

1. INTRODUÇÃO

E' bem conhecida a grande variabilidade do teor de nitratos no solo arável; há um mínimo na época das chuvas e um máximo na estação seca. Nestas condições, o teor — variando com a época de amostragem — nem sempre reflete a real riqueza em nitrogênio nítrico e menos ainda a necessidade de adubação nitrogenada.

E' sem dúvida a forma nítrica a "preferida" pela maioria das culturas; daí a importância do fenômeno microbiano de mineralização do nitrogênio que, através da amonização e da nitrificação, transforma o azoto da matéria orgânica em nitratos prontamente assimiláveis.

A microbiologia do solo é ciência que entre nós se acha ainda no nascedouro. Assim poucos trabalhos há sobre nitrificação dos solos brasileiros.

MALAVOLTA et al. (1955-a) estudaram a nitrificação e aproveitamento de alguns adubos nitrogenados no arenito de Bauru, empregando tortas oleaginosas (amendoim, mamona e algodão), farinhas de sangue e chifre, uréia, calciocianamida e sulfato de amônio.

Empregando a técnica recomendada por HAMENCE (1950) verificaram — após um período de 4 semanas de incubação — que, em porcentagem do N fornecido, os seguintes valores apareciam: uréia — 119,0%; sulfato de amônio — 71,4%; farinha de sangue — 65,8%; torta de amendoim — 57,4%; torta de mamona — 29,4%; torta de algodão — 8,4%; farinha de chifre — 7,0%; a calciocianamida reduziu a nitrificação do nitrogênio orgânico do solo provavelmente devido à formação de compostos tóxicos como dicianodiamida, guanidina e guaniluréia. A uréia estimulou a nitrificação do nitrogênio do terreno, daí o alto índice encontrado. A boa nitrificação constatada por HAMENCE (1950) em relação à farinha de chifre não foi confirmada no ensaio, possivelmente devido a diversidades no tratamento do material num e noutro caso.

(*) Com ajuda do C. N. Pq. e da Fundação Rockefeller.

O velho conceito de que a nitrificação era de ação exclusiva de bactérias autotróficas não subsiste. Constatou-se que algumas bactérias heterotróficas e ao que parece um actinomiceto, isolados do solo são capazes de converter a amônia em nitrato. SCHMIDT (1954) comprovou que o *Aspergillus flavus* obtido a partir do solo efetuou a amonização e a nitrificação completa, isto é:

N orgânico → N amoniacal → N nitroso → N nítrico

MALAVOLTA et al. (1955-b) trabalhando com várias espécies do gênero *Aspergillus* verificaram que: a) as linhagens de *Aspergillus niger* e *Aspergillus orizae* não nitrificaram; b) as linhagens de *Aspergillus flavus* experimentadas, ou sejam M4 e IZ 15 nitrificaram bem, embora se comportassem um pouco diferentemente, com menor produção de amônia e nitrito, quando comparadas ao microrganismo usado por SCHMIDT (1954) e c) o *Aspergillus wentii* demonstrou uma capacidade nitrificadora tão boa quanto a do *Aspergillus flavus*.

No presente trabalho procurou-se estudar a nitrificação de diversos adubos azotados em 3 tipos de solo; os seguintes fatores foram considerados: efeito do CaCO₃, micronutrientes e inoculação prévia com *A. wentii*; os resultados da nitrificação foram ainda comparados com ensaios de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Solos utilizados. Foram empregados nos experimentos 2.3. (laboratório) e 2.4. (vasos) três tipos de solos: terra roxa legítima, terra roxa misturada e terra arenosa (série do Corumbataí) e somente terra roxa misturada no ensaio 2.5 (campo). No Quadro I transcrevemos as características químicas dos solos em questão.

Solos	Acidez pH	Matéria orgânica %	C %	N total %	Relação C/N	Íons trocáveis em e. mg. por 100 g de solo seco a 110°C		
						PO ₄ ≡	K+	Ca++
Terra roxa legítima Interpretação	6,1 acidez fraca	3,46 teór médio	2,03 teór médio	0,16 teór médio	11 —	1,33 teór médio	0,23 teór médio	3,87 teór médio
T. roxa misturada Interpretação	5,4 acidez média	2,17 teór baixo	1,16 teór baixo	0,12 teór médio	10 —	0,91 teór baixo	0,15 teór médio	1,54 teór baixo
T. arenosa (Cor.) Interpretação	5,8 acidez média	0,98 teór baixo	0,57 teór baixo	0,19 teór médio	3 —	0,46 teór baixo	0,14 teór médio	2,3 teór médio

QUADRO I

Os métodos analíticos usados foram os seguintes :

- a) pH: suspensão de solo 1:1, 18 horas de repouso;
- b) matéria orgânica: por uma ligeira modificação ao método de Walkley e Black (MALAVOLTA e COURY, 1954);
- c) nitrogênio total: método de Kjeldahl usando-se uma mistura de CuSO_4 e KHSO_4 como catalisador;
- d) fósforo "trocável": por uma modificação à técnica de CATANI (1953) — 4 g de solo e 750 ml de H_2SO_4 0,05N são agitadas em aparelho de Wagner a 40-50 r.p.m. durante meia hora; completa-se a 1 litro, agita-se e filtra-se; numa alíquota de 40 ml dosa-se o fósforo por fotocolorimetria com molibdato de amônio e cloreto estanhoso;
- e) potássio "trocável": determinado pelo método de PAIVA NETTO et al. (1947);
- f) cálcio trocável: determinado pelo método de PAIVA NETTO et al. (1947).

