

IRRIGAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS E NO SOLO¹

Aderaldo de Souza Silva²
Cláudio César A. Buschinelli²
Luiz Carlos Hermes²
João Juracy Palhano Freire Filho³

INTRODUÇÃO

A importância da realização de estudos de impacto ambiental e sustentabilidade em agricultura irrigada está voltada ao entendimento pela sociedade internacional, a partir da década de 80, de que o desenvolvimento econômico deverá estar vinculado à conservação ambiental. Segundo Gomez Orea (1992) o meio ambiente é um conjunto de elementos físicos, biológicos, econômicos, sociais, culturais e estéticos que interagem entre si, com o indivíduo e com a comunidade em que vive, determinando sua forma, caráter, comportamento e sobrevivência.

Estudos sobre a Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA) deverão indicar as alterações que a execução de um determinado projeto poderá introduzir no meio, expressada pela diferença entre a evolução deste *com ou sem* a implementação do referido projeto. Existe também outra necessidade de se realizar a AIA. É na avaliação dos impactos ambientais causados pelas atividades agroindustriais em regiões ou localidades, onde um determinado projeto de desenvolvimento já foi concluído. Neste último caso, a Embrapa Meio Ambiente vem atuando mais intensivamente, ou seja, estão sendo realizados estudos de AIA *ex-antes* e *ex-post*, visando conhecer a situação atual de uma determinada comunidade de irrigantes, por exemplo, com vista à melhoria de sua qualidade de vida, com base no conceito de desenvolvimento sustentável. Os resultados a serem alcançados em qualquer um dos casos mencionados é o que define os impactos ambientais, que são interpretados em termos de saúde e bem estar humano.

Com base na consideração anterior, pode-se deduzir que o conceito de impacto ambiental implica em três aspectos relevantes:

- a) Modificações das características físicas, químicas e biológicas do meio;
- b) modificações de seus valores ou indicadores de conservação e;
- c) significado ambiental das modificações interpretadas em relação à saúde.

Os estudos sobre sustentabilidade ambiental são recentes e se intensificaram após a *Declaração do Rio*, em 1992. Nessa reunião foram traçados os princípios básicos que permitem alcançar o *Desenvolvimento Sustentável*. Também foi fixado o marco para os direitos e obrigações individuais e coletivos no que diz respeito aos estudos em meio ambiente e desenvolvimento, e foi feita referência à necessidade da erradicação da pobreza como requisito indispensável na construção do desenvolvimento sustentável. Outro princípio importante citado na *Rio 92* foi estabelecer o dever dos estados em promover leis efetivas sobre meio ambiente, citar a necessidade de se internalizar a prática de custos ambientais no âmbito dos projetos e recomendar a realização de avaliação de impacto ambiental (AIA) em qualquer atividade que implique na implementação de novos projetos de desenvolvimento.

¹ Palestra proferida no Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, realizado no período de 27 a 30 de setembro de 2004, no Centro de Eventos – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS.

² Pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5 – Bairro Tanquinho Velho - C.P. 69 – Jaguariúna/SP. (www.cnpma.embrapa.br)

³ Eng^o. Agrícola, M.Sc. Técnico Supervisor da Agência de Águas do Estado da Paraíba.

Sendo o conceito de desenvolvimento sustentável mais amplo, a equipe de pesquisadores do Laboratório de Diagnóstico e Gestão Ambiental (LDGA) da Embrapa Meio Ambiente, tem envidado esforços, nos estudos de sustentabilidade ambiental de temas específicos, como uso das águas e fruticultura irrigada, embasados no conceito de desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a equipe considera como *desenvolvimento sustentável* o processo de transformação no qual a exploração dos recursos naturais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras.

Em se tratando de sustentabilidade ambiental embasada no conceito de desenvolvimento sustentável, há necessidade da realização de estudos que vinculem o equilíbrio entre as três dimensões: social, econômica e ecológica e suas interações, buscando sua melhoria contínua ao longo dos anos (longo prazo). Salienta-se que, para a equipe do LDGA, a palavra meio ambiente compõe-se das três dimensões mencionadas anteriormente, em forma unívoca.

Os estudos sobre sustentabilidade ambiental à semelhança do proposto, é um processo em construção, cuja quantificação e qualificação deve ser procurada e expressada por meio de novos fatores ou indicadores. Nos estudos recentes a utilização de métodos estatísticos, como a análise multivariada, tem ajudado a construir os primeiros protótipos da sustentabilidade de temas específicos (educação, saúde, recursos hídricos, etc.).

A Embrapa Meio Ambiente, por meio do LDGA, desenvolveu uma metodologia que poderá ser utilizada em análise da Sustentabilidade Ambiental, tendo como unidade geográfica de referência a bacia hidrográfica (PROJETO, 2002). A presente palestra apresenta os principais resultados alcançados sobre Impactos Ambientais (IA) *versus* sustentabilidade em agricultura irrigada, desenvolvidos nos últimos anos pela equipe técnica de pesquisadores do LDGA.

ANTECEDENTES

A Embrapa Meio Ambiente utilizou como referência em seus primeiros estudos sobre Impacto Ambiental (IA), as bases conceituais recomendadas pela Surehna/GTZ, (1993). Neste estudo, IA é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas, resultantes das atividades humanas, que afetam a qualidade ambiental. Quando os fatores de produção, intrínsecos aos sistemas de produção irrigados, relacionados com o uso dos recursos solo e água, não são manejados racionalmente, podem conduzir a essas modificações, reduzindo o potencial produtivo (Pereira & Siqueira, 1979; Santos et al., 1994).

Os estudos de avaliação do impacto ambiental (AIA) do uso dos recursos solo e água em áreas irrigadas, por sua vez, deveriam considerar as modificações espaço-temporais das características físico-químicas do solo em função das atividades agrícolas. Os indicadores resultantes dessas intervenções são função da qualidade do manejo do solo e da água, do uso de agroquímicos, da qualidade das águas de irrigação, das características físicas e químicas do solo e dos sistemas de produção em uso – SIPs (Silva, 1997). Assim, os estudos de IA aplicados à agricultura irrigada podem ser considerados como a diferença entre as condições ambientais que existiriam sem essa ação (Surehna/GTZ, 1993).

Na última década, os organismos multilaterais e bilaterais financiadores de Programas de Desenvolvimento Rurais, tem sido considerados os responsáveis pelos IA negativos causados ao ambiente (IICA, 1993; Silva, 1997).

Estudo de caso I

O presente estudo de caso contemplou o projeto de desenvolvimento agrário (PDA) representativo da agricultura irrigada intensiva, localizado na região nordeste do país, representado pelo Perímetro Irrigado “Senador Nilo Coelho” (PISNC), em Petrolina, PE, no Vale do rio São Francisco.

