

AUMENTO DE NITROGÊNIO NO SOLO PELA APLICAÇÃO SEMI-AERÓBIA DE PALHA, FÓSFORO E CÁLCIO.

Nitrogen increase in soil after semi-aerobe incorporation of straw, enriched with phosphorous and calcium.

Anna Maria Primavesi e Artur Primavesi *

RESUMO

Foi feito um ensaio de adubação, para verificar a tese de DHAR, que em decomposição semi-aeróbia de palha, em presença de suficiente cálcio e fósforo, há fixação de N suficiente para suprir as necessidades de uma cultura agrícola.

Constatou-se que, de fato, os maiores rendimentos correlacionaram com os tratamentos de palha e escória de Thomas.

O aumento de N sobre o N total no solo (660 ppm para 882 ppm) apesar da absorção pelos vegetais, sugere a fixação assimbiótica de N que, no mínimo, equivale a 40 kg/ha de N deduzido pelos resultados idênticos de parcelas com e sem adubação nitrogenada, mas parece ser, de fato, bem maior, calculando a absorção vegetal mais o aumento ocorrido nos diversos tratamentos.

Ficou, porém, evidente que graças à absorção mais ou menos intensa e o crescimento diferente das plantas, os níveis de N na planta, na época do pendoamento não permitem previsão de colheita.

SUMMARY

A fertilizer experiment was conducted to verify DHAR's thesis which says that during semi-aerobic straw decomposition, in the presence of phosphorous and calcium, nitrogen is fixed in sufficient quantity to supply high crop production.

The results really show the highest yields on the plots which received only straw and Thomas slag.

Total nitrogen increased over the initial levels before planting (from 660 to 882 ppm in fertilized plots) in spite of a very fast vegetative development.

Nitrogen fixation is suggested, which at least, equals 40 kg/ha N. This may be deduced from plot 7 and 8 where the first did not received N fertilizer but the second did and both had the same amount of total N, considerably higher than the total N at the beginning of the experiment.

It seems evident, that N levels of the plant tissue at the beginning of the flowering period do not give information about the amount of yield to be expected, because of the different diluting effect of fast-growing plants.

INTRODUÇÃO

O Nitrogênio não é somente um dos nutrientes vegetais mais importantes, por formar proteínas, clorofila e enzimas, mas igualmente por ser de maior escassez no mundo, sendo fornecido pela industrialização de N atmosférico somente 6%, da necessidade mundial de adubos nitrogenados.

* Professores doutores — Docentes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Santa Maria, S. Maria, RS.

A falta de N, que seriamente compromete a produção agrícola inspirou a pesquisa da fixação simbiótica de N por bactérias, especialmente em raízes de leguminosas. Entretanto, as quantidades de N obtidas pela fixação por rizobactérias também são pequenas, contraindo somente em 2% para a solução do angustiante problema.

Em 1961, DHAR (2) apresentou ao Governo da Índia, um Memorandum chamando a atenção para o fato, de que a falta de nitrogênio podia ser sanada por métodos agrícolas adequados, tais como, pela aplicação de palha, dos restos da colheita mais escória de Thomas ao solo. MALO & PURVIS (12) observaram um crescimento satisfatório do milho em solos pobres de nitrogênio para o que não houve outra explicação, senão a fixação de N_2 pelo solo, não especificando porém se foi fixação física, química ou biológica.

DHAR (3) opinou que a fixação de N fora foto-química, em presença de luz, carbono e fosfato de cálcio. KARGUYSCHIEWA (8) afirmou que a fixação por bactérias assimbióticas é tão importante quanto a que se dá por rizobactérias, sendo o *Azotobacter* (WINOGRADSKY, 22) apenas uma das muitas existentes. MOLINA (14) mostrou que a fixação de N_2 por *Azotobacter* em solos salinos foi considerável, quando houve uma fonte de carbono e fósforo à disposição. HARDY (7) constatou uma fixação de 1520 g de N_2 por acre/dia em solos ácidos, ricos em matéria orgânica, quando existia o suficiente de umidade e quando acrescentou K.

HANAWALT (6) verificou uma absorção de N_2 atmosférico pelo solo que aumentou com a temperatura e que pode ser até 74 kg/ha por ano. COFFEE (1) observou que solos ácidos absorveram mais NH_3 do ar que os neutros, sendo a argila o mais eficiente. KASS (10) verificou a fixação de N_2 pelo solo em quantidades consideráveis mas somente em presença de luz e responsabilizou por isso, as algas verde-azuladas.