2.2. Fertilizantes empregados. No Quadro II aparecem as porcentagens de N total (A.O.A.C. 1945) usados nos ensaios.

Adubo	N total %	Forma do N
Salitre do Chile	15,5	Nítrico
Sulfato de amônio	20,5	Amoniacal
Nitrocálcio	20,2	$1/2 \text{NO}_3^-$ e $1/2 \text{NH}_4^+$
Uréia	43,3	Amídico
Torta de algodão	6,1	Orgânico

QUADRO II

2.3. Ensaio de nitrificação. O ensaio de nitrificação foi conduzido de acordo com HAMENCE (1950): 100 g de T.F.S.A. foram postas em cápsulas de porcelana; a seguir misturou-se bem com o solo o adubo nitrogenado (pulverizado e passado através peneira 80) numa quantidade correspondente a 7 mg de N e quando o caso, 100 mg de CaCO_3 droga pura; nos tratamentos com micronutrientes foram colocados 5 ml da solução de HOAGLAND e ARNON (1939) e nos inoculados procedeu-se à inoculação com *Aspergillus wentii* tudo conforme Quadro III. Conhecendo-se a umidade de cada solo e a quantidade de água incorporada através dos micronutrientes e da inoculação, juntou-se água destilada de modo que o teor se elevasse até 20%; manteve-se essa porcentagem durante todo o ensaio, mediante pesagem de cada cápsula e reposição da água evaporada, um dia sim e outro não. As cápsulas foram a seguir cober-

tas com vidro de relógio e deixadas em ambiente de pouca luz, ao abrigo de fortes mudanças de temperatura. Esta, durante o transcorrer do experimento, oscilou entre 26 e 29°C. Foram coletadas amostras semanalmente (1a., 2a., 3a. e 5a. semanas) nas quais foram feitas determinações do teor de nitritos e nitratos: NO₂— foi dosado extraíndo-se o solo com ácido acético a 10% (contendo um pouco de zinco em pó) e a seguir tratando-se pelo reativo de Griess. Em outra alíquota do extrato determinou-se NO₂ + NO₃— depois de reduzir os últimos com uma mistura de zinco em pó com MnSO₄ e BaSO₄.

N.	Tratamentos
1	Testemunha sem nada
2	Adubo nitrogenado
3	Adubo N + CaCO ₃
4	Adubo N + micronutriente
5	Adubo N + micronutriente + CaCO ₃
6	Adubo N + micronutriente + CaCO ₃ + <i>A. wentii</i>

QUADRO III

O ensaio portanto, foi feito em 3 tipos de solos diferentes, com 5 adubos nitrogenados e nos 6 tratamentos referidos no Quadro III.

2.4. Ensaio em vasos. No ensaio em vasos com arroz foi seguida a técnica cultural preconizada por MITSCHERLICH (1930). Foram utilizados vasos de Mitscherlich de ferro zincado.

Cada vaso recebeu 6 kg de T.F.S.A. Os tratamentos e adubação constam do Quadro IV.

Os adubos foram bem misturados com a terra e a irrigação foi feita nos moldes do método de MITSCHERLICH (1930). Procedeu-se à sementeira de 25 sementes de arroz por vaso; desbastou-se após 14 dias deixando 15 plantas por vaso. Nas regas diárias teve-se sempre o cuidado de restituir em primeiro lugar a água percolada no coletor, a qual arrastava evidentemente nitratos. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, ficando os vasos distribuídos ao acaso sobre vagonetes e a posição dos mesmos modificada de 10 em 10 dias. As plantas levadas para fora somente no período da manhã. O plantio foi feito em 12-9-56, o desbaste a 26 do mesmo mês e a colheita em março de 1957.

