

19ª semana do Ambiente

Curacavea, SP
5 - 9 de Maio 1985

ISOTOPOS E AGRICULTURA

BR8920359

INIS-BR--1485

Euripedes Malavolta

Professor Catedrático, Pesquisador Voluntário

CENA/ESALQ

1. INTRODUÇÃO

Dentro de um contexto ecológico a Agricultura (com A maiúsculo) pode ser definida assim:

"Agricultura é a arte de perturbar os ecossistemas em termos econômicos e sem produzir danos irreversíveis".

É o que o homem vem fazendo - ou procurando fazer - nos últimos 10 mil anos quando para se alimentar deixou de ser apenas catador de grãos e caçador de animais selvagens:

1. substituiu o búfalo das pastagens norte americanas por gado de corte;
2. trocou o cangurú na Austrália por ovelhas;
3. derrubou florestas e semeou milho e trigo.

Mais recentemente e isto por aqui:

1. trocou o pau torto do cerrado pelo arroz de sequeiro, pelo arroz irrigado, pela soja, pela cana, pelo café e pela laranja;
2. cabrucou a floresta úmida e nela plantou seringueira e cacau.

E continuará a fazer isso enquanto perdurar a "aritmética dos coelhos" do crescimento da população do país e do mundo.

Teria havido no processo - ou está havendo - danos irreversíveis? É possível que sim, num e noutro caso, a despeito de que pretende a generalização desvairada das cassandras ecológicas.

Mas, se comer é preciso, preservar e melhorar também o é:

1. preservar recursos naturais não renováveis, preservar solo, água e ar;
2. melhorar o solo para que a semente nele planta da realize todo o seu potencial de colheita.

Os isótopos radioativos e estáveis - têm ajudado a atingir esses objetivos como será ilustrado a seguir.

2. ADUBOS E ADUBAÇÃO

2.1. Adubação e poluição do solo e da água

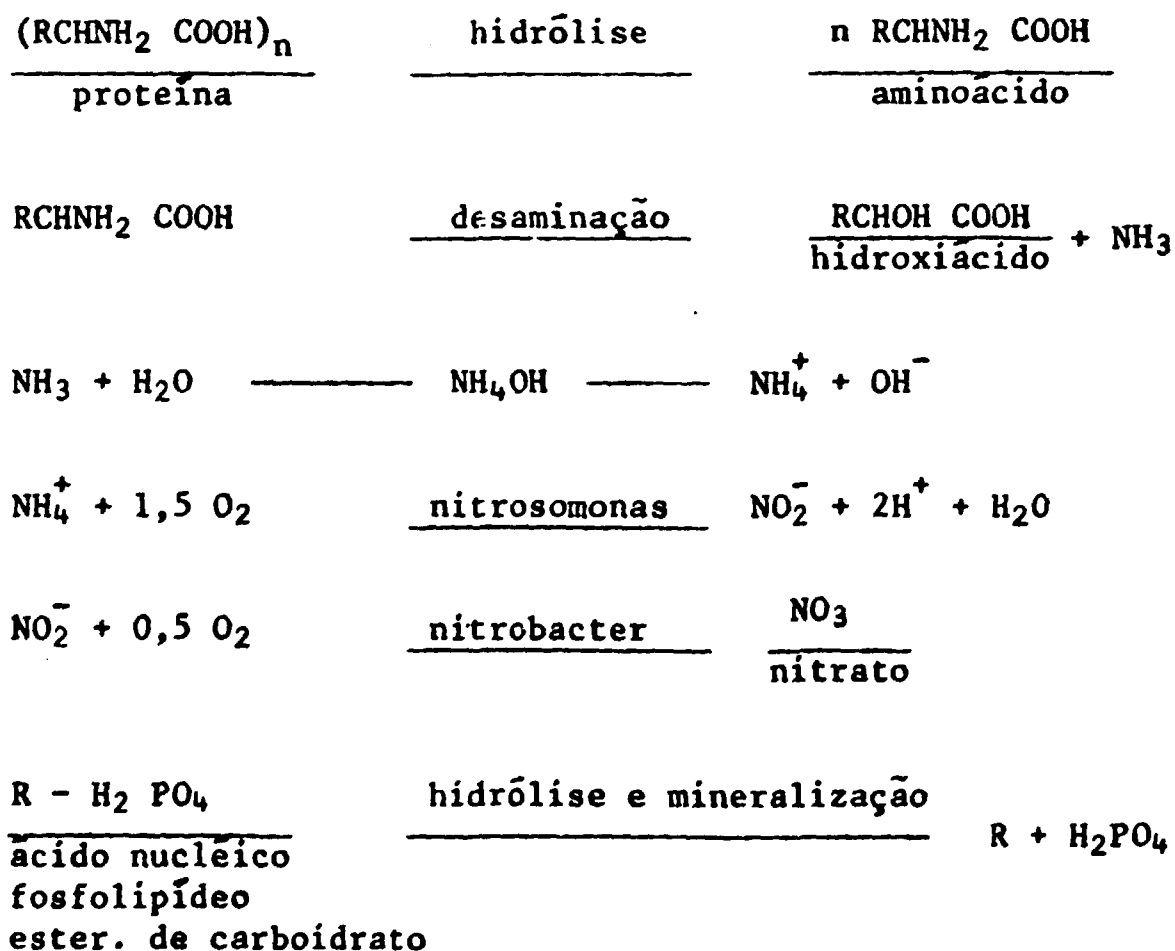
Os fiéis da Ecologia se dividem em três grupos a saber:

1. **os ecólogos:** são aqueles sem os quais a Ecologia não vive; no Brasil contam-se nos dedos de uma mão;
2. **os ecologistas:** são os aprendizes de Ecologia; há muitos no Brasil;
3. **os ecologeiros:** são os ignorantes, arrevistas e demagogos da Ecologia, vivem às custas dela e chegam a ganhar prêmios oficiais ou para oficiais; é o maior contingente.

Para os ecologistas - ignorância ou má fé ou as duas coisas juntas - os adubos minerais, que eles erradamente chamam de "químicos", como se os adubos orgânicos também não o fossem, poluem o solo e a água. Ou melhor, por se tratar de corpos estranhos, são venenos para o solo e para a água.

A Tabela 2.1 mostra os principais adubos minerais usados no mundo inteiro, Brasil inclusive, e os produtos da sua transformação no solo, forma essas em que as raízes da planta absorvem-nos da solução.

Tais formas são iguaizinhas àquelas que o solo, nas condições naturais, fornecem-nos à planta ou que resultam da mineralização da matéria orgânica:



R - K, Ca, Mg hidrólise e mineralização $R + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}$

RSH hidrólise, mineralização, oxidação $R + SO_4^{-2}$
 tricomposto

Tabela 2.1. Principais adubos minerais e sua transformação no solo.

Adubo	Fórmula	Produtos	
		Iniciais	Finais
Uréia	$CO(NH_2)_2$	$CO_2 + NH_3$	$CO_2 + NO_3^-$
Nitrato de amônio	$NH_4 NO_3$	$NH_4^+ + NO_3^-$	NO_3^-
Sulfato de amônio	$(NH_4)_2 SO_4$	$NH_4^+ + SO_4^{-2}$	$NO_3^- + SO_4^{-2}$
Superfosfato simples	$Ca (H_2PO_4)_2 + Ca SO_4$	P - ads.; P - Fe, Al, Ca Ca SO_4	$Ca^{+2} + K_2PO_4^- + SO_4^{-2}$
Superfosfato triplo	$Ca (H_2PO_4)_2$	P - ads P - Fe, Al, Ca	$Ca^{+2} + H_2PO_4^-$
Fosfatos de amônio	$NH_4 H_2PO_4$ $(NH_4)_2 HPO_4$	NH_4^+ P - ads P - Fe, Al, Ca	$NO_3^- + H_2PO_4^-$
Fosfato natural	$Ca_3 (PO_4)_2$	Ca^{+2} P - ads P - Fe, Al, Ca	$Ca^{+2} + H_2PO_4^-$
Cloreto de potássio	KCl	$K^+ + Cl^-$	$K^+ + Cl^-$

A Tabela 2.2 preparada com os dados de CEA, IFA & IPE (1983) dá o destino final dos adubos minerais aplicados.

Segue-se daí que:

1. adubo mineral não polui nem solo e nem água,
2. adubo mineral não é veneno.

A preocupação improcedente - em termos gerais - com a poluição da água e a eutrofização de rios e lagos provocados pelo adubo distraiu a atenção de todos - ecológicos, ecologistas, ecogeiros, engenheiros agrônomos - do dano maior causado pela erosão que "rouba hoje a herança dos brasileiros de amanhã". Com a terra que deixa a propriedade agrícola são levados nutrientes como se vê na Tabela 2.3.

2.2. Uso eficiente dos adubos

A produção de adubos nitrogenados a partir da síntese industrial da amônia - o intermediário chave afastou a ameaça da profecia malthusiana visto que:

N - o ar é reservatório inesgotável

H - a água, se necessário, é outra fonte inesgotável, quando acabarem os combustíveis fósseis.

As reservas conhecidas de K_2O tem uma duração estimada em centenas, talvez milhares, de anos.

As reservas de P_2O_5 , entretanto, são limitadas, o que tem dado origem a outra ameaça, neomalthusiana.

Tabela 2.2. Destino dos adubos minerais aplicados no solo (% do total).