FLORENZANO (4 e 5) não somente observou a fixação de N por *Pseudomonas* em solos ácidos de florestas, mas foi igualmente um dos maiores adeptos da fixação de N_2 por algas.

MCGREGOR (13) verificou que solos desérticos, após o ume-decimento e adição de carbono orgânico liberaram muito mais N, do que existiu originalmente nestes solos, sugerindo sua fixação.

MALEK (11) também verificou a estimulação de fixação assimbiótica de N_2 pela adubação orgânica e a adubação fosfórica e, PRIMAVESI (15) constatou fixação considerável de N em solos irrigados de arroz, quando apresentaram níveis suficientes de Ca e P. Concordaram todos que para a fixação de N_2 atmosférico necessitaram-se de C orgânico, fósforo, cálcio, como também de potássio. Isso indicaria uma fixação essencialmente biológica ou bioquímica, especialmente em clima tropical, onde em solos pobres de matéria orgânica, mas com o suficiente P e Ca, houve um crescimento explosivo de vegetação no início da época das chuvas (PRIMAVESI, 16). Sabe-se que SORIANO(20) usou o teste de "terra moldada" para *Azotobacter*, acrescentando como elementos básicos, carbono orgânico, P e Ca.

Pretendeu-se verificar quais as técnicas agrícolas, que poderiam estimular a fixação de N_2 atmosférico pelo solo — seja biológico, bioquímico ou mesmo por "transmutação biológica dos elementos a baixas energias" como KERVAN (9) sugeriu, propondo a transmutação de CO_2 para N_2 — em condições favoráveis aos microorganismos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental da Universidade Federal de Santa Maria, durante os anos de 1970 a 1972.

Solo:

O experimento foi instalado num solo pertencente à unidade de mapeamento "Intergrade São Pedro-Santa Maria".

Segundo o levantamento detalhado dos solos da UFSM, solo podzólico amarelo-vermelho, Integrado para Planosol, classificado na 7.ª aproximação como sendo Paleudalf Integrado Umbraqualf.

Sua textura apresentou 60% de areia, 29% de silte e 11% de argila; complexo de troca entre 5,9 a 7,0 me/100 g solo; pH de 4,8 a 5,2 e Al trocável de 1,3 me/100 g solo.

Tratamentos:

Aplicou-se a todas as unidades experimentais uma quantidade de palha de trigo correspondente a 10/ha que foi uniformemente distribuída e semi-enterrada a uma profundidade de 10 cm.

Os tratamentos aplicados às unidades experimentais foram os seguintes:

Tratamento 1: Testemunha	
Tratamento 2: Escória de Thomas	500 kg/ha
Tratamento 3: Escória de Thomas	500 kg/ha
Sulfato de amônio	200 kg/ha
Tratamento 4: Escória de Thomas	500 kg/ha
Sulfato de amônio	200 kg/ha
FTE*	20 kg/ha
Tratamento 5: Calcário	1.500 kg/ha
Tratamento 6: Calcário	1.500 kg/ha
Superfosfato triplo	250 kg/ha
Cloreto de potássio	150 kg/ha
Tratamento 7: Calcário	1.500 kg/ha
Superfosfato triplo	250 kg/ha
Cloreto de potássio	150 kg/ha
FTE*	20 kg/ha
Tratamento 8: Calcário	1.500 kg/ha
Sulfato de amônio	200 kg/ha
Superfosfato triplo	250 kg/ha
Cloreto de potássio	150 kg/ha
FTE*	20 kg/ha

* FTE BR-9: $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 9,5\%$; $\text{MnO}_2 = 5,5\%$; $\text{Cu O} = 1,0\%$

$\text{Zn O} = 6\%$; $\text{Mo O} = 0,2\%$; $\text{B}_2\text{O}_3 = 7,0\%$

A distribuição dos tratamentos sobre as unidades experimentais foi realizada aleatoriamente.

Foi usado o milho híbrido (*Zea mays*), var A.C. semeado na densidade de 47.000 plantas/ha.

Delineamento experimental:

O delineamento empregado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. As dimensões das parcelas foram de 4x10 m, contendo 5 linhas de plantas distanciadas de 0,8 m.