O PISNC está localizado na margem esquerda do rio São Francisco, tem altitude média de 340 m acima do nível do mar e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul 9°20'00” e longitude 40°30'00” a oeste do meridiano de Greenwich. O PISNC foi implantado pela CODEVASF em 1984 (Agro/Principal-CODEVASF, 1988a). A área de colonização do PISNC abrangia na época 9.263 ha, ocupadas por 1.429 produtores irrigantes, dispondo cada um de uma unidade de produção (lote) de 6,5 ha, em média.

Utilizou-se o levantamento detalhado dos solos do PISNC, obtidos em sua fase inicial, referente aos Núcleos N-1, N-2, N-3, N-4 e N-5 (Suvalde/Minter, 1970; Agro/Principal-CODEVASF, 1988c). A área irrigada experimental foi de 216 ha, ocupada por 36 unidades de produção (Figura 1).

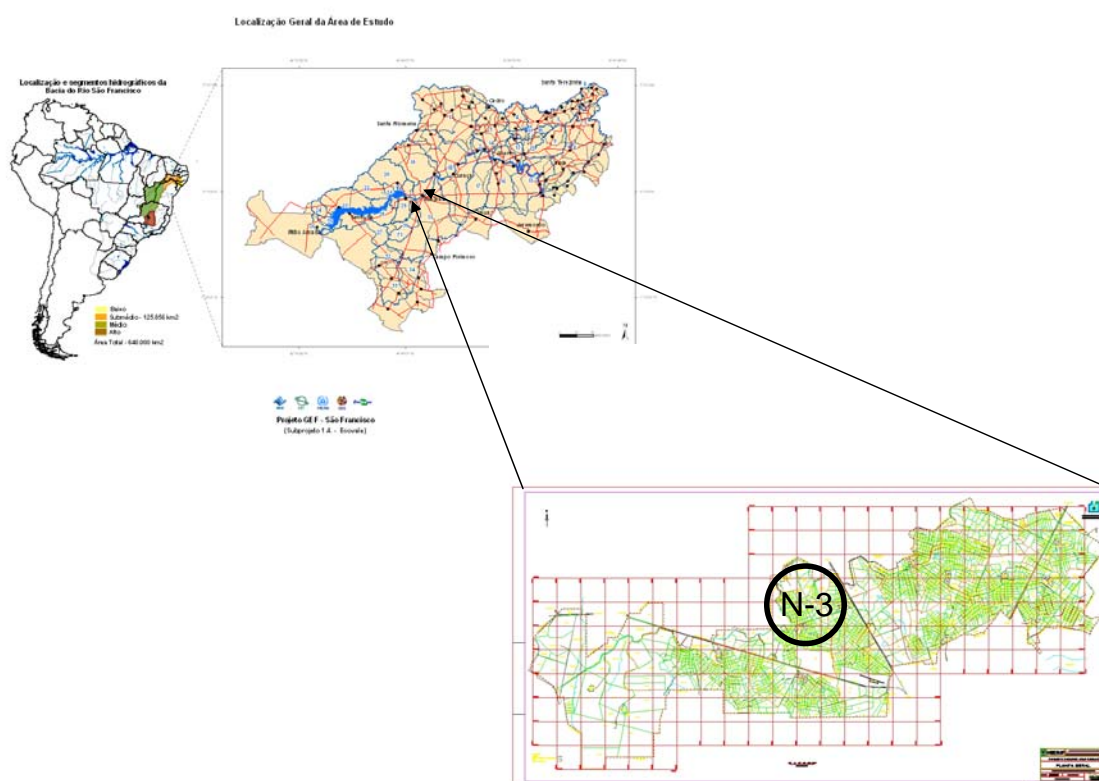


Figura 1. Posição da área para estudos dos impactos ambientais versus sustentabilidade (EIAS), durante o período de 1985/86 a 1995/96, atinente ao Núcleo (N-3) no Perímetro Irrigado “Senador Nilo Coelho” (PISNC), em Petrolina, PE.

Tendo-se em conta os procedimentos requeridos para avaliação dos impactos ambientais (AIA), segundo a Surehna/GTZ, (1993), para um período de 10 anos, foi desenvolvida a matriz de análise de impacto ambiental multivariada (MIAM), que permitiu o diagnóstico comparativo das propriedades dos solos, *Ex-Antes* e *Ex-Post*, tendo-se como unidade geográfica de referência a área do Núcleo Irrigado – N3.

Foram utilizadas 80 variáveis provenientes das unidades taxonômicas dos solos, pertencentes a 84 perfis de solos. As amostras de solo à diferentes profundidades foram coletadas em dois períodos, 1985 e 1995, respectivamente. As unidades taxonômicas do solo, obtidas *in loco*, foram avaliadas por análise de componente principal (ACP), por meio do método fatorial (*Varimax* rotacionado) e agrupadas, através da análise de agrupamento hierárquico (Cluster

analysis), método *Ward* em unidades edafoambientais homogêneas para que cada grupo analisado. Foram identificadas na área de estudo 45 unidades de solo pertencentes às seguintes classes: latossolos, podizólicos, planossólicos e areias quartzosas (Agro/Principal-CODEVASF, 1988d; Silva et al., 1993).

Objetivando a interpretação prática da realidade edafoambiental do N3, o trabalho considerou três campanhas agrícolas distintas e não consecutivas (1965/66, 1985/86, 1995/96) e a cultura do tomate industrial como espécie hortícola de referência, em função do uso excessivo de agroquímicos e de práticas de manejo de solo e água, ao longo do ciclo de cultivo.

A análise fatorial foi utilizada para condensar a totalidade das variáveis físicas, químicas e biológicas dos solos estudados, alusivos à safra agrícola de 1985/86 por horizonte em relação a cada perfil. Enquanto as novas variáveis resultantes (fatores), descreveram a realidade natural do ambiente (avaliação *Ex-Antes*), em relação ao conjunto de variáveis significativas. O mesmo procedimento foi efetuado em relação à realidade dos solos, dez anos depois (avaliação *Ex-Post*) atinente ao ano agrícola de 1995/96.

Os grupos médios (Cluster means) formaram quatro conjuntos de variáveis (macro-propriedades físicas, químicas e biológicas) representativas dos tipos de solo estudados, que possibilitaram o mapeamento digital da área, abrangendo as 36 unidades de produção estudadas (lotes). Assim, as unidades taxonômicas dos solos, inicialmente indefinidas, agruparam-se em unidades edafoambientais (Micro-Edam) novas, de maneira que cada grupo fosse similar ao conjunto das novas variáveis ou macro-propriedades físicas, químicas e biológicas.