Destino	N	Elemento	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
remoção pela colheita	25 - 70	5 - 30	5 - 1000
lixiviação e erosão	0 - 30	0 - 10	0 - 10
incorporação na mat. org. e depois mineralizado	0 - 30	-	-
volatilização (NH ₃)	0 - 40	-	-
desnitrificação (N ₂ , N ₂ O)	0 - 30	-	-
fixado	-	70 - 95	0 - 20

Tabela 2.3. Perdas de nutrientes pela erosão no Brasil (aproximado).

Elemento	Milhões (t/ano)	Equivalência
N	1	Consumo em 1987
P ₂ O ₅	0,4	1/5 consumo em 1987
K ₂ O	2,4	1/5 x consumo em 1987
Ca	3	Consumo calcário em 1987
Mg	1	Idem
S	0,3	Importação de sulfato de amônio em 1987

O fósforo, macronutrientes, é um recurso

- * finito
- * não renovável (pleonasma para ênfase) e
- * insubstituível

A planta ou come P ou morre. E sem vida vegetal não há vida para o homem. Vejam-se os dados de LOBO & SILVA (1984):

P₂O₅ contidos nas reservas brasileiras de fosfato - 345,2 milhões de t

recuperação média na lavra - 85%

recuperação média no beneficiamento - 65%

$345,6 \times 10^6 \times 0,85 \times 0,6 = 176,1$ milhões de t

taxa de crescimento do setor agrícola = 4% ao ano

P₂O₅ consumido em 198 - 1.731 milhões de t

duração das reservas calculadas pela fórmula:

$$S = \frac{A_1 (Q^N - 1)}{Q - 1} \quad \text{onde:}$$

S = soma dos termos da progressão geométrica e igual a 176,1 milhões de t de P₂O₅

A₁ = primeiro termo da progressão = 1.731 milhões de t P₂O₅

Q = taxa de crescimento = 1,04

N = número de anos = 42

Quer dizer: as reservas brasileiras de P₂O₅, admitidas as hipóteses, devem se esgotar em meio século.

O aumento da vida útil dessas reservas - e a independência do mercado externo - pode ser conseguida através de várias medidas que se complementam:

1. lavra diferenciada em função do destino final da rocha - fosfórico, superfosfato simples, termofosfatos, etc.;
2. melhor recuperação no beneficiamento;
3. mudanças tecnológicas (vias de solubilização com maior tolerância quanto ao teor de contaminantes no concentrado fosfórico);
4. adaptação da legislação (exigências quanto a teores mínimos e solubilidade do produto final);
5. uso mais eficiente do adubo nas lavouras temporárias e perenes.

O Brasil consome aproximadamente 1/5 - 1/3 do calcário que necessita para a correção da acidez dos seus solos. Solo ácido, entre outras coisas, é solo que fixa muito fósforo deixando menor proporção para a planta. As reações que ocorrem são as da Figura 2.1, tirada de MALAVOLTA & KLIEMANN (1985).

A Figura 2.2, reproduzida de MALAVOLTA (1986) mostra que 300 kg P₂O₅/ha, sem calagem, tem um efeito menor que o de 100 kg depois da correção da acidez.

A demonstração de que a calagem aumenta a disponibilidade do P foi dada por MALAVOLTA et alii (1965) que fizeram a determinação do valor "A" em amostras de solos do cerrado que haviam recebido calcário como se vê na Figura 2.3. Convém lembrar que:

$$A = \frac{B(1-y)}{y} \quad \text{onde:}$$

A = teor de P disponível no solo

B = quantidade de P adicionada

$$y = \frac{\text{atividade específica do P na planta}}{\text{atividade específica do P no adubo}}$$

A localização do adubo fosfatado é fator que pode determinar maior ou menor aproveitamento, conforme mostram as Tabelas 2.4 e 2.5 (MALAVOLTA & NEPTUNE, 1977). Os ensaios foram feitos usando superfosfato simples marcado com P^{32} .

Tabela 2.4. Absorção do superfosfato marcado pelo cafeeiro em função do método de aplicação.

Tratamento	% P folhas vindo do adubo	Eficiência relativa
	1º experimento	
Faixa circular	10,2	100
Sulco circular	2,4	23
Sulco semi-circular	1,7	17
Pulverização foliar	38,8	372
	2º experimento	
Sobre o "mulch"	12,3	-
Após retirada do "mulch"	12,5	-