Vasos	Solos	Tratamento	
1 - 2	Terra arenosa	Testemunha (sem N)	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄
3 - 4	Terra arenosa	Salitre do Chile	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 13 g salitre do Chile
5 - 6	Terra arenosa	Sulfato de amônio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g sulfato de amônio
7 - 8	Terra arenosa	Nitrocálcio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g calnitro
9 - 10	Terra arenosa	Uréia	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 5 g uréia
11 - 12	Terra arenosa	Torta de algodão	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 33 g torta de algodão
13 - 14	Terra roxa legítima	Testemunha (sem N)	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄
15 - 16	Terra roxa legítima	Salitre do Chile	39 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 13 g salitre do Chile
17 - 18	Terra roxa legítima	Sulfato de amônio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g sulfato de amônio
19 - 20	Terra roxa legítima	Nitrocálcio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g calnitro
21 - 22	Terra roxa legítima	Uréia	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 5 g uréia
23 - 24	Terra roxa legítima	Torta de algodão	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 33 g torta de algodão
25 - 26	Terra roxa misturada	Testemunha (sem N)	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄
27 - 28	Terra roxa misturada	Salitre do Chile	39 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 13 g salitre do Chile
29 - 30	Terra roxa misturada	Sulfato de amônio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g sulfato de amônio
31 - 32	Terra roxa misturada	Nitrocálcio	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 10 g calnitro
33 - 34	Terra roxa misturada	Uréia	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 4 g uréia
35 - 36	Terra roxa misturada	Torta de algodão	30 g super + 10 g K ₂ SO ₄ + 33 g torta de algodão

QUADRO IV

2.5 Ensaio de campo. O experimento de campo foi instalado numa área de terra roxa misturada, com milho cateto, comparando-se os seguintes adubos nitrogenados: salitre do Chile, nitrocálcio, uréia, torta de amendoim e sulfato de amônio. Os tratamentos constam do Quadro V.

Tratamento	Adubação (kg/ha)		
	N — P ₂ O ₅ — K ₂ O		
1	0	100	100 (sem N)
2	100	100	100 (N como salitre do Chile)
3	100	100	100 (N como nitrocálcio)
4	100	100	100 (N como uréia)
5	100	100	100 (N como torta amendoim)
6	100	100	100 (N como sulfato de amônio)

QUADRO V

O P₂O₅ foi aplicado na forma de fosforita de Olinda e o K₂O como cloreto de potássio. Quanto ao N, a uréia e a torta de amendoim foram totalmente incorporadas ao solo, por ocasião do plantio; as outras formas ou seja o salitre do Chile, o nitrocálcio e o sulfato de amônio foram aplicadas em 2 vezes, 1/3 da dose na adubação fundamental e o restante em cobertura, quando as plantas tinham mais ou menos a altura do joelho de um homem (\pm 60 cm).

O delineamento escolhido foi o de blocos ao acaso com 4 repetições. Os canteiros mediam 5,0 x 5,0 m, possuindo 6 linhas espaçadas de 1 m. A instalação se deu em 3-11-56 e após o desbaste deixou-se 1 planta em cada 20 cm de linha. A colheita foi feita em 7 de maio do corrente ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio de nitrificação. Os resultados do ensaio de nitrificação se acham resumidos nos Quadros VI, VII e VIII.

Nitrificação em terra roxa legítima. Os dados referem-se a miligramas de N nítrico por 100 g de solo

Tratamento	1a. semana	2a. semana	3a. semana	5a. semana
Testemunha	1,2	2,5	4,8	5,7
Salitre	8,0	8,1	11,2	10,5
Salitre + Ca	7,9	8,4	13,3	11,2
Salitre + micro	7,8	8,0	8,4	12,7
Salitre + Ca + micro	8,1	8,3	9,5	13,8
Salitre + Ca + micro + A. wentii	7,9	8,1	8,8	13,7
Sulf. am.	3,1	4,1	7,8	10,5
Sulf. am. + Ca	3,0	4,8	7,8	10,3
Sulf. am. + micro	2,7	3,9	6,8	10,5
Sulf. am. + Ca + micro	2,8	5,0	7,8	11,9
Sulf. am. + Ca + micro + A. wentii	3,1	6,0	7,7	13,1
Nitrocálcio	5,3	5,8	11,7	7,1
Nitrocálcio + Ca	4,6	7,7	9,3	9,8
Nitrocálcio + micro	5,6	6,3	7,7	13,0
Nitrocálcio + Ca + micro	5,6	7,1	8,2	12,7
Nitrocálcio + Ca + micro + A. w.	5,7	5,3	9,6	12,3
Uréia	3,3	4,1	7,9	10,5
Uréia + Ca	3,3	7,6	9,1	10,0
Uréia + micro	3,5	3,2	7,7	12,6
Uréia + Ca + micro	3,2	4,3	7,9	11,2
Uréia + Ca + micro + A. w.	3,9	7,7	8,2	9,9
T. alg.	3,0	5,1	5,3	9,2
T. alg. + Ca	3,8	6,1	9,3	9,1
T. alg. + micro	3,5	6,1	7,0	10,6
T. alg. + Ca + micro	3,3	7,5	9,1	9,8
T. alg. + Ca + micro + A. w.	3,9	4,7	8,7	11,9

QUADRO VI

Nitrificação em terra roxa misturada. Os dados referem-se a miligramas de N nítrico por 100 g de solo