RESULTADOS ALCANÇADOS

Avaliação de Impactos ambientais em Áreas Irrigadas *Ex-Antes* e *Ex-Post*

A avaliação dos impactos ambientais em agricultura irrigada compreende vários aspectos relacionados com a degradação ecológica dos recursos naturais, principalmente os relacionados à degradação dos solos, que ocorrem nos projetos de desenvolvimento agrário (PDA), sob agricultura irrigada intensiva, derivadas do uso inadequado de tecnologias e das *Boas Práticas Agrícolas - BPAS*, recomendadas pela pesquisa agropecuária.

Por meio da análise dos principais resultados alcançados na AIA *Ex-antes* e *Ex-post*, foi possível compreender melhor os aspectos relacionados com a qualificação e quantificação da degradação ecológica dos solos irrigados, ao longo do tempo. As alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas ocorridas em vários anos, foram condensadas em Micro-Unidades Edafoambientais (Micro-Edams) por meio de análises dos componentes principais e de agrupamento, com a finalidade de tornar possível a sua representação em um mapa de Zoneamento Edafoambiental (Figuras 2 e 3). Observa-se na Figura 2 uma variação de quatro cores, sendo uma para cada gleba irrigada (lote), em função dos fatores obtidos por meio da análise de componentes principais (ACP). Cada micro-edam tem sua característica edafoambiental definida, em função da interpretação realizada sobre cada fator determinado pela ACP.



Figura 2. Avaliação dos Impactos Ambientais *Ex-Antes* do início das atividades agrícolas irrigadas no Núcleo N-3, do Perímetro Irrigado “Senador Nilo Coelho” (PISNC), em Petrolina, PE. Levantamento detalhado dos Perfis dos solos em 1984. As cores convencionadas em azul, verde, amarelo e vermelho, por gleba rural (lote), indicam potenciais produtivos elevado, altos, médios e baixos, respectivamente.



Figura 3. Avaliação dos Impactos Ambientais *Ex-Antes* do início das atividades agrícolas irrigadas no Núcleo N-3, do Perímetro Irrigado “Senador Nilo Coelho” (PISNC), em Petrolina, PE. Levantamento detalhado dos Perfis dos solos em 1984. As cores convencionadas em azul, verde, amarelo e vermelho, por gleba rural (Lote), indicam potenciais produtivos elevado, altos, médios e baixos, respectivamente.

Aplicou-se a análise de componentes principais (ACP), método fatorial com rotação *Varimax*, sobre um total de 80 variáveis correspondentes às características físicas, químicas e biológicas dos 84 perfis de solos estudados e encontraram-se quatro novas variáveis fatoriais ou macropropriedades do solo, denominadas fatores (Fn), os quais explicaram 52,84% da variância. Das 80 variáveis analisadas, somente 24 foram altamente significativas e suficientes para explicar os resultados alcançados. Estas foram agrupadas em quatro novas variáveis ou indicadores,

denominados Micro-Edams 1, 2, 3 e 4 (Figura 2 e 3), representados pela disponibilidade de nutrientes, água e componentes orgânicos do solo, reação do solo e textura e estrutura do solo.

Observou-se uma redução significativa da área que pertence à Micro-Edam 1, enquanto ampliou-se a Micro-Edam 2 ao longo dos últimos dez anos. Outro fato que chamou a atenção foi a quase inexistência da Micro-Edam 4 na fase inicial do Projeto (FIP) e sua ampliação após 10 anos. Estas modificações foram causadas por alterações das propriedades físicas e químicas ocorridas ao longo do tempo e espaço, em função do uso intensivo dos recursos solo e água.

Os resultados permitiram concluir que as principais mudanças nas propriedades físicas e químicas ocorridas nos solos do Nilo Coelho, em relação à fase inicial, foram decorrentes da condutividade elétrica e da porcentagem de fósforo, correspondentes a um aumento de 78,4% e 116,8% para as unidades edafoambientais (Micro-Edam) 2 e 4 respectivamente. Quanto à disponibilidade total de água no solo e sódio intercambiável, houve uma diminuição correspondente a -84,9% e -91,7%, para a Unidade 2, principalmente no horizonte superficial. Em relação aos componentes sódio e alumínio, foi identificada uma diminuição significativa no horizonte sub-superficial da Micro-Edam 2, quando comparada com a fase inicial do Nilo Coelho, correspondente a -87,9% e -67,2%, respectivamente. Isto foi ocasionado pelo deslocamento destes cátions da superfície de intercâmbio do solo por outros cátions, como magnésio, potássio e cálcio.

As Micro-Edams apresentaram reações desde moderadamente ácidas a ácidas, com um pH em água, que varia de 5,9 a 6,7. A capacidade de intercâmbio catiônico (CIC) oscilou de 3,1 a 4,4meq 100g⁻¹ de solo e a porcentagem de saturação em bases de 27,63% a 77,10%, sem correção para o carbono. A saturação com alumínio e sódio se apresentou muito baixa, o que indica que estes elementos não apresentaram restrições quanto à exploração pela agricultura irrigada. No âmbito de uma Micro-Edam específica, estes resultados são mais precisos. Por exemplo, observou-se que a Micro-Edam 1, apresentou uma reação moderadamente ácida com um pH médio de 5,9, um CIC de 3,1meq 100g⁻¹ e uma saturação de bases intercambiáveis de 56,1%, sem correção por carbono orgânico.

Também foram obtidos resultados semelhantes nas análises de fertilidade do solo. As principais modificações observadas foram quanto ao incremento da área qualificada como Micro-Edam 4, a de maiores restrições em seu potencial agrícola sob irrigação.

As Micro-Edams obtidas tanto por meio das análises das características físico-químicas dos horizontes, quanto das análises de fertilidade do solo, foram factíveis de utilização para AIA, sempre que a amostragem, nas condições atuais do Projeto de Irrigação, abrangia os dois primeiros horizontes sem profundidades fixas, uma vez que poderia haver uma dispersão maior de dados. Conclui-se assim que, os resultados do impacto ambiental obtidos através das análises de fertilidade do solo, realizadas no início da exploração e repetidas para as mesmas unidades edafoambientais na fase atual do Projeto, ofereceram resultados similares aos obtidos através dos perfis, sendo este um dos caminhos mais rápidos, simples e de baixo custo a seguir nos estudos de AIA.

Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA)

Observando-se os diversos ambientes edafológicos obtidos por taxonomia numérica, representados pelas unidades edafoambientais 1, 2, 3 e 4, verificou-se que estes são representativos do potencial produtivo do tomate para a indústria, uma vez que, as maiores produtividades médias de frutos aproveitáveis estão na Micro-Edam 1, associadas às unidades taxonômicas PA26, PA23, PA17 e PA15, com produtividades 48,1 a 75,7t ha⁻¹ e área média de exploração de 4,0 ha. As produtividades que não alcançaram as 48,1t ha⁻¹, localizaram-se na Micro-Edam 4, com área média de exploração de 3,1ha, enquanto as Micro-Edam 1 e 2, com melhores condições edafoambientais, alcançaram 61,9t ha⁻¹. A Micro-Edam 3, somente alcançou

as 55,1t ha⁻¹. Como as Micro-Edam apresentaram potencialidades agrícolas crescentes, em sentido ascendente, estes resultados confirmam a aplicabilidade da metodologia desenvolvida, com base no agrupamento natural dos solos por taxonomia numérica.

A classificação por taxonomia numérica do conjunto de práticas agrícolas para preparação do solo, utilizadas no cultivo do tomate para a indústria, proporcionou também a definição de grupos naturais de agricultores em função das datas de realização de cada tarefa de preparação do solo e do manejo do cultivo. Foram obtidos quatro grupos, assim definidos (Figura 2):

Grupo 1: utiliza as práticas a, g e s na época de plantio recomendada pela pesquisa agropecuária. Por este motivo é o grupo onde foram obtidas as maiores produtividades médias de tomate para a indústria. Este grupo é o segundo em maior número de mão de obra empregada, sendo a maioria familiar, ao redor de 3,5 homem ha⁻¹ em cada ciclo de cultivo do tomate. Está formado por 26,0 % dos agricultores de irrigação com um custo de produção médio relativo ao uso de máquinas agrícolas, de insumos e de mão de obra. Utiliza mão de obra contratada (ao redor de 29,7% do total) na exploração do cultivo de tomate.

Grupo 2: usa as práticas agrícolas combinadas a, g, s e u, antes da época de plantio recomendada pela pesquisa. É constituído por 28,7% dos agricultores, apresentando um custo de produção mais baixo que os outros grupos de produtores. Utiliza 24,6% do total de mão de obra na exploração do cultivo de tomate.

Grupo 3: associa as práticas a, b, g, h e s muito antes da época de plantio recomendada pela pesquisa agropecuária. Está formado por 25,0% dos agricultores, obtém as segundas maiores produtividades (t ha⁻¹) de tomate e utiliza o menor número de mão de obra, ao redor de 1,7 homem ha⁻¹ em cada ciclo de cultivo do tomate.

Grupo 4: as principais práticas agrícolas usadas por esse grupo são as a, g, s e u. É composto por 20,3% dos agricultores, os quais utilizam o maior número de mão de obra familiar (3,7% homem ha⁻¹ por ciclo de cultivo). Este grupo detém os maiores custos com as técnicas de preparação do solo e obtém as mais baixas produtividades de tomate para a indústria.

A associação das melhores condições edafambientais, das práticas agrícolas mais adequadas e da época de semeadura, possibilitaram o alcance das maiores produtividades médias (61,5 t ha⁻¹) do tomate para a indústria.

O impacto ambiental que as atividades agrícolas podem ocasionar é muito complexo e não específico a uma determinada atividade agrícola, já que estas se encontram integradas entre si. Em todas as análises realizadas, que relacionaram as práticas com o ambiente (solo, água e planta), os resultados demonstraram que todas elas formam parte de um processo contínuo e dinâmico que incide no solo sob exploração. Isto pode ou não levar à mudanças significativas em cada campanha agrícola, segundo as condições edafoclimáticas durante o ciclo de cultivo. Esse processo integral é consolidado através de todas as análises realizadas.

Estudo de caso II

Impacto ambiental de alguns metais pesados na fruticultura irrigada

Em continuação, são apresentados os resultados alcançados em estudos realizados na região do Submédio do rio São Francisco em empresas que utilizam, exclusivamente, os fertilizantes químicos via água de irrigação (fertirrigação), tanto por meio de gotejamento, quanto por microaspersão. Os teores médios de metais pesados serão apresentados em gráficos, que apontam a média dos teores médios de Cádmio, Cromo e Níquel, nos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão nos anos de 1998 e 2001, em duas profundidades estudadas 0–20 cm e 40–60cm. Para facilidade de exposição, discute-se cada um dos parâmetros individualmente.

Cádmio

Na Figura 4 observa-se os teores médios de cádmio nos dois sistemas de irrigação na camada mais superficial, cujo aumento foi maior no sistema de irrigação por microaspersão, onde aconteceu um acréscimo significativo de 244,82%: de 0,058 g.dm⁻³ subindo para 0,20 g.dm⁻³. No sistema por gotejamento, o aumento foi de 29,57%, bem menor que no outro sistema. Esta diferença entre os dois sistemas de irrigação pode ser atribuída ao fato de que o teor de cádmio é reduzido pela presença de matéria orgânica e como o sistema de gotejamento possui um maior teor de matéria orgânica, refletiu também na presença deste metal no solo, em menores níveis.

Este aumento nos teores médios de cádmio pode ser explicado pelo fato de que em meio ácido a disponibilidade de metais pesados para as plantas é aumentada, ou seja, os metais tornam-se mais solúveis pelo uso contínuo de fertilizantes fosfatados e corretivos de acidez do solo, fontes desse metal e também pelas cinzas de combustão das máquinas agrícolas que andam pelos setores de irrigação, pulverizando, levando adubos para aplicação da fertirrigação, gradagem, etc.

No CONAMA, não se tem nenhum trabalho falando sobre os níveis permissíveis de concentração destes metais no solo. Em São Paulo, a CETESB já vem trabalhando no sentido de prevenir e controlar a poluição do solo e adotou uma tabela onde se tem valores orientadores para os solos desse estado. Comparando os valores encontrados com a Tabela desenvolvida pela Cetesb, se pode observar que apesar do aumento médio nos valores de cádmio estes limites estão dentro da referência, ou seja, indicam o limite de qualidade para um solo considerado limpo, abaixo de 0,5 g.dm⁻³.

Estudando o conteúdo de metais pesados nos solos implantados com a cultura da uva na Espanha, encontraram valores médios de cádmio abaixo dos valores médios encontrados nos solos naturais da Espanha e do mundo.

Na figura 4, observa-se que na camada de 0-20 cm, as maiores quantidades de cádmio se encontram nos setores de irrigação por microaspersão, no ano de 2001, justamente onde a acidez é mais elevada e os teores de matéria orgânica são menores, fazendo com que a presença do cádmio seja maior.

Constataram grande influência das propriedades dos solos na retenção do cádmio. O solo com maior conteúdo de matéria orgânica, textura mais fina, maior capacidade de troca de cátions, tem a capacidade de fixar este elemento com maior intensidade.

Os teores de cádmio variaram de 0 a 0,24 g.dm⁻³ em todos os tratamentos, e em nenhum caso ultrapassaram os limites permitidos.