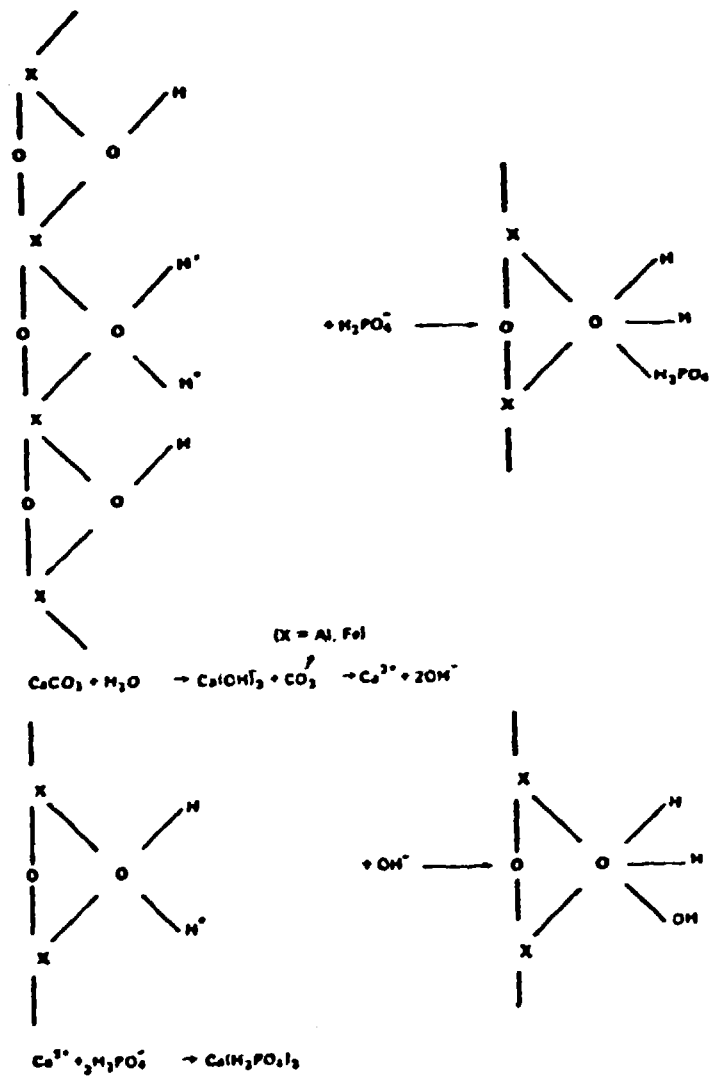


Figura 2.1. Esquema da fixação do P e do efeito calagem.

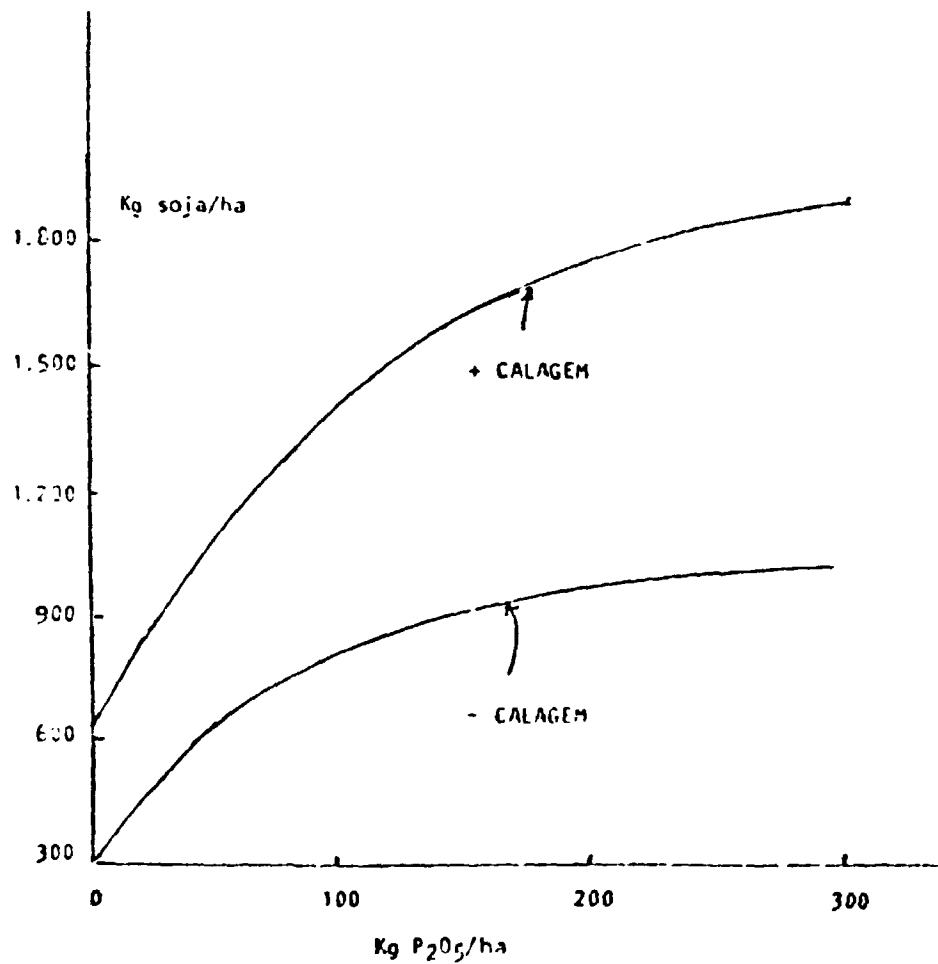


Figura 2.2. Efeito da calagem na eficiência da adubação fosfatada (cerrado de Minas Gerais).