Tratamento	1a. semana	2a. semana	3a. semana	5a. semana
Testemunha	1,0	2,4	3,0	4,4
Salitre	7,3	8,9	9,9	11,7
Salitre + Ca	7,1	8,3	10,8	10,8
Salitre + micro	8,0	9,0	10,8	11,2
Salitre + Ca + micro	7,8	9,1	10,9	12,7
Salitre + Ca + micro + A. wentii	7,5	9,3	11,0	12,3
Sulf. am.	2,5	3,9	5,2	7,8
Sulf. am. + Ca	2,7	5,6	7,0	8,7
Sulf. am + micro	2,8	5,1	6,7	9,2
Sulf. am. + Ca + micro	3,2	4,6	6,8	10,9
Sulf. am. + Ca + micro + A. wentii	2,8	4,6	6,6	10,6
Nitrocálcio	4,0	5,0	7,8	10,5
Nitrocálcio + Ca	5,0	6,0	8,0	10,0
Nitrocálcio + micro	4,0	6,0	7,5	12,0
Nitrocálcio + Ca + micro	5,0	7,4	10,1	11,2
Nitrocálcio + Ca + micro + A. w.	5,3	7,4	10,5	11,6
Uréia	2,7	4,3	6,4	8,6
Uréia + Ca	2,1	5,2	7,7	9,0
Uréia + micro	3,1	3,5	7,4	9,0
Uréia + Ca + micro	2,5	4,8	8,4	9,5
Uréia + Ca + micro + A. w.	3,5	5,4	9,1	11,9
T. alg.	2,5	3,6	5,8	7,4
T. alg. + Ca	3,0	3,8	7,6	11,9
T. alg. + micro	2,5	4,1	5,8	9,2
T. alg. + Ca + micro	3,1	3,8	6,5	9,9
T. alg. + Ca + micro + A. w.	3,1	4,1	8,4	11,4

QUADRO VII

Nitrificação em terra arenosa. Os dados referem-se a miligramas de N nítrico por 100 g de solo

Tratamento	1a. semana	2a. semana	3a. semana	5a. semana
Testemunha	1,8	2,2	2,9	5,0
Salitre	7,5	9,5	10,1	11,5
Salitre + Ca	7,4	9,1	9,8	11,9
Salitre + micro	7,4	9,1	10,7	11,5
Salitre + Ca + micro	7,5	9,1	10,7	13,0
Salitre + Ca + micro + A. wentii	8,4	9,0	11,6	12,0
Sulf. am.	3,3	4,0	6,2	8,4
Sulf. am. + Ca	3,5	4,0	6,7	8,9
Sulf. am. + micro	4,3	4,4	7,1	9,1
Sulf. am. + Ca + micro	4,0	4,1	6,3	11,2
Sulf. am. + Ca + micro + A. wentii	3,8	4,3	6,7	11,5
Nitrocálcio	5,8	6,2	8,4	9,0
Nitrocálcio + Ca	5,0	5,2	7,3	9,0
Nitrocálcio + micro	5,6	6,6	9,5	10,5
Nitrocálcio + Ca + micro	5,6	6,6	9,5	10,5
Nitrocálcio + Ca + micro + A. w.	5,1	5,6	9,4	11,5
Uréia	2,5	3,4	6,0	8,6
Uréia + Ca	2,5	4,0	4,9	8,7
Uréia + micro	3,0	3,2	7,0	8,8
Uréia + Ca + micro	3,3	3,6	6,2	8,8
Uréia + Ca + micro + A. w.	3,8	4,9	7,0	10,0
T. alg.	2,0	3,8	5,6	5,9
T. alg. + Ca	3,0	2,8	6,0	9,1
T. alg. + micro	2,7	3,3	5,7	8,1
T. alg. + Ca + micro	3,1	3,9	5,5	8,7
T. alg. + Ca + micro + A. w.	3,1	3,8	7,8	10,3

QUADRO VIII

Por falta de tempo não pôde ser feita a análise estatística dos dados de nitrificação. O exame dos quadros VI, VII e VIII permite, porém, sugerir que: na terra roxa legítima o calcário não teve efeito algum na nitrificação e que pode ser devido ao pH relativamente alto (6,1) de tal solo; os micronutrientes estimularam a oxidação do calnitro, da torta e da uréia; o

A. wentii ajudou apenas a nitrificação do sulfato de amônio e da torta; na terra roxa misturada o calcário estimulou a nitrificação do sulfato de amônio e da torta; os micronutrientes auxiliaram a do sulfato de amônio, calnitro e torta; a inoculação mostrou efeito benéfico na oxidação do sulfato de amônio e da torta; no arenito o calcário ajudou a oxidação do calnitro, do sulfato de amônio e da torta ao passo que os micronutrientes beneficiaram aquela dos dois últimos; *A. wentii* estimulou a nitrificação de todos. Embora seja difícil fazer uma apreciação global dessas observações não padece dúvida, contudo, que elas deixam perceber alguma deficiência de micronutrientes nos solos estudados e uma relativa pobreza de nitrificadores heterotróficos.

3.2. Ensaio em vasos. Os resultados dêste ensaio se acham expressos nos quadros subsequentes, tanto na produção de palha como de grãos de arroz, com a respectiva análise estatística.

