estudados. De acordo com Brady (1989); Meurer (2000), quando o hidrogênio e o alumínio adsorvidos no complexo coloidal são substituídos por cátions como o cálcio, a

concentração de íons de hidrogênio na solução do solo diminui, ocorrendo simultaneamente o aumento dos íons de hidroxila, refletindo assim valores mais elevados de pH.

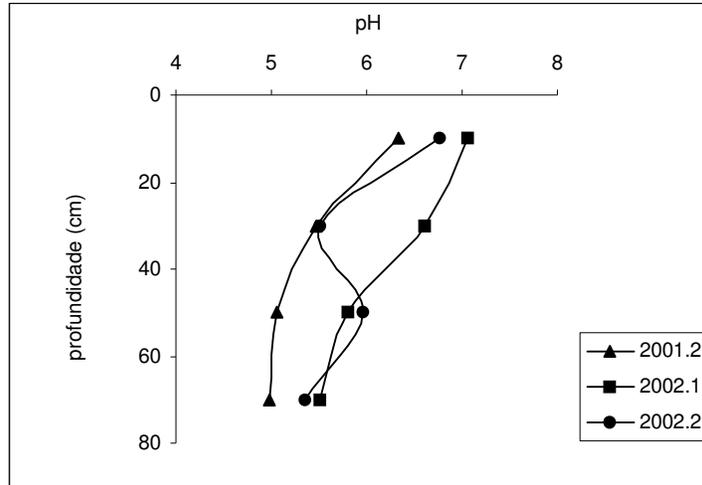


Figura 1. Variação de pH no perfil do solo ao longo dos períodos estudados, para o tratamento T1.

Nos semestres iniciais de 2001.2 e 2002.1, o solo apresentou uma salinidade ligeira, com valores de CEes acima de $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$ (Figura 2); no primeiro semestre do ano de 2002, foi verificado, com exceção da camada superior, maiores valores de CEes, que devem ter sido provocados pela maior lâmina de irrigação acumulada aplicada nesse período, de 432 mm, aliado à elevação de sais provocada por uma adubação realizada; a salinidade foi reduzida no segundo semestre de 2002, quando o solo passou a apresentar uma salinidade muito baixa, variando de $0,8 \text{ dS.m}^{-1}$ a $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$; esse decréscimo pode ter ocorrido em função de uma maior precipitação pluviométrica acumulada no período de 1069 mm, que ocasionou a lixiviação dos sais com a conseqüente redução na concentração salina.

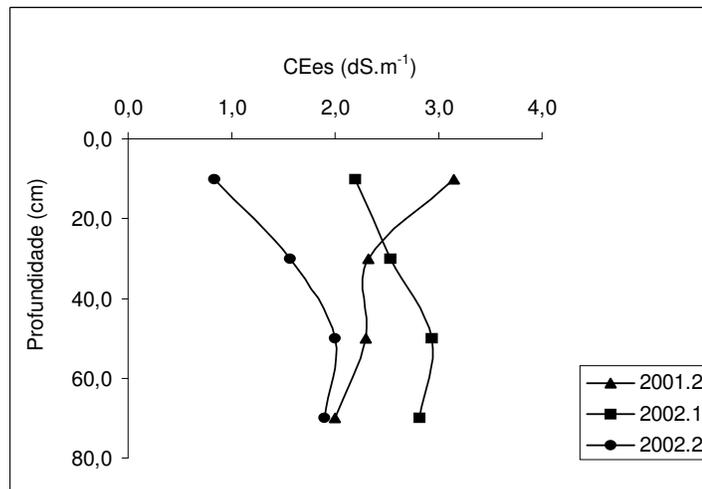


Figura 2. Variação da CEEs no perfil do solo ao longo dos períodos estudados, para o tratamento T1.

Avaliando-se os valores encontrados no tratamento 1 para a PST (Tabela 4), pode-se constatar, de uma maneira geral, que o sódio se acumulou em quantidades elevadas, variando a classificação do solo de fortemente a excessivamente sódico. No primeiro semestre avaliado (2001.2), em todas as profundidades o solo é classificado como excessivamente sódico, apresentando a PST acima dos 30% (Figura 3). O excesso de sódio no solo, pode ser resultado de seis meses de irrigações diárias efetuadas no início de 2001 (Silveira 2002), aliado à concentração elevada de sódio na água de irrigação que esteve em torno de 20 meq.L^{-1} (Tabela 2) e a pouca precipitação acumulada de 349,5 mm, registrada durante o período de 2001.2. No semestre seguinte, verificou-se um decréscimo nas concentrações, em função da maior precipitação pluviométrica (785,5 mm) e menor lâmina de irrigação aplicada; no segundo semestre do ano 2002, o sódio passa a se acumular nas camadas inferiores, atingindo valores acima de 50% na condição de solo excessivamente sódico; considerando as características do solo em questão, esse acúmulo de sódio em profundidade, pode está ocorrendo em função da concentração de argila, que é maior nas camadas inferiores (Tabela 1) e por tanto possui capacidade de adsorver uma quantidade maior desse elemento.

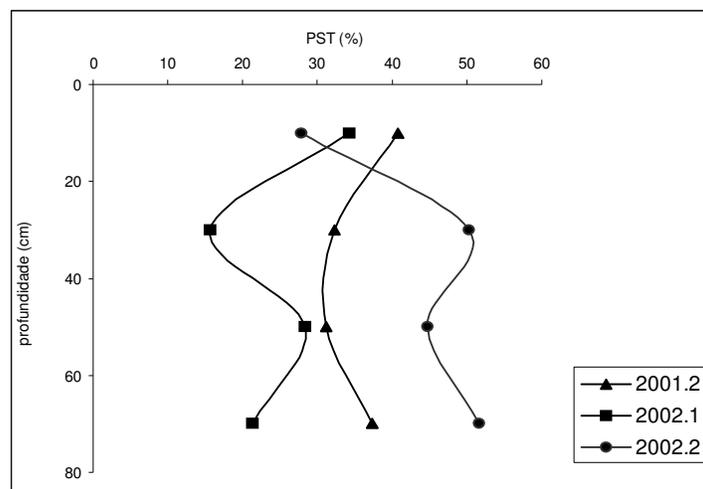


Figura 3. Variação da PST no perfil do solo ao longo dos períodos estudados, para o tratamento T1.

O aumento da PST verificado da testemunha para o tratamento 1 foi bastante acentuado. A PST foi visivelmente alterada pela água de irrigação, provocando a mudança na classificação do solo, antes tido como não sódico, para excessivamente sódico.