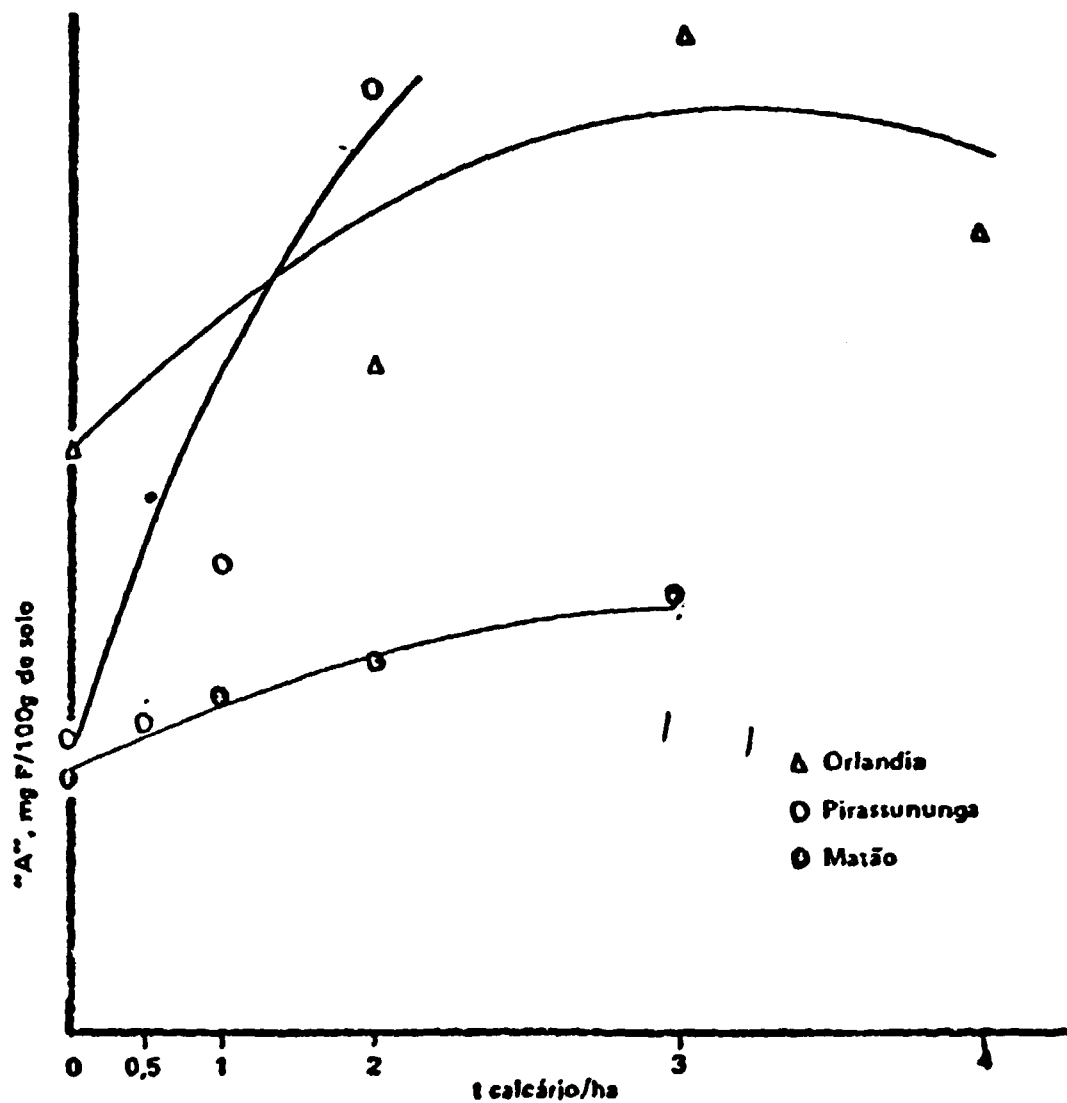


Figura 2.3. Influência da calagem na disponibilidade do P em três solos de cerrado (MALAVOLTA, 1984a).

Tabela 2.5. Absorção do superfosfato marcado pelo maracujazeiro em função do método de aplicação.