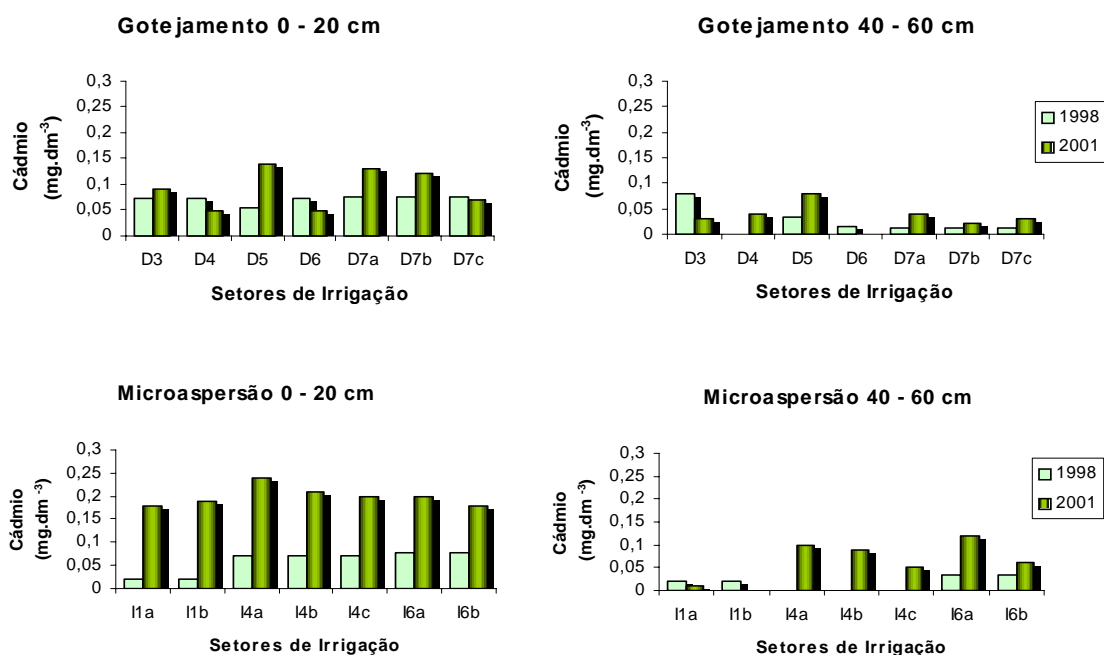


Figura 4. Variação dos valores de cádmio nos setores de irrigação por gotejamento e microaspersão nas duas profundidades

Cromo

Observando-se a Figura 5, nota-se um aumento nos teores médios de cromo nos dois sistemas de irrigação, na camada mais superficial. Inicialmente se tinha um valor médio de cromo no solo para ambos os setores de irrigação de $0,006 \text{ g.dm}^{-3}$; este valor aumentou para $0,105 \text{ g.dm}^{-3}$ no sistema de irrigação por gotejamento, um aumento significativo de 1650% e para $0,128 \text{ g.dm}^{-3}$ no sistema de irrigação por microaspersão, um aumento significativo de 2033%.

Apesar deste acréscimo muito alto nos teores médios de cromo, os limites estão bem abaixo do limite de referência exposto na tabela 8, que é de 40 g.dm^{-3} . Estes aumentos podem ser explicados pelos mesmos fatores causadores dos aumentos dos teores de cádmio.

Na camada de 40–60 cm observa-se que os níveis médios de cromo inicialmente eram maiores do que na camada mais superficial e que houve um aumento, com o passar do tempo, nos dois setores de irrigação; esse aumento foi maior no sistema de microaspersão (970 %) contra 181% no de gotejamento.

Estes altos valores na camada 40-60 cm são decorrentes da facilidade que o cromo tem em circular no solo em direção a horizontes mais profundos, isto porque, em condições favoráveis, o cromo se encontra no solo como uma espécie aniônica, CrO_4^{-2} (Doménech, 1995).

Observando as parcelas individualmente na figura 5, nas camadas superficiais, verificamos que nos setores de irrigação por gotejamento D6, D7a, D7b e D7c foi onde ocorreu o maior acréscimo de cromo. No sistema de irrigação por microaspersão este aumento ocorreu praticamente em todas as parcelas, sendo que no setor I4a aconteceu o menor acréscimo. Nas camadas mais profundas dos setores de irrigação por gotejamento, no setor D3 houve uma diminuição para praticamente zero, enquanto que no setor D6 houve um acréscimo muito grande; nos setores de irrigação por microaspersão houve um acréscimo dos teores de cromo na camada mais profunda de todos os setores: este aumento foi maior no setor I4c.

Nos setores de irrigação D7c na camada de 0-20cm e D6 na camada de 40-60cm ocorreram os maiores valores de cromo no solo, $0,18 \text{ g.dm}^{-3}$, bem inferiores aos limites estabelecidos pela CETESB.

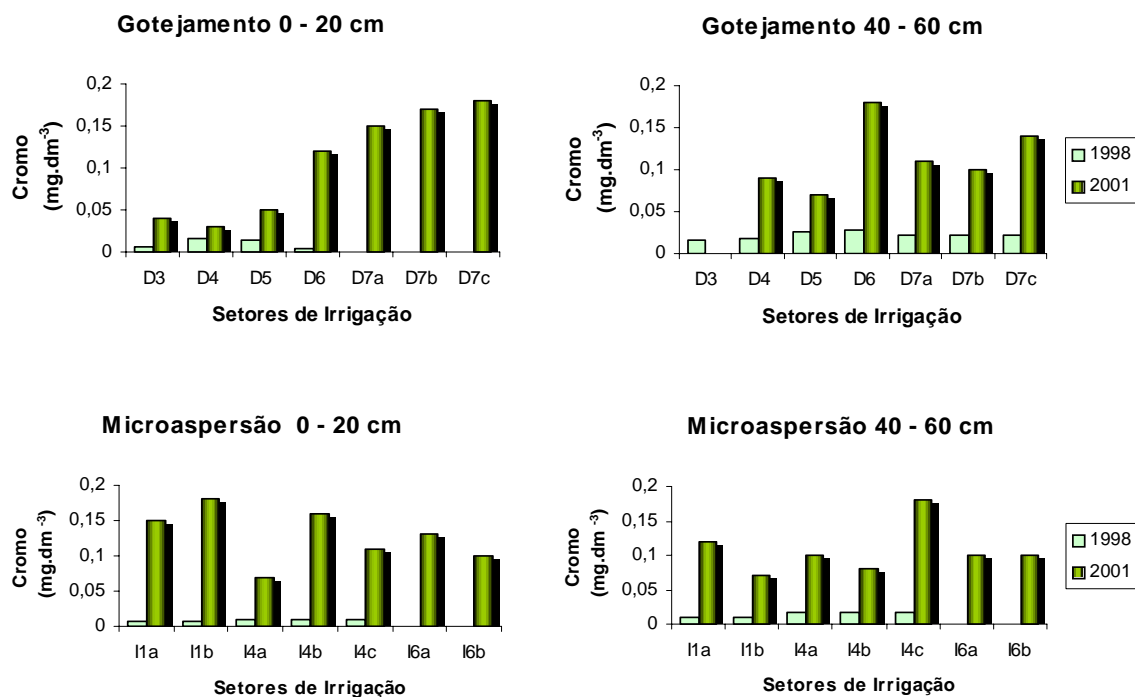


Figura 5. Variação dos valores de Cromo nos setores de irrigação por gotejamento e microaspersão nas duas profundidades.