O aumento excessivo do sódio em relação a outros cátions provoca um desequilíbrio prejudicial ao solo; Richards (1980) relata que o sódio provoca a dispersão das argilas, que podem ser transportadas para níveis mais profundos do perfil do solo; passando a apresentar uma textura relativamente grossa e quebradiça na superfície e uma camada mais densa e de boa permeabilidade onde se acumulou a argila. Outro problema causado pelo excesso de sódio, segundo o autor, é a formação de crostas na superfície, provocando a redução na velocidade de infiltração de água. Embora esse elevado teor de sódio tenha sido observado, o solo da área experimental ainda não apresenta problemas relacionados a infiltração de água.

Os valores de pH encontrados para o tratamento 2 (Tabela 5) refletem as mesmas características avaliadas no tratamento 1; a CEes variou de 0,5 dS.m⁻¹ até 5,0 dS.m⁻¹; a classificação quanto a concentração salina não apresentou diferenças quando comparadas ao tratamento 1 variando de salinidade ligeira a muito baixa, à exceção da concentração de 5,0 dS.m⁻¹ verificada no semestre de 2002.1 na primeira camada do perfil; esse valor mais elevado não foi verificado para PST e RAS no mesmo período e profundidade, podendo ser um valor extremo e isolado nas análises realizadas. Embora a quantidade de água aplicada no tratamento 2 (2,5 mm) tenha sido maior que os 2,0 mm aplicados no tratamento 1, não se verificou um aumento equivalente dos índices de salinidade. Em termos de valores absolutos foram observadas diferenças, mas na classificação geral não houve mudanças significativas.

Tabela 5. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 2 (lâmina de 2,5 mm).

Período	LIA (mm)	PA (mm)	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	CL	PST (%)	CL	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2			00-20	6,1	2,0	SMB	29,79	FS	2,30
			20-40	5,2	2,2	SL	32,44	ES	3,01
			40-60	4,5	2,3	SL	39,18	ES	4,14
2002.1	405	349	60-80	4,4	2,4	SL	34,88	ES	4,16
			00-20	6,9	5,0	SM	23,95	FS	2,63
			20-40	5,9	3,9	SL	31,40	ES	3,32
2002.2	490	785	40-60	5,6	2,9	SL	29,38	FS	3,56
			60-80	4,9	3,4	SL	35,81	ES	4,74
			00-20	6,3	0,5	SMB	13,95	MS	0,67
2002.2	570	1069	20-40	5,6	0,7	SMB	36,74	ES	3,08
			40-60	5,4	1,5	SMB	46,59	ES	4,26
			60-80	5,2	2,7	SL	47,62	ES	5,50

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; CL – classificação; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - solo muito sódico; FS – solo fortemente sódico; ES – solo excessivamente sódico.

Aumentando-se a quantidade de água aplicada para 3,0 mm com turno de rega de dois dias, os índices de salinidade avaliados no tratamento 3 (Tabela 6) apresentaram um ligeiro

aumento; a classificação do solo quanto a CEes passa a salinidade média (SM) em várias profundidades durante os períodos estudados, o que não foi verificado nos tratamentos anteriores; a classificação quanto à percentagem de sódio trocável (PST), não apresentou grandes variações, embora em termos absolutos esses valores estejam mais elevados, tendo sido encontrados até 51,97% de PST nesse solo. O aumento da concentração salina equilibra-se com o aumento da RAS, não sendo, portanto, verificado nenhum problema de infiltração para este tratamento.

Tabela 6. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 3 (lâmina de 3,0 mm).

Período	LIA (mm)	PA (mm)	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	CL	PST (%)	CL	RAS (cmolc.dm ⁻³)		
2001.2	546	349	00-20	5,7	4,2	SM	40,25	ES	6,54		
			20-40	4,8	5,8	SM	34,08	ES	3,93		
			40-60	4,6	2,5	SL	31,10	ES	3,21		
60-80			4,7	2,9	SL	20,23	FS	1,56			
2002.1			648	785	00-20	7,7	5,5	SM	37,24	ES	4,43
					20-40	6,7	4,0	SL	31,01	ES	3,43
					40-60	5,7	5,5	SM	23,10	FS	2,33
60-80					5,2	4,1	SM	29,93	FS	3,03	
2002.2					744	1069	00-20	6,3	1,3	SMB	33,45
	20-40	6,2					1,7	SMB	51,97	ES	4,54
	40-60	5,9	1,7	SMB			48,82	ES	4,30		
60-80	5,7	1,9	SMB	49,08			ES	4,44			

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; CL – classificação; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - solo muito sódico; FS – solo fortemente sódico; ES – solo excessivamente sódico.

O aumento dos índices de salinidade verificado no tratamento 3, não se repete no tratamento 4 com o aumento da lâmina de irrigação para 3,5 mm (Tabela 7); as concentrações salinas variam de 1,5 dS.m⁻¹ a 4,7 dS.m⁻¹ e a máxima PST registrada foi de 50,56%.

Tabela 7. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 4 (lâmina de 3,5 mm).

Período	LIA (mm)	PA (mm)	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	CL	PST (%)	CL	RAS (cmolc.dm ⁻³)		
2001.2	635	349	00-20	6,4	2,6	SL	28,47	FS	3,00		
			20-40	5,7	2,3	SL	36,36	ES	4,67		
			40-60	4,9	2,5	SL	25,49	FS	2,35		
60-80			4,9	2,6	SL	18,83	MS	1,59			
2002.1			754	785	00-20	6,8	4,7	SM	28,88	FS	2,76
					20-40	6,0	3,0	SL	29,28	FS	3,14
					40-60	5,3	2,9	SL	32,90	ES	3,44
60-80					4,9	3,7	SL	34,16	ES	3,35	

2002.2			00-20	6,8	1,5	SMB	31,84	ES	2,75
			20-40	6,3	1,9	SMB	33,63	ES	3,25
			40-60	6,3	2,3	SL	49,24	ES	5,30
	866	1069	60-80	5,5	2,0	SMB	50,56	ES	4,94

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; CL – classificação; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - solo muito sódico; FS – solo fortemente sódico; ES – solo excessivamente sódico.

Os sais adicionados pela água de irrigação podem acumular-se na zona radicular ou serem lixiviados caso seja aplicado uma maior quantidade de água. Há possibilidades de que essa lâmina aplicada de 3,5 mm no tratamento 4, tenha agido como uma lâmina de lixiviação, onde se aplica mais água do que é necessária para a planta.

A lâmina de irrigação de 4,0 mm aplicada no tratamento 5 (Tabela 8), provocou a mesma redução na concentração salina verificada no tratamento 4; entretanto, a percentagem de sódio trocável e a RAS apresentaram um comportamento oposto. A concentração de sódio aumentou no tratamento 5 na maior parte do período avaliado e as reduções ocorridas na salinidade não foram suficientes para diminuir os problemas de excesso de sódio acumulado no perfil. Como a água aplicada em maior quantidade também carrega maior quantidade de sódio, a concentração desse elemento aumentou. Para uma redução eficaz da concentração de sais no solo, o ideal seria que a água usada para lixiviação fosse de boa qualidade.