Tratamento	% de folhas vindo do adubo	Eficiência relativa
Sulco circular	1,0	100
Faixa circular	1,2	120
Furos	0,3	30
Pulverização foliar	2,3	230

2.3. Agricultura sem adubos minerais?

A Tabela 2.6, feita a partir do CEA, IFA & IPI (1983) resume as características mais salientes de algumas chamadas "agriculturas alternativas": como se Agricultura, do mesmo modo que Democracia admitisse qualificativos para mais ou para menos... A área ocupada na Europa por esses tipos de "agricultura alternativa" aparece na Tabela 2.7.

A Figura 2.4., preparada a partir dos dados de ALLAWAY (1971) mostra o que vem fazendo a Agricultura com adubos minerais - embora não se pretenda, o que seria simplório, que as duas variáveis do gráfico representem uma simples relação de causa e efeito.

3. DEFENSIVOS

Os ecologistas tupiniquim mudaram o consagrado "defensivo", pacífico mas não passivo, em palavra feia,

"agrotóxico", intolerante e agressivo. Ensina Mestre Aurélio:

agro = campo
tóxico = que envenena

agrotóxico = defensivo agrícola

Literalmente: agrotóxico seria o que envenena no campo. Como se chamariam os produtos que envenenam em casa ou nas cidades? E os remédios tomados em doses excessivas ou com efeito cumulativo? Biocidas? Falem os médicos.

Agrotóxicos é outro "palpite infeliz" dos ecologistas (com licença, Noel Rosa). Cabe aos que ensinam e praticam a Agricultura a tarefa de repudiá-lo. Se é que há tempo ainda.

Tabela 2.6. Alguns exemplos de agriculturas alternativas.

Tipo	Fundador	Característica
Biodinâmica	Steiner (Alemanha)	Resíduos animais <u>ativa</u> dos com <u>ervas</u> Forças cósmicas (con- junção das estrelas) promovem germinação
Organo-Biológica	Muller & Rusch (Alemanha)	Promoção da vida mi- crobiana (cultivo míni- mo, resíduos orgâni- cos) Adubos minerais solú- veis em água são "ver- boten"

Continua ...

Tabela 2.6. Continuação.

Tipo	Fundador	Característica
Natural	Furst (Alemanha)	Cultivo mínimo Permitidos: adubos fosfatados e potássicos contendo sulfatos, <u>Sa</u> litre do Chile

Tabela 2.7. Proporção da terra arável da Europa ocupada por agriculturas alternativas.

País	% do total
Bélgica	0,03
República Federal da Alemanha	0,10
Inglaterra	0,04
França	0,03 - 0,24
Holanda	0,04

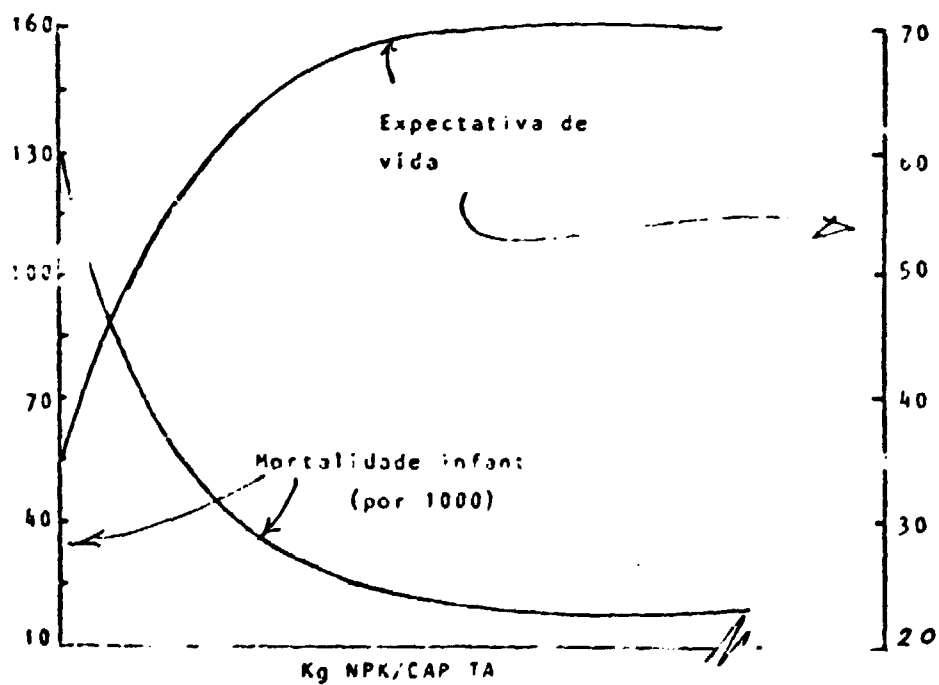
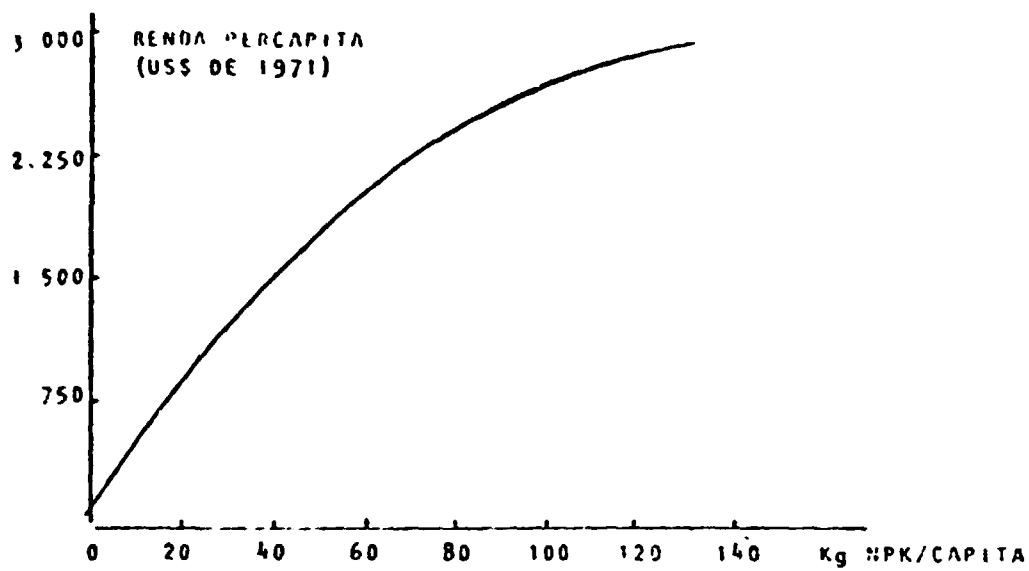