Níquel

Os dados da Figura 6 mostram um aumento dos teores médios de níquel em todos os setores de irrigação, sendo este aumento significativo nas camadas superficiais, nos dois sistemas de irrigação e no setor de irrigação por gotejamento na camada mais profunda.

Na camada mais superficial, no sistema de irrigação por gotejamento, inicialmente se tinha $0,51 \text{ g.dm}^{-3}$ passando para $1,23 \text{ g.dm}^{-3}$, um aumento de 141% e no sistema de irrigação por microaspersão inicialmente se tinha $0,50 \text{ g.dm}^{-3}$ passando para $1,11 \text{ g.dm}^{-3}$, aumentando 122%.

Apesar deste aumento, estes valores estão muito baixos em relação aos valores estipulados pela CETESB, de 13 g.dm^{-3} .

Na camada mais profunda também houve um aumento nos dois sistemas de irrigação, onde no sistema de irrigação por gotejamento inicialmente se tinha $0,30 \text{ g.dm}^{-3}$ passando para $0,97 \text{ g.dm}^{-3}$ um aumento de 223%, maior que na camada mais superficial, enquanto que no sistema de irrigação por microaspersão o aumento foi de $0,24 \text{ g.dm}^{-3}$ para $0,41 \text{ g.dm}^{-3}$ um aumento 70% inferior à camada superficial.

Trabalhando em áreas com cultivo de uva na Espanha, Marín (2000) encontrou valores de níquel acima do limite recomendado na Espanha que é de 75 ppm. O autor atribui os valores acima do permitido às atividades antropogênicas, através da atividade agrícola, que utilizam quantidades de fertilizantes fosfatados e nitrogenados que contêm esses metais.

Observando os setores individualmente na figura 16 notamos que na camada de 0 –20 cm no sistema de irrigação por gotejamento praticamente houve um aumento constante em todos os setores; na mesma profundidade, no sistema de irrigação por microaspersão, nota-se que as parcelas I1a e I1b foram os setores em que houve maiores aumentos. Com relação à camada mais profunda, no sistema de irrigação por gotejamento a parcela D7b foi o setor onde houve maior aumento, enquanto que nos setores de irrigação por microaspersão este aumento não foi muito grande.

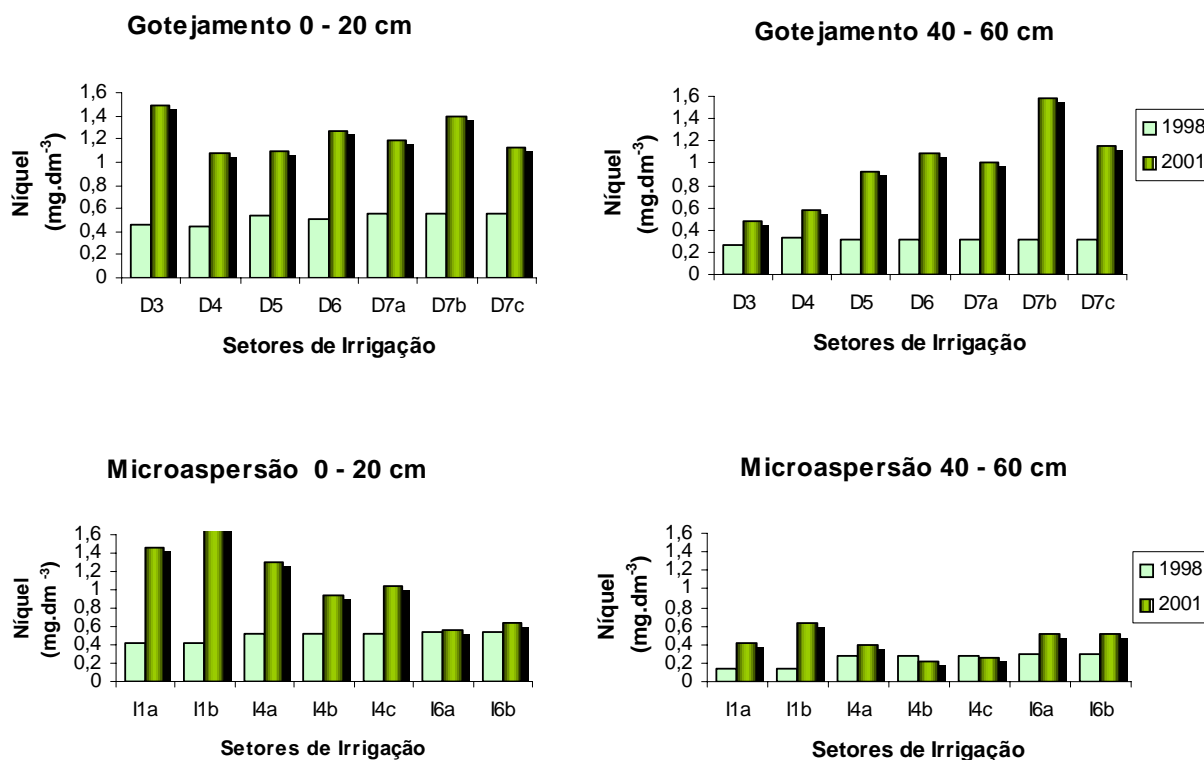


Figura 6. Variação dos valores de Níquel nos setores de irrigação por gotejamento e microaspersão nas duas profundidades.

Os setores onde houve maiores aumentos nos teores de níquel foram os setores D3 e D7b na camada mais superficial com $1,49\text{g.dm}^{-3}$ e $1,39\text{g.dm}^{-3}$ e o setor D7b na camada mais profunda com $1,59\text{g.dm}^{-3}$. Apesar deste aumento, estes limites estão bem abaixo dos limites de referência estabelecidos pela CETESB.

A produtividade em função, exclusiva, da fertirrigação e da fertilidade natural do solo

Na propriedade estudada, a uva é explorada em duas safras anuais, direcionadas para atender o mercado Europeu durante os meses de maio-junho e novembro-dezembro.