Tabela 8. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 5 (lâmina de 4,0 mm).

Período	LIA (mm)	PA (mm)	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	CL	PST (%)	CL	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2			00-20	5,9	2,1	SL	48,07	ES	8,64
			20-40	5,8	2,1	SL	46,27	ES	5,51
			40-60	4,7	2,5	SL	45,71	ES	5,86
2002.1	668	349	60-80	4,3	2,4	SL	27,69	FS	2,76
			00-20	7,0	3,0	SL	29,73	FS	2,85
			20-40	6,2	4,8	SM	32,93	ES	3,95
2002.2	804	785	40-60	5,4	3,1	SL	18,32	MS	1,47
			60-80	4,9	2,9	SL	25,91	FS	3,12
			00-20	6,9	0,6	SMB	23,63	FS	1,71
2002.2	932	1069	20-40	6,1	1,3	SMB	40,52	ES	3,47
			40-60	5,7	2,3	SL	50,95	ES	4,93
			60-80	5,6	2,3	SL	57,39	ES	6,46

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; CL – classificação; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - solo muito sódico; FS – solo fortemente sódico; ES – solo excessivamente sódico.

Em termos gerais de classificação, o aumento da salinidade provocada pela água de irrigação ocorreu, mas não de uma maneira excessiva. Todos os tratamentos avaliados apresentaram aumento de condutividade elétrica quando comparados ao tratamento não irrigado (Tabela 3), que é classificado para todo o perfil como tendo uma salinidade muito baixa. Em todos os tratamentos avaliados, o pH do solo não variou muito, independente da lâmina de água aplicada. Isso se deve ao fato de que, segundo Ayers & Westcot (1991), as mudanças no pH do solo ocasionadas pela água de irrigação são lentas. As mudanças mais acentuadas provocadas pela água de irrigação ocorreram em relação aos teores de sódio acumulados no perfil.

De acordo com as classificações encontradas na literatura, o solo atingiu o grau de fortemente a excessivamente sódico na maioria das profundidades em qualquer tratamento irrigado. Essa elevada concentração de sódio requer medidas de controle, para que esse excesso de sódio acumulado não cause danos ao solo e não tragam prejuízos á planta. Richards (1980) afirma que os solos salino-sódicos são de difícil recuperação por lavagens sem o uso do gesso ou de outros corretivos, podendo se transformar em solos sódicos. Têm baixa permeabilidade e a recuperação pode ser antieconômica por exigirem aplicação de grande quantidade de corretivo e lavagens intensas.

CONCLUSÕES

1. Todos os tratamentos irrigados apresentaram aumento da salinidade no perfil do solo em relação à testemunha, sendo a lâmina de 3,0 mm a que promoveu maior incremento na condutividade elétrica ao longo do período avaliado.
2. O solo apresenta elevado risco de alcalinização provocado pela adição da água com elevados teores de sódio.
3. A utilização da água da barragem do Junco para irrigação só deverá ser feita em conjunto com práticas de manejo que minimizem os efeitos prejudiciais dos sais, principalmente do sódio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, J. R. A.; HOLANDA, J. S. Qualidade da água para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA, 1997. p. 137-169.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

CORDEIRO, G. **Salinidade em áreas irrigadas**. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/salinidade.html>. Acesso em 20 Jul. 2003.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

KARASAWA, S.; SILVA, R. A. da; MIRANDA, J. H. de; DUARTE, S. N. Comportamento de mudas de café submetidas à irrigação com diferentes níveis de salinidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**CD Rom.

MATIELLO, J.B.; PAIVA, A.R.; ARAÚJO, J.L. Evolução da salinidade e comportamento do cafeeiro em área irrigada por gotejamento em Brejões - BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26, E 6º ENCONTRO DE CAFEICULTORES DE MARÍLIA, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p. 298-299.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.

MIRANDA, J. H. de.; PIRES, C. de M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410p. (Série Engenharia Agrícola).

PIZARRO, F. **Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos.**
Madrid: Agrícola Española S.A., 1978. 521p.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola.**
Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RICHARDS, L. A. (Ed.) **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Editorial
Limusa: Mexico, 1980, 172p.

SILVEIRA, J. F. **Influência da água salino-sódica na distribuição dos sais na zona radicular e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado na região de Brejões - Bahia.** 2002.
58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997.
247p.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DO CAFEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA AO LONGO DE TRÊS ANOS

Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial da Revista Irriga

PRODUÇÃO DO CAFEIRO IRRIGADO COM ÁGUA SALINO-SÓDICA AO LONGO DE TRÊS ANOS

Resumo: O trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do café (*Coffea arabica* L.) irrigado com água salino-sódica ao longo de três anos. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Lagoa do Morro, no município de Brejões, Bahia, utilizando-se a variedade Catuaí, com idade média de vinte anos. O experimento constou de seis lâminas de irrigação aplicadas a cada dois dias (0,0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mm). Foram avaliados no perfil do solo: pH, condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), percentagem de sódio trocável (PST) e relação de adsorção de sódio (RAS) até 0,8 m de profundidade. Avaliou-se os componentes de produção da cultura. Todos os parâmetros de solo avaliados apresentaram tendência de aumento; a PST média foi alta (> 30%) em todos os tratamentos irrigados, indicando a sodificação do solo. A produtividade média variou de 2100 kg/ha (2,0 mm) a 600 kg/ha (4,0 mm). A lâmina de 2,0 mm promoveu incremento de 44% em relação à testemunha. A produtividade nos tratamentos irrigados foi superior à testemunha; exceto para a lâmina de 4,0 mm. Foi verificada uma redução de 43,8% na produtividade de 2003 em relação a 2001, para o mesmo tratamento.

Palavras-chave: produção, café, água salina

PRODUCTION OF IRRIGATED COFFEE WITH SALINE-SODIC WATER ALONG THREE YEARS

Abstract: The work had as objective to evaluate the productivity of the coffee (*Coffea arabica* L.) irrigated with saline-sodic water along three years. The research was driven in Fazenda Lagoa do Morro, town of Brejões, State of Bahia, being used the variety Catuaí, with medium age twenty years old. The experiment consisted every other day of six applied irrigation depths (0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 and 4,0 mm). They were appraised in the profile of the soil: pH, electrical conductivity of

soil paste (CEes), exchangeable sodium ratio (PST) and sodium adsorption ratio (RAS); until 0,8 m of depth. It was evaluated the components of production of the crop. All the appraised soil parameters presented increasing tendency; medium PST was high (> 30%) in all the irrigated treatments, indicating sodification. The average yield varied of 2100 kg/ha (2,0 mm) to 600 kg/ha (4,0 mm). The depth of 2,0 mm promoted increment of 44% in relation to the witness treatment. The productivity from the irrigated treatments was superior to that from the witness treatment; except for the depth of 4,0 mm. A reduction of 43,8% was verified in the productivity of 2003 in relation to 2001, for the same treatment.