Figura 2.4. Relações entre consumo de adubo, renda "per capita", mortalidade infantil e expectativa de vida em 19 países.

A agricultura moderna depende largamente de 4 tecnologias (BROWN, 1970).

- mecanização
- irrigação
- adubação
- controle químico de ervas más, pragas e moléstias.

Os defensivos correspondem à última.

Um pouco de história e muita histeria.

Em 1948 Paul Hermann Müller, um suíço, ganhou o Nobel de Química pela descoberta do DDT. Estima-se que durante os primeiros 10 anos em que foi usado o DDT

- * salvou 5 milhões de vida e
- * impediu 100 milhões de casos de doenças transmitidas por artrópodos (do tifo à doença do sono passando pela malária e pela febre amarela).

Hoje, ironicamente, está banido em muitos países - sendo persistente no solo passaria para a cadeia solo-planta-animal com efeito cumulativo. Entre outros efeitos diminuiria a espessura da casca de espécies selvagens de pássaros, as quais poderiam se extinguir. Mato sem canto de passarinhos é mato mudo e a primavera ficaria silenciosa...

Muita generalização indevida já se fez sobre o impacto dos defensivos nos ecossistemas e na biosfera em geral: EDWARDS (1976) apresenta uma discussão realista e fundamentada do assunto. Trabalhos tendenciosos e parciais de alguns ecologistas não merecem atenção.

3.1. Agricultura sem defensivos?

R.C. Lambe, citado por PPI (s.d) realizou um ensaio muito simples cujos resultados a Tabela 3.1 resume. A extrapolação dos dados para a agricultura norte-americana

Tabela 3.1. Efeitos da agricultura com e sem defensivos na produção de alimentos (kg/ha).

Cultura	Agricultura com defensivo (1)	Agricultura orgânica (2)
Pepino	1025	145
Abobrinha	785	15
Berinjela	775	0
Tomate	2230	705

(1) Custo: U\$ 1580

(2) Custo: U\$ 1420

Tabela 3.2. Alternativas para o uso de defensivos.

Alternativa	Aplicação
Defensivos degradáveis específicos	Controle de pragas Menor espectro de ação
Melhoramento para resistência	Controle de pragas e moléstias
Controle integrado	Diminuição na infestação e na infecção
Controle biológico	Combate a pragas
Esterilização de machos por irradiação	Controle da varejeira Controle mosca das frutas

na levou o seguinte número

* O uso de defensivos feitos pelo homem significa a diferença entre a vida e a morte para 50 milhões de norte americanos que ficariam sem ter o que comer.

3.2. Alternativas

Embora não se possa aceitar as generalizações ecológicas, "cautela e caldo de galinha não fazem mal a ninguém". Várias alternativas devem ser incorporadas para reduzir - e mesmo evitar - o uso de defensivos no controle de pragas e doenças. Algumas delas aparecem na Tabela 3.2. Com uma restrição: desde que o uso desses produtos comprovadamente causem danos irreversíveis aos ecossistemas, danos esses intoleráveis pelo homem.