3.2.1. Terra arenosa.

Tratamento	1a. repetição	2a. repetição
Testemunha	20	19
Salitre do Chile	62	70
Sulfato de amônio	63	65
Nitrocálcio	62	60
Uréia	69	72
Torta de algodão	59	66

QUADRO IX

Análise da variância

Causa de variação	Gráus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Tratamentos	5	3.528	705,6	26,56	8,0	***
Resíduo	6	66	11,0	3,32	—	—
Total	11	3.594	—	—	—	—

QUADRO X

$$\text{Coeficiente de variação — C. V.} = \frac{100 s}{\bar{x}} = 5,8\%$$

Vê-se pelo quadro X que o erro correspondente a tratamentos foi feito pelo teste teta de BRIEGER (1946), altamente significativo.

Teste de Tukey: com a aplicação deste teste às médias encontradas (PIMENTEL GOMES, 1954) verificou-se:

Médias por ordem decrescente

Tratamento	Média de produção (g)
Uréia	70,50
Salitre do Chile	66,00
Sulfato de amônio	64,00
Nitrocálcio	62,50
Torta de algodão	61,00
Testemunha	19,50

QUADRO XI

d.m.s. (diferença mínima significativa) pelo teste de Tukey a 5% = 13,219 donde,

$$70,500 - 13,219 = 57,281$$

Constatou-se pelo referido teste que todos os tratamentos nitrogenados diferiram da testemunha (sem N), porém não diferiram entre si, ao nível de 5%.

Produção de grãos (g)

Tratamento	1a. Repetição	2a. Repetição
Testemunha	2,20	2,10
Salitre do Chile	12,50	14,00
Sulfato de amônio	12,10	12,30
Nitrocálcio	12,30	12,10
Uréia	13,50	14,10
Torta de algodão	13,10	13,50

QUADRO XII

Análise da variância

Causa de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Tratamentos	5	198,52	39,700	6,300	12,93	***
Resíduo	6	1,43	0,238	0,487	—	—
Total	11	199,95	—	—	—	—

QUADRO XIII

C. V. = 4,4%

O erro correspondente a tratamentos resultou altamente significativo pelo teste de Brieger.

Teste de Tukey: o confronto entre as médias dos tratamentos tem os seguintes resultados pelo teste de Tukey, ao nível de 5%:

Médias por ordem decrescente

Tratamento	Média de produção (g)
Uréia	13,80
Torta de algodão	13,30
Salitre do Chile	13,25
Nitrocálcio	12,20
Sulfato de amônio	12,20
Testemunha	2,15

QUADRO XIV

d.m.s. pelo teste de Tukey a 5% = 1,939

$$13,800 - 1,939 = 11,861$$

$$2,150 + 1,939 = 4,089$$

Igualmente aqui, os tratamentos nitrogenados diferem da testemunha, mas não diferem entre si, na ordem de 5%.

3.2.2. Terra r oxa legítima.

Tratamento	1a. Repeti�o	2a. Repeti�o
Testemunha	16	13
Salitre do Chile	53	51
Sulfato de amônio	71	65
Nitrocálcio	56	63
Uréia	65	65
Torta de algodão	53	60

QUADRO XV

Análise da variância

Causa de varia�o	Gráus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	T�ta	Significância
Tratamentos	5	3.811,50	762,30	27,61	7,80	***
Resíduo	6	73,50	12,25	3,50	—	—
Total	11	3.885,00	—	—	—	—

QUADRO XVI

C. V. = 6,6%

O êrro correspondente a tratamentos deu valor altamente significativo pelo teste teta de Brieger.

Teste de Tukey: confrontados por êste teste os resultados foram os seguintes, ao nível de 5%:

Médias por ordem decrescente

Tratamento	Média de produ�o (g)
Sulfato de amônio	68,00
Uréia	65,00
Nitrocálcio	59,50
Torta de algodão	56,60
Salitre do Chile	52,00
Testemunha	14,50

QUADRO XVII

d.m.s. pelo teste de Tukey a 5% = 13,967

$$68,000 - 13,967 = 54.033$$

Todos os tratamentos foram nitidamente superiores à testemunha e o sulfato de amônio foi significativamente superior, ao nível de 5%, ao salitre do Chile.

Tratamento	1a. Repetição	2a. Repetição
Testemunha	1,90	3,10
Salitre do Chile	10,90	11,20
Sulfato de amônio	15,00	13,90
Nitrocálcio	11,30	12,10
Uréia	12,30	13,10
Torta de algodão	10,90	12,10

QUADRO XVIII

Análise da variância

Causa de variação	Grãos de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Tratamentos	5	174,07	34,81	5,90	8,80	***
Resíduo	6	2,70	0,45	0,67	—	--
Total	11	176,80	—	—	—	--

QUADRO XIX

$$C. V. = 6,3\%$$

O erro correspondente a tratamentos foi significativo pelo teste téta de Brieger.