Key words: production, coffee, saline water

INTRODUÇÃO

A adoção da irrigação como parte integrante do manejo das lavouras cafeeiras vem aumentando consideravelmente, proporcionando a inclusão de novas áreas que eram tidas como inaptas para o plantio do café, devido a limitações hídricas. De acordo com Mantovani (2001), diversos fatores têm impulsionado a cafeicultura irrigada, destacando-se a maior produtividade e melhor qualidade do produto. Para o autor, essas vantagens têm possibilitado a produção de cafés de excelente qualidade em áreas anteriormente consideradas impróprias. Dados estimados pela EMBRAPA (1999), citados por Mantovani (2001), indicam que a cafeicultura irrigada ocupa 8% a 10% da cafeicultura brasileira, totalizando 200.000 ha, distribuídos principalmente nos Estados do Espírito Santo (60% a 65%), Minas Gerais (20% a 25%) e Bahia (10% a 15%).

A extensão de área irrigada no estado da Bahia ainda é baixa, entretanto a produtividade média foi superior aos outros estados produtores, ficando em torno de 18 sacas/ha segundo estimativas da CONAB (2003). Esse aumento do índice de produtividade se deve aos plantios de café no Oeste da Bahia, que são 100% irrigados.

A sub-região de Brejões localizada no Planalto da Bahia é um importante pólo de produção, embora o potencial produtivo das lavouras não seja totalmente aproveitado devido à ocorrência de veranicos e estiagens em períodos críticos onde o déficit hídrico compromete o rendimento final. Doorenbos & Kassam (1994) relatam que quando as necessidades hídricas de qualquer cultura não são atendidas plenamente, o déficit hídrico na planta pode se desenvolver até um ponto em que o crescimento e o rendimento da cultura são afetados, embora a forma com que o déficit hídrico afete a cultura varie de acordo com a espécie e o estágio fenológico.

A disponibilidade de umidade no solo durante o ciclo do café é imprescindível principalmente durante os estádios de florada, expansão dos frutos e granação. A redução na disponibilidade de água durante essas fases provoca uma queda na produtividade da cultura.

O balanço hídrico da região de Brejões apresenta déficit hídrico durante todo o ano e se agrava nos períodos de maior demanda hídrica. Entretanto, o total de lavouras cafeeiras beneficiadas com a irrigação é pequeno. Dos 22 mil ha de área plantada, somente 5% é irrigado.

Um dos principais entraves à adoção da irrigação na região, é a qualidade da água disponível, que em sua maioria é constituída por elevados teores de sais.

Os benefícios gerados pela irrigação com águas consideradas de boa qualidade já foram comprovados. Alguns trabalhos realizados em diversas localidades indicam a eficácia da irrigação no incremento da produtividade do café (FARIA et al., 2001; MUDRIK et al., 2003; SILVA et al., 2001; GOMES et al., 2003). Entretanto, os efeitos da adição de água salina através da irrigação em lavouras cafeeiras ainda são pouco conhecidos.

De acordo com Rhoades et al. (2000) as informações sobre os efeitos da salinidade da água e do solo na qualidade de produção são ainda muito escassas, mas em geral, a salinidade do solo, tanto a causada pela irrigação com água salina como pela combinação dos fatores água, solo e manejo das culturas, pode resultar em redução na produção, entre outros problemas. O mesmo autor afirma, entretanto, que as perdas quantitativas de produtividade em função da salinidade não são precisas para todas as situações uma vez que a resposta das plantas à salinidade, varia com outras condições de crescimento, como condições climáticas e de solo, manejo agrônômico e de irrigação, variedade da cultura, estágio de crescimento, etc.

A utilização da água salino-sódica para irrigação na região de Brejões tornaria possível o fornecimento de água para a cultura nos períodos críticos, reduzindo as perdas ocasionadas por escassez de chuvas, assegurando a produção das lavouras e a manutenção da atividade agrícola.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade da cultura do café submetido à irrigação com água salino-sódica ao longo de três anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Lagoa do Morro – Grupo Agribahia S/A, localizada no município de Brejões – Ba, a 787 m de altitude, 13°07'60" de latitude Sul e 39°55'12" de longitude Oeste. A área experimental possui 2268 m² de área plantada com a cultivar Catuaí da espécie arábica (*Coffea arabica* L.), idade média de vinte anos, plantada no espaçamento de 3,5 m x 1,5 m. O delineamento foi em blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 parcelas com 12 plantas por parcela, num stand total de 432 plantas. O sistema adotado para a irrigação foi localizado por gotejamento superficial utilizando-se gotejadores autocompensados, espaçados de 0,5 m e vazão média de 2,5 L.h⁻¹.

Os tratamentos utilizados consistiram em diferentes lâminas de irrigação: T1 - 2,0 mm; T2 - 2,5 mm; T3 - 3,0 mm; T4 - 3,5 mm; T5 - 4,0 mm e a testemunha T6 - 0,0 mm. O turno de rega adotado foi de 2 dias.

A água usada para irrigação advém de uma barragem, e foi classificada segundo Silveira (2002) como C4-S3, caracterizando-se como água de alta salinidade e concentração de sódio elevada.

O solo predominante na área experimental classifica-se como Latossolo vermelho amarelo, Eutrófico, profundo, desenvolvido sobre rochas sedimentares. A textura varia de argila arenosa a muito argilosa, nas profundidades de 0,0 m - 0,2 m e 0,6 m - 0,8 m respectivamente (SILVEIRA, 2002).