Na figura 7 estão apresentados os dados de produtividade média de sete safras da cultura da uva em toneladas por hectare, distribuídos em valores médios para os setores de irrigação por gotejamento e microaspersão. O que podemos observar nesta figura é que as melhores safras anuais sempre ocorrem no segundo período do ano (julho a outubro).

Relacionando a produtividade média dos dois setores de irrigação com a temperatura média na Tabela 1 podemos notar que a temperatura média exerce uma certa influência na produção, ou seja, em temperaturas menos elevadas, na faixa de $26,2$ a $27,8^\circ$ foram obtidas as melhores produções.

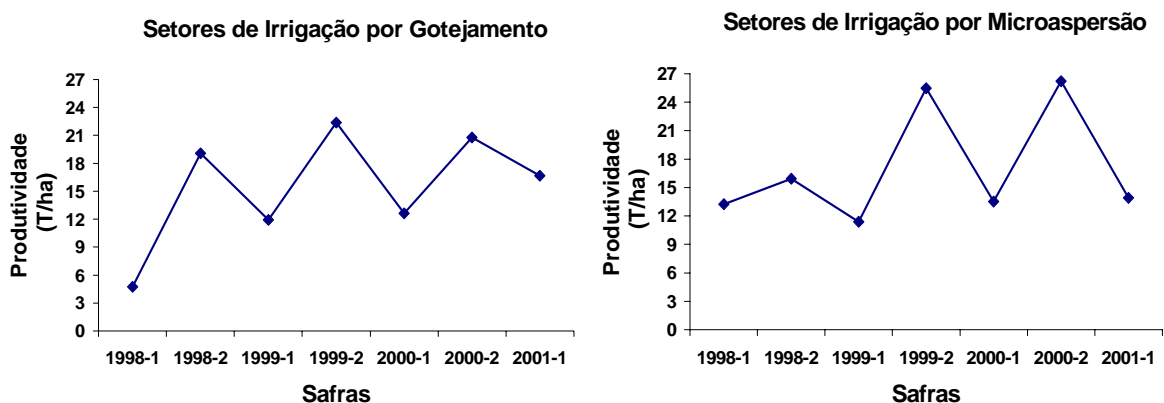


Figura 7. Produtividade média nos setores de irrigação por gotejamento e microaspersão.

Com relação aos outros dados climáticos, nota-se que a melhor média de produtividade no sistema de irrigação por gotejamento foi na segunda safra do ano de 1999, com uma produtividade média de 22,38 T/ha, tendo como precipitação média para os quatro meses de ciclo da uva em torno de 2,0 mm, média da umidade relativa do ar 56,86 % e evaporação média de 7,59 mm. No sistema de irrigação por microaspersão a melhor média de produtividade ocorreu na segunda safra de 2000, com uma produtividade média de 26,23 T/ha, quando houve uma precipitação média em torno de 0,65 mm, umidade relativa do ar de 56,06 % e evaporação média de 7,78 mm.

Tabela 1. Valores médios dos quatro meses correspondentes ao ciclo da uva: Temperatura Média, Precipitação, Umidade Relativa do Ar e Evaporação.

Período	Temperatura Média °C	Precipitação mm	Umidade %	Evaporação. mm
1998.1	29,35	1,87	59,74	8,29
1998.2	27,80	0,04	50,59	9,10
1999.1	29,19	1,55	53,73	7,91
1999.2	26,22	2,01	56,86	7,59
2000.1	27,36	3,25	66,19	5,66
2000.2	26,88	0,65	58,73	7,78
2001.1	28,26	1,28	59,06	7,57

ALGUNS SUBSÍDIOS PARA FUTUROS ESTUDOS DE IRRIGAÇÃO E SEUS IMPACTOS NA QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SOLOS EM BASE SUSTENTAVEL

Controle de efluentes e economia de uso de água

Os indicadores químicos usados tradicionalmente para o controle de qualidade da água, deverão ser complementados por novos parâmetros físicos, biológicos e ecológicos, com base na totalidade do corpo de água em estudo, neste caso específico, toda a água subterrânea e superficial de abastecimento e de drenagem no âmbito de cada Distrito de Irrigação. A unidade geográfica mais apropriada para a realização deste tipo de estudo é a Bacia, Sub-Bacia ou Micro Bacia Hidrográfica de captação, que inclui as águas superficiais e subterrâneas, onde se encontra localizado o referido Distrito ou Projeto de Irrigação. Também a qualidade da água é afetada pelas atividades humanas, como as práticas agrícolas de exploração dos solos, as atividades agroindustriais, a erosão e o desmatamento desordenado da vegetação natural.

Na atualidade, projetos de pesquisa e desenvolvimento estão sendo propostos em âmbito regional e tratam do controle dos efluentes agroindustriais, de economia e racionalização do uso da água de irrigação, visando um planejamento hidrológico que satisfaça as demandas da água para consumo humano e animal, o equilíbrio e a harmonização do desenvolvimento municipal, regional e setorial. Com isto se espera incrementar a disponibilidade do recurso, protegendo sua qualidade, economizando seu emprego e racionalizando seu uso em harmonia com o meio ambiente.

Estação de aviso [on line](#) ao irrigante

Um dos parâmetros que mais influenciam no manejo racional da água de irrigação é a quantificação das necessidades hídricas dos cultivos. A importância do conhecimento do consumo real de água pelos cultivos aumenta com o tamanho da superfície irrigada. Essa informação será utilizada para a elaboração de calendários de irrigação em tempo real, o que viabilizará o monitoramento *on line* da agricultura irrigada, em função do aperfeiçoamento das metodologias e instrumentação disponíveis atualmente, utilizados para estimar as necessidades hídricas reais das culturas.

No caso do nordeste brasileiro, a inexistência de informações agroclimáticas apropriadas e do conhecimento da qualidade dos efluentes drenados para os lençóis subterrâneos ou para as águas fluviais, nas zonas irrigadas da região, torna necessária a aquisição de uma rede moderna de estações edafoclimáticas e de controle de efluentes automáticas para cada polo de irrigação. Essa processará automaticamente os dados climatológicos por unidade edafoambiental, fará o balanço de água em distintas Unidades taxonômicas do solo, indicará a flutuação do lençol freático nas áreas críticas dos Perímetros Irrigados e estimará os níveis máximos de resíduos dos efluentes na rede de drenagem principal e em alguns pontos críticos a serem pré-identificados naqueles Projetos de Irrigação, circunvizinhos a centros urbanos ribeirinhos e com população superior a 50 mil habitantes.