Teste de Tukey: pelo teste de Tukey a 5% foram obtidos os seguintes resultados entre as médias dos tratamentos :

Tratamento	Média de produção (g)
Sulfato de amônio	14,45
Uréia	12,70
Nitrocálcio	11,90
Torta de algodão	11,50
Salitre do Chile	11,05
Testemunha	2,50

QUADRO XX

d.m.s. a 5% pelo teste de Tukey = 2,667

$$14,450 - 2,667 = 11,783$$

Todos os fertilizantes nitrogenados diferem da testemunha. Entre os nitrogenados, o sulfato de amônio sobrepujou os demais, salvo a uréia; não obstante esta não diferiu significativamente dos outros.

3.2.3. Terra roxa misturada.

Tratamento	1a. Repetição	2a. Repetição
Testemunha	11,00	15,00
Salitre do Chile	35,00	45,00
Sulfato de amônio	54,00	46,00
Nitrocálcio	52,00	52,00
Uréia	50,00	42,00
Torta de algodão	45,00	41,00

QUADRO XXI

Análise da variância

Causa de variação	Grãos de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Tratamentos	5	2.030,67	406,13	20,15	4,33	**
Resíduo	6	130,00	21,67	±,65	—	—
Total	11	2.160,67	—	—	—	—

QUADRO XXII

C. V. = 11%

O erro correspondente a tratamentos deu significativo pelo teste teta.

Teste de Tukey: por êste teste, ao nível de 5%, os resultados são :

Médias por ordem decrescente

Tratamento	Média de produção (g)
Nitrocálcio	52,00
Sulfato de amônio	50,00
Uréia	46,00
Torta de algodão	43,00
Salitre do Chile	40,00
Testemunha	13,00

QUADRO XXIII

d.m.s. a 5% = 18,514

52,000 — 18,514 = 33,486

Sucedeu, a exemplo dos anteriores, diferença entre todos os nitrogenados confrontados com a testemunha, embora sem diferirem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Produção de grãos (g)		
Tratamento	1a. Repetição	2a. Repetição
Testemunha	2,1	2,2
Salitre do Chile	8,9	7,5
Sulfato de amônio	10,3	9,8
Nitrocálcio	10,1	10,2
Uréia	10,1	8,9
Torta de algodão	9,0	8,1

QUADRO XXIV

Análise da variância

Causa de variação	Gráus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Tratamentos	5	91.16	18,230	4,270	6,99	***
Resíduo	6	2.24	0,373	0,611	—	—
Total	11	93.40	—	—	—	—

QUADRO XXV

C. V. = 3,8%

O erro correspondente a tratamentos deu significativo pelo teste teta.

Teste de Tukey: foram os seguintes, os resultados dos tratamentos pelo teste de Tukey, na ordem de 5%:

Médias por ordem decrescente

Tratamento	Média de produção (g)
Nitrocálcio	10,15
Sulfato de amônio	10,05
Uréia	9,50
Torta de algodão	8,55
Salitre do Chile	8,20
Testemunha	2,15

QUADRO XXVI

$$\text{d.m.s. a } 5\% = 2,433$$

$$10,150 - 2,433 = 7,710$$

Os tratamentos nitrogenados diferem todos da testemunha, mas não entre si, na ordem de 5% pelo teste de Tukey.

3.3. Ensaio de campo. Os resultados de campo, com milho cateto se acham expressos nos Quadros XXVII e XXVIII e a seguir a análise da variância no Quadro XXIX e produção em ordem decrescente no Quadro XXX.

Produção de milho em quilos

Tratamento	Bloco A	Bloco D	Bloco C	Bloco D
Testemunha	6,4	5,1	5,5	6,1
Salitre do Chile	9,0	8,1	8,5	7,9
Nitrocálcio	8,3	7,7	7,9	7,4
Uréia	7,3	6,9	7,7	6,1
Torta de amendoim	7,9	6,3	6,5	6,3
Sulfato de amônio	8,9	7,9	8,5	8,0

QUADRO XXVII

Médias de produção

Tratamento	25 m ² (kg)	Hectare (kg)	Alqueire (sacos de 60kg)
Testemunha	5,775	2,308	93
Salitre do Chile	8,375	3,348	135
Nitrocálcio	7,825	3,128	126
Uréia	7,000	2,800	113
Torta de amendoim	6,750	2,700	109
Sulfato de amônio	8,325	3,328	134

QUADRO XXVIII

Análise de variância

Causa de variação	Gráus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Erro	Téta	Significância
Blocos	3	3,94	1,313	—	—	—
Tratamentos	5	20,76	4,152	2,030	4,01	***
Resíduo	8	2,06	0,257	0,506	—	—
Total	23	26,76	—	—	—	—

QUADRO XXIX

$$C. V. = \frac{100 s}{x} = 7,34\%$$

O efeito de tratamento foi altamente significativo pelo teste teta de Brieger. Para apreciar melhor as diferenças entre os trabalhos foi usado o teste de Tukey. Pelo referido teste a d.m.s. a 5% é igual a 1,308.