Foram realizadas análises bimestrais do solo nas profundidades de 0,0 - 0,2 m; 0,2 - 0,4 m; 0,4 - 0,6 m e 0,6 - 0,8 m. Trabalhou-se com valores médios agrupados em períodos de seis meses para o perfil até 0,8 m. A coleta das amostras seguiu a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Como indicadores da salinidade do solo determinou-se o pH, a condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), a percentagem de sódio trocável (PST) e a razão de adsorção de sódio (RAS). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes, Solo e Monitoramento Ambiental LTDA, localizado em Cruz das Almas, Ba. De acordo com os valores encontrados de CEes o solo foi classificado quanto à sua salinidade, com base em Richards (1980). A classificação do solo em relação a PST foi feita de acordo com Pizarro (1978). Para a obtenção dos valores referentes a PST utilizou-se a fórmula descrita a seguir:

$$PST = \frac{Na^+}{(Ca^{++} + Mg^{++} + K^+ + Na^+ + H^+ + AL^{+++})} \cdot 100 \quad (1)$$

O risco de sodificação provocado pela água de irrigação foi avaliado pela razão de adsorção do sódio (RAS), determinada através da fórmula abaixo:

$$RAS = \frac{Na^+}{\left(\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2} \right)^{1/2}} \quad (2)$$

Para avaliar a produção da cultura procedeu-se a colheita manual quando os frutos atingiram o estágio de maturação fisiológica referente ao ponto denominado café cereja. O café foi desidratado e seco em terreiros de alvenaria, sendo exposto ao tempo até a perda de 75% a 80% de sua umidade, quando atingiu o estágio de café em coco. Posteriormente procedeu-se o beneficiamento através de um descascador mecânico, deixando o produto na forma de grãos com 10% a 12% de umidade. Para cada uma das três fases foram efetuadas as pesagens do produto

por tratamento e repetição. Os dados de produtividade foram expressos em função do café beneficiado. A colheita foi realizada no ano agrícola de 2003 (ano III). Para efeito comparativo, utilizaram-se dados de produção da mesma área experimental, obtidos por Silveira (2002) referentes ao ano agrícola de 2001 (ano I), quando foram aplicadas as mesmas lâminas de irrigação, com turno de rega diário, por um período de seis meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os indicadores de salinidade referentes a testemunha (Tabela 1), observou-se que o solo não irrigado apresentou pH médio em torno de 5,5 estando segundo Brady (1989), dentro da faixa de normalidade para solos minerais. A condutividade elétrica (CEes) média encontrada foi de 0,23 dS.m⁻¹ caracterizando-se como um solo de salinidade muito baixa. Os valores referentes à percentagem de sódio trocável (PST) não oferecem riscos ao solo, sendo este classificado como não sódico. De acordo com a classificação de solos proposta por Bohn et al. (1985), considerando-se os valores encontrados de pH, CEes e PST, o solo é considerado normal quanto à salinidade e sodicidade.

Tabela 1. Variáveis físico – químicas obtidas no extrato de saturação referentes à testemunha.

Período	Perfil (cm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001	00-20	6,7	0,17	SMB	0,77	NS	0,15
	20-40	5,6	0,25	SMB	1,00	NS	0,17
	40-60	5,0	0,22	SMB	1,20	NS	0,13
	60-80	4,6	0,27	SMB	1,13	NS	0,15
Média		5,5	0,23	SMB	1,02	NS	0,15

SMB - salinidade muito baixa; NS - não sódicos

O tratamento 1 cuja lâmina de irrigação aplicada foi de 2,0 mm, apresentou pH médio no perfil variando de 5,5 a 6,2 (Tabela 2), numa faixa de valores próxima à obtida na testemunha. A CEes aumentou consideravelmente, passando a apresentar valores superiores a 2,0 dS.m⁻¹ nos dois primeiros semestres de avaliação com salinidade variando de muito baixa a ligeira. A PST apresentou valores superiores a 30% nos semestres de 2001.2 e 2002.2, caracterizando o solo como excessivamente sódico. A RAS acompanhou o comportamento da PST.

Tabela 2. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 1 (lâmina de 2 mm).

Período (semestre)	LIA (mm)	PA (mm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2	364	349	5,5	2,44	SL	35,41	ES	4,10
2002.1	432	785	6,2	2,62	SL	24,90	FS	2,50
2002.2	496	1069	5,9	1,58	SMB	43,63	ES	3,77

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - muito sódico; FS –fortemente sódico; ES – excessivamente sódico

A lâmina aplicada de 2,5 mm (Tabela 3), não promoveu aumento equivalente nos indicadores de salinidade, quando comparados aos resultados obtidos no tratamento 1. Em termos de valores absolutos foram encontradas diferenças, mas na classificação geral não houve mudanças significativas, embora a quantidade de água aplicada tenha sido maior. A PST se manteve elevada, indicando a sodificação do solo.

Tabela 3. Características físico-químicas do perfil do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 2 (lâmina de 2,5 mm).

Período (semestre)	LIA (mm)	PA (mm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2	405	349	5,0	2,21	SL	34,07	ES	3,40
2002.1	490	785	5,8	3,79	SL	30,14	ES	3,56
2002.2	570	1069	5,6	1,37	SMB	36,22	ES	3,38

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - muito sódico; FS –fortemente sódico; ES –excessivamente sódico

Aumentando-se a quantidade de água aplicada para 3,0 mm (Tabela 4), a classificação do solo quanto a salinidade se modificou em função do aumento nos valores da CEes, que atingiu o máximo valor no primeiro semestre de 2002 com 4,78 dS.m⁻¹ sendo classificado como de salinidade média, o que não tinha sido verificado nos tratamentos anteriores.

Tabela 4. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 3 (lâmina de 3,0 mm).

Período	LIA	PA	pH	CEes	Classificação	PST	Classificação	RAS
---------	-----	----	----	------	---------------	-----	---------------	-----

(semestre)	(mm)	(mm)		(dS.m ⁻¹)		(%)		(cmolc.dm ⁻³)
2001.2	546	350	4,9	3,81	SL	31,42	ES	3,81
2002.1	648	786	6,3	4,78	SM	30,32	ES	3,31
2002.2	744	1069	6,0	1,65	SMB	45,83	ES	3,89

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - muito sódico; FS –fortemente sódico; ES – excessivamente sódico

A PST apresentou valores elevados, principalmente no último período de avaliação, com 45,83 % , sendo este, o maior valor médio encontrado em todos os tratamentos avaliados. De uma maneira geral, este foi o tratamento que promoveu um maior incremento na salinidade e na PST do perfil.

A tendência de elevação da CEes em função do aumento da lâmina de água aplicada foi modificada a partir da lâmina de 3,5 mm (Tabela 5); a CEes apresentou redução de valores em 2001.2 e 2002.1, em relação ao tratamento 3, variando dentro do período de 1,93 dS.m⁻¹ a 3,56 dS.m⁻¹. Os sais adicionados pela água de irrigação podem acumular-se na zona radicular ou serem lixiviados caso seja aplicado uma quantidade de água maior do que pode ser armazenado no perfil do solo. Há possibilidades de que a lâmina de 3,5 mm tenha agido como lâmina de lixiviação e os sais tenham sido levados a maiores profundidades, junto com o excesso de água. A PST e a RAS apresentam uma tendência de redução, embora os níveis ainda tenham permanecido elevados. O mesmo comportamento de redução na CEes foi verificado quando foram aplicados 4,0 mm de água; entretanto, a PST elevou-se, principalmente no último semestre avaliado, quando apresentou 43,12% de sódio trocável (Tabela 6).

Tabela 5. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 4 (lâmina de 3,5 mm).