A esterilização em massa dos machos da varejeira e a sua liberação nos EUA e México - o que foi feito mediante o uso da radiação ionizante - reduziu a um nível desprezível o dano causado - 100 milhões de dólares anuais, perdas de gado.

O processo está sendo usado com êxito no controle da mosca das frutas e do curuquerê do algodoeiro.

4. PERDAS PÓS-COLHEITA

O produto final pode ser perdido em parte devido principalmente às seguintes causas:

1. colheita defeituosa (particularmente a mecânica);
2. armazenamento inadequado (ataque de roedores, insetos, infestações por microrganismos).

A Tabela 4.1, preparada a partir dos dados da NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1981) mostra uma estimativa da extensão dessas perdas para diferentes produtos.

4.2. Alternativas

Um pacote de medidas que podem ser tomadas para evitar perdas de produtos está arrolado na Tabela 4.2.

Tabela 4.1. Estimativa das perdas pós-colheita de produtos agrícolas.

Produto	Z de perda	
	Variação	Mediana
Arroz	1 - 40	17
Milho	1 - 70	25
Trigo	5 - 52	12
Cevada	9 - 17	14
Milhete	0,1 - 15	10
Sorgo	0 - 37	10
Feijão e Soja	1 - 40	25

Tabela 4.2. Alternativas para evitar perdas de produtos colhidos.

Fase	Medida
Pré-colheita	Espaçamento e população
	Tratos culturais
	Calagem e regulagem de máquinas
Colheita	Armazenagem
Pós-colheita	Defensivos
	Processamento (doméstico, industrial)
	Radiação ionizante

O emprego das radiações ionizantes segundo MALAVOLTA & CROCOMO (1968) tem sido feito principalmente para:

- * evitar brotamento
- * desinfecção de grãos
- * esterilização

5. SUMMARY

Agriculture is defined as the art of disturbing the ecosystems in economical terms with the minimum of irreversible damage.

Man survival in the biosphere will depend on its ability of using four technologies - mechanization, fertilizers, irrigation and pest and disease control. It is assumed that the "miracle seed" has been obtained.

Evidence is show to demonstrate two mais points:

1. isotopes are usefull both to establish means of producing more food and to preserve it;
2. claims of unbearable damages to the ecosystems caused by fertilizers and pesticides are not true;
3. there is no alternative for agriculture.

6. LITERATURA CITADA

ALLAWAU, W.H. 1971. Feed and food quality in relation to fertilizer use. Em: Fertilizer Technology and Use. 2.^a ed. R.A. Olson, T.J. Army, J.J. Hanway & V.J. Kilmner, editores. p. 533-556. Soil Sci. Soc. America, Inc., Madison.

BROWN, L.R. 1970. Human food production as a process in the biosphere. Sci. Amerc. 223(3): 160-173.

- CEA, IFA & IPl. 1983. Handbook on Environmental Aspects of Fertilizers Use. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, Publishers, Haia. 103p.
- EDWARDS, C.A. 1976. Persistent Pesticides in the Environment, 2^a ed. CRC Press, Boca Raton, 345p.
- LOBO, M.G. & R.M. SILVA. 1984. Produção de fertilizantes fosfatados. An. Simp. Fertilizantes Agric. Brasileira (Brasília): 73-102.
- MALAVOLTA, E. 1986. A Prática da Calagem. 6^a edição. Grupo Pagliato. Bol. Téc. 2, 44p.
- MALAVOLTA, E. & A.M.L. NEPTUNE. 1977. Studies on the placement of fertilizers phosphorus in tropical crops. Phosphorus in Agric. 70: 93-97.
- MALAVOLTA, E. & H.J. KLIEMANN. 1985. Desordens Nutricionais no Cerrado. Assoc. Bras. Pesq. Potassa e Fosfato, Piracicaba, 136p.
- MALAVOLTA, E. & O.J. CROCOMO. 1968. Radioisótopos em Agricultura. Em: A Energia Atômica e o Futuro do Homem. C.Pavan, coordenador, p. 59-80. Cia. Editora Nacional e Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MALAVOLTA, E.; O.J. CROCOMO; R.G. ANDRADE; C. ALVIZURI; R. VENCOWSKY & L.M.M. FREITAS. 1965. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. I. Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo (Nota prévia). An. E. S. A. "Luiz de Queiroz", 22: 131-138.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1981. Postharvest Food Losses in Developing Countries. Washington, 206p.
- Pl. Sem data. Facts from our Environment. Atlanta, 124p.

7. FECHO

"ENVIRONMENT ALARMISTS ARE OUT PEDDLING THEIR PHILOSOPHY TO DEVELOPING COUNTRIES WHERE THERE IS HUMAN HUNGER ALREADY. AS FAR AS I'M CONCERNED, THIS IS IMMORAL".

(Norman Borlaug)