Médias de produção por ordem decrescente

Tratamentos	Médias (kg)
Salitre do Chile	8,375
Sulfato de amônio	8,325
Nitrocálcio	7,825
Uréia	7,000
Torta de amendoim	6,750
Testemunha	5,775

QUADRO XXX

Sendo a d.m.s. igual a 1,308 temos :

$$8,375 \text{ (produção maior)} - 1,308 = 7,067$$

$$5,775 \text{ (produção menor)} + 1,308 = 7,083$$

Nestas condições, somente os 3 primeiros tratamentos do Quadro XXX ou sejam o salitre do Chile, o sulfato de amônio e o nitrocálcio respectivamente diferem da testemunha. Contudo não diferem entre si no nível de 5%.

3.4. Relação entre nitrificação e aproveitamento dos adubos.

Terra Roxa legítima: no confronto da nitrificação com os resultados do ensaio em vasos, verificou-se que a) a produção de palha e grãos de arroz decresceu na seguinte ordem: sulfato de amônio, uréia, nitrocálcio e torta de algodão; b) houve igual sequência decrescente quanto à nitrificação salvo o nitrocálcio que se classificou em último lugar.

Terra roxa misturada: comparando-se os dados da nitrificação com os resultados do ensaio em vasos e do experimento de campo pode-se constatar que a) a nitrificação, em ordem decrescente foi: nitrocálcio, uréia, sulfato de amônio e torta de algodão; b) a ordem de produção de palha e grãos de arroz foi a mesma com apenas troca de posição entre a uréia e o sulfato de amônio; c) nas condições de campo a produção de milho em função dos diversos adubos variou na mesma direção que os dados de nitrificação, excetuando-se o caso do sulfato de amônio que, embora tendo sido pouco nitrificado, garantiu boa produção. As formas orgânicas de uréia e torta tiveram as mais baixas produções, superiores apenas à testemunha.

Terra arenosa: neste tipo de solo a ordem decrescente de nitrificação foi a que se segue: nitrocálcio, uréia, sulfato de amônio e torta. Entretanto, se confrontado com a produção de palha de arroz, o nitrocálcio passa para a 3a. posição na ordem decrescente, permanecendo a torta sempre no último lugar. Já na produção em grãos processou-se uma reviravolta com a seguinte ordem de produção decrescente: uréia, torta, nitrocálcio e sulfato de amônio. Note-se que, enquanto nas terras roxas legítimas e misturada o sulfato de amônio prevaleceu na melhor produção de grãos, na arenosa foi a mais baixa. Também como era de se esperar, de um modo geral nos 3 solos a torta oleaginosa nitrificou mal e deu produção baixa.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A nitrificação do sulfato de amônio, do nitrocálcio, da uréia e da torta de algodão foi estudada em três tipos de solos a saber: terra roxa legítima, terra roxa misturada e arenito Corumbataí. Procurou-se verificar também o efeito dos seguintes tratamentos: calcário, micronutrientes e inoculação com

Aspergillus wentii, um fungo nitrificador. Os resultados analíticos mostram que : na terra roxa legítima o calcário não teve efeito algum na nitrificação enquanto os micronutrientes estimularam a oxidação do calnitro, da torta e da uréia; o *A. wentii* ajudou apenas a nitrificação do sulfato de amônio e da torta; esta última em todos os tratamentos deu origem a uma quantidade menor de nitratos; na terra roxa misturada todos os adubos, em função dos tratamentos apresentaram uma mineralização máxima; o calcário ajudou a nitrificação do sulfato de amônio e da torta; os micronutrientes auxiliaram a do sulfato de amônio, calnitro e torta; a inoculação mostrou efeito benéfico na oxidação do sulfato de amônio e da torta; no arenito a intensidade de nitrificação foi a mesma para os diversos adubos ensaiados; o calcário auxiliou a nitrificação do calnitro, do sulfato de amônio e da torta ao passo que os micronutrientes beneficiaram aquela dos dois últimos apenas; a inoculação com *A. wentii* estimulou a nitrificação de todos.

Para verificar o aproveitamento dos adubos mencionados foram feitos dois ensaios, um em vasos com arroz usando-se os três tipos de solos e outro no campo com milho, apenas na terra roxa misturada. No arenito Corumbataí não houve diferença significativa na produção de palha e grãos de arroz para nenhum dos adubos empregados, a saber: os mesmos cuja nitrificação se estudou e mais o salitre do Chile incluído no experimento como padrão; houve muito pouca concordância entre os dados de nitrificação e o mérito relativo dos adubos avaliado pelos dados de produção. Na terra roxa legítima o sulfato de amônio venceu, de modo geral, a competição; houve um bom paralelismo entre nitrificação no laboratório e colheita nos vasos.