Período (semestre)	LIA (mm)	PA (mm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2	636	350	5,4	2,46	SL	27,29	FS	2,90
2002.1	755	786	5,8	3,56	SL	31,30	ES	3,18
2002.2	867	1069	6,2	1,93	SMB	41,32	ES	4,06

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - muito sódico; FS –fortemente sódico; ES – excessivamente sódico

Tabela 6. Características físico-químicas do solo e classificação quanto à salinidade e sodicidade referentes ao tratamento 5 (lâmina de 4,0 mm).

Período (semestre)	LIA (mm)	PA (mm)	pH	CEes (dS.m ⁻¹)	Classificação	PST (%)	Classificação	RAS (cmolc.dm ⁻³)
2001.2	668	350	5,2	2,25	SL	41,94	ES	5,69
2002.1	804	786	5,9	3,47	SL	26,72	FS	2,85
2002.2	932	1069	6,1	1,63	SMB	43,12	ES	4,14

LIA – lâmina de irrigação acumulada; PA – precipitação acumulada; SL – salinidade ligeira; SMB – salinidade muito baixa; MS - muito sódico; FS –fortemente sódico; ES – excessivamente sódico

Na medida em que a quantidade de água aplicada aumentou de um tratamento para outro, as características físico-químicas do solo se modificaram, passando a apresentar, de uma maneira geral, valores mais elevados de pH, CEes e PST, indicando a influência da água de irrigação nessas características.

Ao longo do período estudado, o pH apresentou comportamento semelhante em todos os tratamentos. Foi verificada uma tendência de aumento dos valores no último semestre avaliado; entretanto não houve grande amplitude de variação de um período para outro. Estas observações estão de acordo com Ayers & Westcot (1991), que afirmam que as mudanças no pH do solo ocasionadas pela água de irrigação são lentas.

Em todos os tratamentos avaliados pôde-se observar que a salinidade tende a diminuir nos períodos de maior precipitação acumulada (PA), quando é aplicada uma menor quantidade de água salino-sódica via irrigação, indicando que as precipitações reduzem a concentração salina na solução do solo.

As mudanças mais acentuadas provocadas pela água de irrigação ocorreram em relação aos teores de sódio acumulados no perfil. De acordo com as classificações encontradas, o solo atinge o grau de fortemente a excessivamente sódico na maioria dos períodos em qualquer tratamento irrigado, apresentando com frequência PST superior a 30%, indicando a sodificação do solo. Essa elevada concentração de sódio requer medidas de controle, para que esse excesso de sódio acumulado não cause danos ao solo, nem alcance níveis tóxicos que tragam prejuízos à planta. A PST e a RAS não são reduzidas pela precipitação na mesma proporção que a CEes, e

as reduções verificadas não são suficientes para diminuir os problemas que podem ocorrer em função do sódio acumulado em excesso.

Os valores médios dos componentes de produção e produtividade para todos os tratamentos encontram-se na Tabela 7. A produtividade média variou de 2100 kg/ha, referente à lâmina de 2,0 mm; a 600 kg/ha obtidos com a aplicação de 4,0 mm a cada dois dias. A CEEs encontrada para o melhor tratamento (2,0 mm), foi inferior a 2,0 dS.m⁻¹ no último semestre avaliado; embora a PST tenha sido elevada.

Tabela 7. Dados de produtividade do ano de 2003 (ano III), referentes à colheita do café submetido a diferentes lâminas de irrigação.

Tratamento	Lâmina (mm)	Café cereja (kg)	Café em coco (kg)	Café beneficiado (kg)	Produtividade (kg/ha)	Produtividade (sacas/ha)
1	2,0	380	152	80	2100	35
2	2,5	345	138	73	1920	32
3	3,0	290	111	56	1500	25
4	3,5	207	80	40	1080	18
5	4,0	138	51	23	600	10
6	0,0	317	106	35	960	16

A lâmina de 2,5 mm provocou uma queda de 192 kg/ha em relação ao tratamento 1. As reduções mais acentuadas ocorreram a partir da aplicação de 3,0 mm de água via irrigação. Em todos os tratamentos irrigados, a produtividade foi superior quando comparada ao tratamento não irrigado; exceto o tratamento 5 (4,0 mm), que produziu menos que a testemunha. A PST para esse tratamento esteve alta em todo o perfil no último semestre avaliado, alcançando 43,12%. Os níveis elevados de sódio comprometeram, certamente, a produção do café. Comparando-se a testemunha com o melhor tratamento irrigado (T1), o incremento na produtividade foi de 44%. A irrigação beneficiou o rendimento final do café, visto que a relação entre o café cereja e a produtividade para os tratamentos irrigados, é menor do que a mesma relação para a testemunha. Sendo assim, para se obter uma mesma quantidade de café beneficiado nos tratamentos irrigados, necessita-se de uma quantidade menor de café cereja do que para um tratamento não irrigado.

A análise de regressão indicou uma relação quadrática entre as variáveis de lâmina de água aplicada e produtividade, com um ajuste satisfatório tendo-se obtido um coeficiente de determinação de 0,977 (Figura 1). Observa-se um aumento de produtividade, seguido de um ponto máximo e redução da produtividade. Uma maior lâmina de irrigação traz consigo uma maior quantidade de sais dissolvidos, o que aumenta a concentração salina e sódica no perfil do solo, interferindo no rendimento da cultura. Para Ayers & Westcot (1991) existe problema de salinidade quando os sais acumulam-se na zona radicular à concentração tal que ocasiona perdas na produção. O rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que

não permite que as culturas retirem água suficiente da zona radicular, provocando, assim, estado de escassez de água nas plantas por tempo significativo.

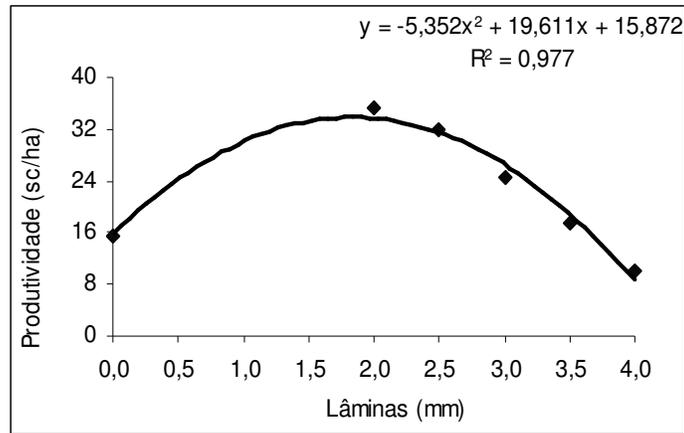


Figura 1. Produtividade do cafeeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação utilizando água salino-sódica.