Implicações do uso de agroquímicos nas águas residuais

Lean & Henrichsen (1992) citam que a contaminação química nos trópicos é de $213 \times 10^6 \text{ ha}^{-1}$. Os maiores responsáveis por essa contaminação são o manuseio e o uso inadequado dos insumos agrícolas como fertilizantes e agrotóxicos, que são indispensáveis na agricultura irrigada. No Brasil, em 1991, foram consumidas 60.188 toneladas de agrotóxicos, das quais 25.714 pertencem ao grupo dos herbicidas, 19.425 aos inseticidas e 15.049 aos fungicidas. Em alguns locais podem ocorrer altas concentrações de agrotóxicos no solo devido ao derramamento durante a mistura dos produtos para preparação da calda, lavagem de equipamentos de aplicação, descarte de embalagens e depósito pela aplicação direta em valetas e tanques. Em base de dados da EPA, de 74 agrotóxicos detectados em água subterrânea em 38 estados americanos, 46 foram atribuídos ao uso agrícola normal e 32 atribuídos a fontes pontuais e ao emprego errôneo. O derramamento foi identificado como a maior fonte de contaminação da água subterrânea. Outro exemplo de contaminação, descrito na literatura científica, cita um solo de fosso na Califórnia, usado para descarte de pesticida. Um total de 5420 a 19330mg kg^{-1} de 13 agrotóxicos foram encontrados nos primeiros 7,5cm do solo.

Monitoramento e avaliação dos impactos ambientais das atividades agroindustriais na qualidade da água para consumo humano

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) tem sido mundialmente referenciada como um importante instrumento para definição de políticas públicas e para o planejamento de atividades que possam comprometer a qualidade de vida das populações. Considera-se impacto como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas

por qualquer forma de matéria ou energia, assim como, as alterações sócio-econômicas, resultantes das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem:

a saúde, a segurança e o bem-estar da população humana;
as atividades sociais e econômicas;
as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
a qualidade dos recursos naturais;
os costumes, a cultura e as formas de sobrevivência das populações.

A AIA constitui-se, portanto, no conjunto de procedimentos que determinam, interpretam e prevêm os efeitos positivos e negativos de ações sobre a saúde, o bem-estar e o equilíbrio ecológico numa determinada área e período de tempo, propondo medidas corretivas para minimização de impactos negativos.

É importante salientar que o monitoramento ambiental deve ser visto como parte fundamental dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA, havendo necessariamente a vinculação de uma hipótese inicial quanto à dinâmica no tempo e no espaço dos parâmetros e fatores ambientais frente à atividade a ser implantada. O monitoramento dessas variáveis servirá para testar tal hipótese, para daí se propor novas medidas corretivas na atividade como um todo.

Em se tratando das atividades agrícolas, cuja principal característica é sua natureza difusa e amplas áreas geográficas de atuação, as metodologias de AIA ainda estão em desenvolvimento e não apresentam uma padronização internacional, fato que já é realidade para outras atividades, como por exemplo, projetos de usinas hidro ou termoelétricas, aeroportos, mineração e aterros sanitários ou industriais. Tal fato pode ser atribuído em parte, à maior magnitude e conseqüentemente maior potencial de degradação ambiental dessas atividades pela sua concentração nas proximidades de centros urbanos, despertando interesse imediato da unidade envolvida.

Inúmeras dificuldades, de caráter político, técnico e metodológico têm prejudicado ou mesmo impedido o adequado monitoramento ambiental, tanto no Brasil, como nos países industrializados. Importantes avanços são encontrados nas áreas de saúde pública, contaminação ambiental por fontes pontuais - como indústrias, aterros de resíduos tóxicos - controle de desmatamentos e queimadas, entre outras. Porém, quando se trata de fontes não pontuais de impacto ambiental, como a atividade agrícola, as dificuldades são ainda maiores, principalmente pela carência de conhecimento das complexas interações nos ecossistemas e agroecossistemas associados.

REFERÊNCIAS

- AGRO/PRINCIPAL-CODEVASF. **Anexos dos diagnósticos do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, núcleos 01, 02, 03, 04 e 05.** v. 1, Tomo IV. Petrolina: CODEVASF, 1988a. 200 p.
- AGRO/PRINCIPAL-CODEVASF. **Anexos dos diagnósticos do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, núcleos 01, 02, 03, 04 e 05.** v. 2, Tomo IV. Petrolina: CODEVASF, 1988b. 252 p.
- AGRO/PRINCIPAL-CODEVASF. **Levantamento detalhado dos solos e zoneamento da situação atual do lençol freático do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, núcleos 01, 02, 03, 04 e 05.** v. 1, Tomo II. Petrolina: CODEVASF, 1988c. 136 p.
- AGRO/PRINCIPAL-CODEVASF. **Levantamento detalhado dos solos e zoneamento da situação atual do lençol freático do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, núcleos 01, 02, 03, 04 e 05.** v. 1, Tomo II. Petrolina : CODEVASF, 1988d.136 p.
- GOMEZ OREA y DIAZ, M. C. **Impactos ambientales.** Volumen 7 del Curso de Gestión Medioambiental. Madrid: Instituto de Formación Empresarial / Cámara de Comercio e Industria de Madrid, 1992.

IICA. **Desenvolvimento rural e impacto ambiental**. Brasília: IICA- Escritório no Brasil / Sociedade Alemã de Cooperação Técnica / Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 1993. 379 p. (IICA. Série Publicações Miscelâneas, A4/BR-002/93).

LEAN, G.; HINRICHSEN. **Atlas del medio ambiente**. Sevilla: Edición Algaida, 1992. 209 p.

PEREIRA, J. R.; SIQUEIRA, F. B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 189-195, 1979.

PROJETO de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco - desenvolvimento de um sistema de monitoramento de qualidade de água no submédio do rio São Francisco: índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_água): relatório final. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 158 p. il.

SANTOS, Z. P. S.; SOUZA, M. C. M.; CARRIERI, A. de P. Pesquisa em sistema de produção: uma revisão. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, p. 127-139, 1994.

SILVA, A. de S. **Impacto ambiental del uso de los recursos suelo y água en áreas agrícolas bajo riego**: estudio aplicado a zonas áridas brasileñas y españolas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1997. 534 p. (Tesis – Doctoral)

SILVA, F. B. R.; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUSA NETO, N. C. de; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. da; SILVA, A. B. da. (1993). **Zoneamento agroecológico no Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA- CPATSA / Recife: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 1 v., il.

SUREHMA. **Manual de avaliação de impactos ambientais**. 2. ed. Curitiba: IAP: GTZ, 1993.

SUVALE. Superintendência do Vale do São Francisco. **Reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solos da bacia do Rio São Francisco**. Recife: SUDENE/SUVALE/CHESF/USAID, 1970. v. 1, 303 p.