Em terra roxa misturada no que diz respeito ao ensaio em vasos o comportamento dos diferentes adubos seguiu a mesma tendência evidenciada no arenito Corumbataí; os dados de nitrificação concordam razoavelmente com a produção obtida nos vasos. No ensaio de campo (milho) houve superioridade do salitre do Chile, sulfato de amônio e nitrocálcio (equivalentes entre si) em relação à uréia e à torta que não diferiram da testemunha.

5. SUMMARY

The rate of nitrification of several nitrogenous fertilizers (ammonium sulfate, nitro-chalk, ureia, and cottonseed meal) was studied in three soils, namely, "terra roxa legítima", a red soil derived from basalt, "terra roxa misturada", a soil al-

so derived from basalt but with a higher proportion of sand and "arenito Corumbataí", a sandy soil. The effects of the following treatments on nitrification were considered: addition of limestone of micronutrients (Fe, Cu, Zn, Mn, and Mo), and inoculation with a suspension of spores of *Aspergillus wentii*, a heterotrophic nitrifier. The results showed that: in "terra roxa legítima" limestone had no influence on the nitrification rate, whereas the micronutrients stimulated the oxidation of nitro-chalk, cottonseed meal and urea; inoculation with *A. wentii* helped only the nitrification of ammonium sulfate and of the cottonseed meal; the latter, in all the treatments employed gave use to a smaller amount of nitrates; in "terra roxa misturada", all the fertilizers depending upon the treatments they were subjected to, presented maximum values for nitrification; limestone stimulated the oxidation of ammonium sulfate as well as the mineralization of the cottonseed meal; the addition of micronutrients helped the nitrification of all the fertilizers, except that of urea; inoculation showed a beneficial influence on the nitrification of ammonium sulfate and cottonseed meal; in "arenito de Corumbataí", the amounts of nitrates produced was roughly the same for all the fertilizers investigated; limestone stimulated the nitrification of nitro-chalk, ammonium sulfate and cottonseed meal whilst the addition of micronutrients benefited only the latter two; the inoculation with *A. wentii* helped the oxidation of all the fertilizers.

In order to study the availability of the various fertilizers above discussed, two plant growing experiments were carried out, one in pots, using the three soil types and another one in the field, with "terra roxa misturada". In "arenito de Corumbataí" there was no significant difference in the yield both of straw and rice grains for none of the fertilizers: Chilean nitrate of soda was used as a control; no marked agreement could be detected between the data concerning nitrification and the yield results. In "terra roxa legítima", ammonium sulfate won the competition and there was a good parallelism between nitrification and yield.

In "terra roxa misturada", there was no statistical difference among the various fertilizers; the agreement between nitrification and yields was reasonable. In the field (corn), Chilean nitrate, ammonium sulfate and nitro-chalk were clearly better than urea and cottonseed meal which did not differ from the minus nitrogen plots.

6. LITERATURA CITADA

- A. O. A. C., 1945 — Official and tentative methods of analysis, sixth ed., Washington, 4, D.C.
- BRIEGER, F. G., 1946 — Limites unilaterais e bilaterais na análise estatística. *Bragantia* 6 (10): 479-545.
- CATANI, R. A., 1953 — Comunicação particular.
- HAMENCE, J. H., 1950 — A method for the determination of the relative availability of nitrogen in nitrogenous fertilizers. *Jour. Sci. Food and Agric.* 193: 92-96.
- HOAGLAND, D. R. and D. I. ARNON, 1939 — The water culture method for growing plants without soil. *Univ. of California Agr. Exp. Sta. (Berkeley, Calif.) Circ.* 347.
- MALAVOLTA, E. e T. COURY, 1954 — Práticas de Química Agrícola. E. S. A. "Luiz de Queiroz" (Piracicaba). Mimeografado.
- MALAVOLTA, E., T. COURY, D. PELLEGRINO e H. P. HAAG, 1955-a — Nitrificação e aproveitamento de alguns adubos nitrogenados no arenito de Bauru. *Rev. Agr.* XXX (4-5-6): 133-151.
- MALAVOLTA, E., R. CAMARGO e H. P. HAAG, 1955-b — Nota sobre a nitrificação por fungos do solo. *Bol. n. 13* — I. Zimotécnico (Piracicaba).
- MITSCHERLICH, E. A., 1930 — Die Bestimmung des Düngebedürfnisses des Bodens, Dritte Auflage, Paul Parey, Berlin.
- PAIVA NETTO, J. E., R. A. CATANI, M. S. QUEIROZ e A. KUPPER, 1950 — Contribuição ao estudo dos métodos analíticos e de extração para a caracterização química dos solos do Eseeado de S. Paulo. *An. 1a. Reu. Bras. Ciência do Solo (Rio de Janeiro)*: 79-109.
- PIMENTEL GOMES, F., 1954 — A comparação entre médias de tratamentos na análise da variância. *An. Esc. Sup. Agr. "L. Queiroz", U. S. P. (Piracicaba)* 11: 1-12.
- SCHMIDT, E. L., 1954 — Nitrate formation by a soil fungus. *Science* 119: 187-189.