As análises de regressão realizadas para os componentes de produção café cereja e café em coco indicaram bons ajustes, com coeficientes de relação de 0,994, 0,987 respectivamente (Figuras 2 e 3). Todos os componentes apresentaram curvas com tendências bastante semelhantes, sendo a lâmina de irrigação de 2,0 mm, a que proporcionou os melhores resultados para o café cereja, em coco e o beneficiado.

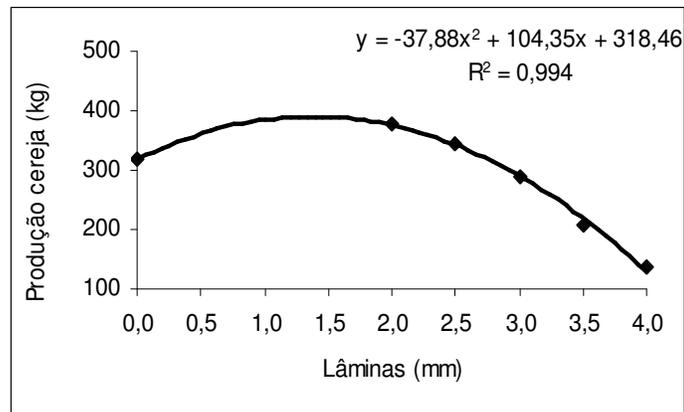


Figura 2. Produção do café cereja submetido a diferentes lâminas de irrigação utilizando água salino-sódica.

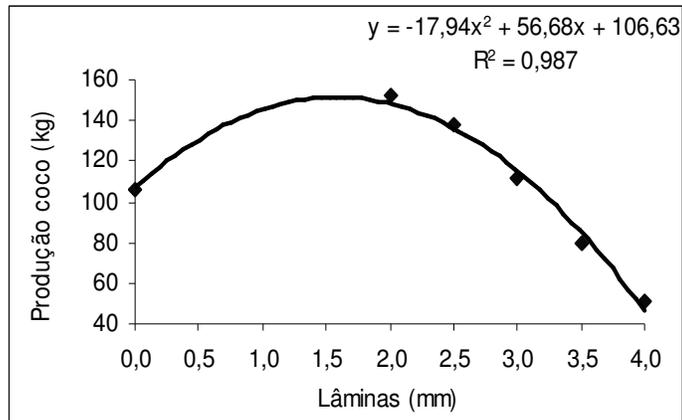


Figura 3. Produção do café em coco submetido a diferentes lâminas de irrigação utilizando água salino-sódica.

No primeiro ano de avaliação (ano I), Silveira (2002), obteve também maior produtividade para o tratamento 1, com 4860 kg/ha (Tabela 8). É importante observar que embora nesse período a lâmina de 2,0 mm tenha sido aplicada diariamente por 6 meses, a salinidade média máxima esteve próxima da obtida para o ano III, 2,04 dS.m⁻¹. A queda de produtividade no tratamento 1 verificada do ano I para o ano III foi da ordem de 43,8%. Esse decréscimo elevado pode estar associado à diferença dos teores de sódio encontrados no solo nesses anos.

Tabela 8. Dados de produtividade do ano de 2001 (ano I), referentes à colheita do café submetido a diferentes lâminas de irrigação.

Tratamento	Lâmina (mm)	Café cereja (kg)	Café em coco (kg)	Café beneficiado (kg)	Produtividade	
					(kg/ha)	(sacas/ha)
1	2,0	853	346	183	4860	81
2	2,5	961	304	161	4260	71
3	3,0	737	250	125	3300	55
4	3,5	593	226	120	3180	53
5	4,0	573	210	103	2700	45
6	0,0	258	130	43	1140	19

Fonte: Silveira (2001).

Para o ano I a PST média máxima foi de 29,5% na profundidade de 0,6 a 0,8 m, em quanto que no ano III registrou-se 51,61% para a mesma profundidade. Pode-se observar na Figura 5, que para todas as profundidades os teores de sódio trocável aumentaram no ano III, tornando-se mais elevado à medida que a profundidade do perfil aumenta.

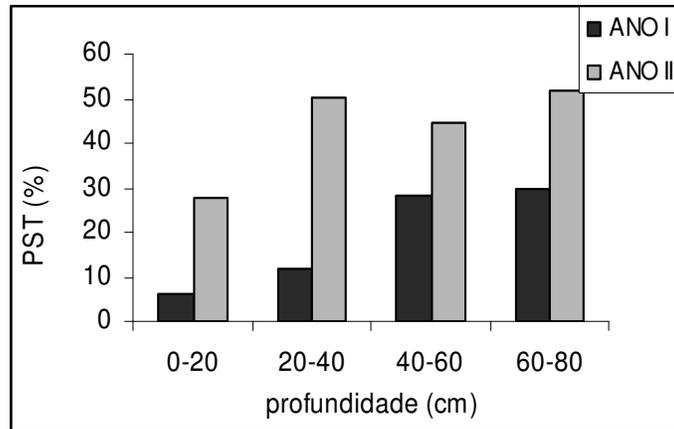


Figura 5. Percentagem de sódio trocável obtida em 2001(ano I) e 2003 (ano III) no perfil do solo para o tratamento 1.

Comparando-se resultados anuais, verifica-se que há uma brusca redução na produtividade do café no ano III. A menor produtividade obtida no início do experimento (ano I) foi de 2700 kg/ha para o tratamento 5. Entretanto, este valor é superior às 2100 kg/ha obtidos no melhor tratamento do ano III (Figura 6). Mesmo com as reduções ocorridas ao longo de três anos de irrigação, há de se notar que os valores encontrados foram superiores à média de produtividade dos cafeeiros cultivados em regime de sequeiro; que estão em torno de 780 kg/ha, de acordo com dados provenientes da Fazenda.

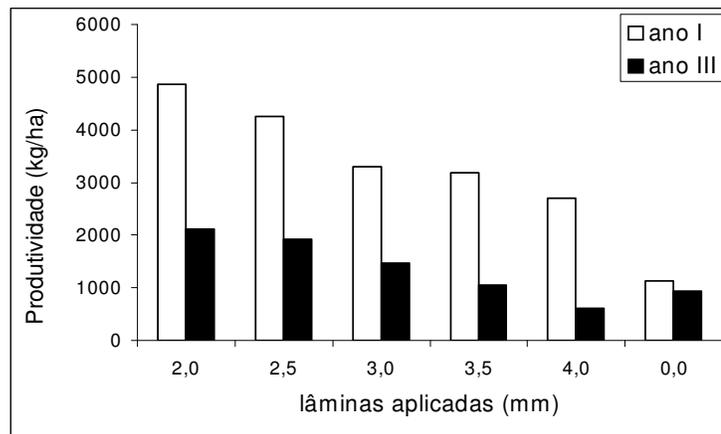


Figura 6. Produtividade do café referente aos anos de 2001 (ano I) e 2003 (ano III) submetido a diferentes lâminas de irrigação utilizando água salino-sódica.

Os sais possuem efeito acumulativo e muitas vezes, os problemas causados pelo excesso de sais específicos como o sódio, demoram a aparecer. A adoção da irrigação nas condições estudadas provocou a sodificação do solo, o que conseqüentemente afetará as boas características físicas e químicas do mesmo. Considerando as elevadas concentrações de sódio encontradas, esse elemento poderá chegar a um nível crítico, tornando-se tóxico para a planta.

A irrigação feita apenas nos períodos de maior demanda hídrica reduziria o volume de água aplicada, retardando os efeitos danosos dos sais, em especial o sódio. Matiello (2000) avaliou a produtividade do cafeeiro irrigado com água salina para as condições de irrigação suplementar e verificou a viabilidade do uso dessa água em cafeeiros adultos.

Para auxiliar no controle da salinidade, pode-se adotar técnicas de manejo de água como lâminas de lixiviação e drenagem, junto com outras práticas de conservação do solo. A continuidade da pesquisa se faz necessária na busca de alternativas que viabilizem o uso da água salina para a manutenção das lavouras cafeeiras da região.

CONCLUSÕES

1. A água de irrigação promoveu aumento da salinidade e sodificação no perfil do solo, em todos os tratamentos.
2. A irrigação do cafeeiro utilizando água salino-sódica promoveu um incremento de 44% na produtividade aplicando-se uma lâmina de 2,0 mm.
3. Os elevados teores de sais, principalmente o sódio, acumulados no perfil do solo contribuíram para uma redução da produtividade do ano I para o ano III da ordem de 43,8%

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. **Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).**

BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; O'CONNOR, G. A. Soil chemistry. **New York: John Wiley & Sons, 1985. 341p.**

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.

CONAB. Safra 2003/2004. 3º estimativa. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/download/Safra/Safracafe.pdf> . Acesso em 15 dez. 2003

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. **Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).**

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. **2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.**

FARIA, M. A. de. et al. Influência das lâminas de irrigação e da fertirrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) - 2ª colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari. **Anais...** Uberlândia:UFU, 2001. 84p.

GOMES, M. C. R.; et al. Efeito da irrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: Simpósio DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 126-127.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001. Araguari. Resumos expandidos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2001. 118p. (Engenharia na Agricultura. Boletim técnico; n.4), p. 2-23.

MATIELLO, J.B.; PAIVA, A. R.; ARAÚJO, J.L. Evolução da salinidade e comportamento do cafeeiro em área irrigada por gotejamento em Brejões - BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26, e 6º Encontro de Cafeicultores de Marília, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p. 298-299.

MUDRIK, A. S. et al. Efeitos da irrigação no crescimento e na produtividade de cafeeiros na região de viçosa-MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p.131.

PIZARRO, F. **Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos.** Madrid: Agrícola Española S.A., 1978. 521p.

RICHARDS, L. A. (Ed.) **Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Editorial Limusa: Mexico, 1980, 172p.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. **Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).**

SILVA et al. Efeito de variáveis edafoclimáticas e da intensidade/duração do déficit hídrico na uniformidade de produção e produtividade do cafeeiro arábica na localidade de Mococa, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p.410.

SILVEIRA, J. F. **Influência da água salino-sódica na distribuição dos sais na zona radicular e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado na região de Brejões - Bahia.** 2002. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições climáticas da região de Brejões, Bahia, são favoráveis ao cultivo do cafeeiro arábica, entretanto, as irregularidades das chuvas ocasionam em anos de secas ou veranicos, queda na produtividade. O estudo da distribuição média mensal e anual da precipitação, ao longo de vinte anos, indicou que os maiores déficits ocorreram nos meses de maior demanda hídrica da cultura, ou seja, de setembro a novembro; menores produções são obtidas em anos com precipitações irregulares. De acordo com Faria & Chibana (2003) o crescimento e fenologia do cafeeiro são altamente dependentes da disponibilidade hídrica no solo, principalmente durante as fases de florescimento e frutificação. Esses resultados evidenciaram a necessidade da complementação de água via irrigação.

O uso da água de irrigação, com elevados teores de sais, provocou aumento da salinidade do solo em todos os tratamentos, independente da lâmina de água aplicada; entretanto, a condutividade elétrica apresentou em sua maioria, valores menores do que $4,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. O maior acúmulo de sais ocorreu em relação ao sódio, que foi encontrado em concentrações superiores a 30% em grande parte do período avaliado, indicando a sodificação do solo com a continuidade da irrigação sem um manejo adequado. Martinez Beltran (1986) descreve como sendo duplo o efeito do excesso de sódio sobre os cultivos, afetando por um lado, diretamente a nutrição das plantas ao desequilibrar o balanço de nutrientes e, por outro, incide indiretamente por deteriorar a estrutura do solo, com conseqüentes repercussões sobre a infiltração e a permeabilidade do solo.

A irrigação promoveu incrementos na produtividade em todos os tratamentos, no primeiro ano de avaliação. Ao longo de três anos de irrigação, foi verificado decréscimo na produtividade, que pode ser reflexo do acúmulo de sódio em excesso no solo. Mesmo assim, as produtividades em todos os tratamentos irrigados foram superiores à testemunha, com exceção do tratamento onde se aplicou a maior lâmina de água (4,0 mm), que pode ter atingido o nível crítico de sódio acumulado suportável para a cultura.

Faz-se necessária a continuidade da pesquisa, buscando alternativas viabilizem o uso da irrigação para as condições locais existentes. Rhoades et al. (2000) indicam a possibilidade do uso de águas salinas para irrigação, desde que sejam atendidas condições importantes incluindo a cultura, várias propriedades do solo, práticas de manejo de irrigação e manejo do solo, além das condições climáticas.

Uma alternativa a ser avaliada, é o uso da irrigação apenas nos períodos de maior demanda hídrica, o que reduziria o volume de água aplicado e conseqüentemente, o volume de sais. O perfil climático da região, caracterizado por temperaturas amenas e baixa

evapotranspiração, favorece a possibilidade da irrigação complementar. Deve ser feito o monitoramento das mudanças físicas e químicas do solo, adotando-se conjuntamente práticas de manejo necessárias ao controle do nível de salinidade e sodicidade no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTÍNEZ BELTRAN, J. **Drenaje agrícola**. Madrid: Ministério de Agricultura Pesca Y Alimentacion, 1986. 239p. (Manual técnico. n.5).

FARIA, R. T. de; CHIBANA, E. Y. Simulação do balanço hídrico do cafeeiro. In: III SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 79.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).