A área útil de cada parcela foi de 25,60 m², sendo formada pelas tres linhas centrais, deixando-se duas (uma em cada lado) como margem e cortando 1 m em cada extremidade da parcela.

Determinações realizadas:

Rendimento médio de grãos em função dos tratamentos.

Determinação de Nitrogênio nas formas de NH₄, NO₂ e NO₃, no solo e no vegetal.

Amostragem:

— do solo:

A amostragem do solo para a determinação química foi realizada com o emprego do trado. A amostra representativa de cada parcela foi composta de oito sub-amostras.

— do vegetal:

A parte vegetal utilizada para a determinação de nitrogênio no tecido, foi a primeira folha abaixo da espiga inferior sendo utilizados 15 cm de cada folha, desprezando-se os 10 cm da base.

Para cada tratamento foram colhidas seis folhas provenientes de seis plantas distintas, tomadas ao acaso, no início do pendoamento. O material coletado foi lavado, primeiro com detergente e, em seguida, com água desionizada, tendo-se o cuidado de não submergir as folhas, mas tão somente passar o líquido com chumaço de algodão. A submersão da folha durante a lavagem lixivia parte do potássio (TAVARES DE MACEDO, 21).

As folhas foram secadas com papel filtro, cortadas e levadas à estufa a 65°C. A seguir foram moídas, homogeneizadas e daí retirada a amostra de 0,5g para a digestão.

Processos químicos:

Digestão pelo método micro-Kjeldahl.

N — total no solo:

1 g de solo seco ao ar e peneirado por tamis de 100 mesh.

1 ml de água destilada para umedecer o solo.

1,1 g de pó catalisador (composto de 10 g de sulfato de potássio, 1 g de sulfato de cobre e 0,1 g de selênio em pó).

5 ml de ácido sulfúrico concentrado e 5 bolinhas de vidro para evitar projeções.

Digerir até ficar claro. Diluir a 50 ml.

N — total na planta:

Usou-se processo idêntico empregado porem somente:

0,2 g de folha seca e moída

1,5 ml de ácido sulfúrico concentrado

0,55 g de pó catalisador

juntou-se após o despreendimento dos gases

2 ml de ácido sulfúrico concentrado para apurar a clarificação. Diluir a 50 ml.

Destilação fracionada:

NH_3 — direto após a adição de NaOH a 40%, captando-se o NH_3 em ácido bórico a 2% com bromo cresol verde mais vermelho de metila.

Após a destilação do NH_3 transformou-se o NO_2 em NH_3 pela adição de ácido sulfâmico (ou amidosulfônico) e MgO e destilação.

Finalmente transformou-se o NO_3 , juntando-se KMnO e acidificando-se a amostra com solução ferrosa ácida até desaparecer a cor do permanganato. Adicionou-se sulfato de titânio a 15% e MgO e destilou-se novamente.

Foram recuperados com este método de 96 a 98% do N contido na amostra, o que se considerou satisfatório.

A titulação foi feita com ácido sulfúrico — 0,005N em lugar de 0,1N, para atingir-se maior exatidão. Cada ml do ácido corresponde a 0,07 mg de N- NH_4 .

RESULTADOS

Os resultados das análises realizadas encontram-se nas tabelas 1, 2, 3 e no gráfico.

Tabela 1 — Valores médios de nitrogênio no solo nas formas de NH_4 , NO_2 e NO_3 , expressos em ppm, na fase do pendoamento do milho (*Zea mays*).

Tratamento n.º	ppm de Nitrogênio na forma de NH_4	NO_2	NO_3	N total (ppm)
1	97,00	133,13a*	317,00c*	547,13
2	101,00e*	120,19	245,66c	466,85
3	105,00c	141,19	582,00b	828,19
4	113,36a	99,66	669,33a	882,35
5	92,09	158,00	394,16	644,25
6	92,16	151,06	300,00	543,22
7	110,26b	139,80	468,00	718,06
8	103,76d	136,66	461,33	701,75

* Médias não seguidas pela mesma letra, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5%. Houve significância ao nível de 1%, nos níveis de NO_2 e de 5% nos de NH_4 .

Tabela 2 — Valores médios de nitrogênio no vegetal, expressos em ppm na fase de pendoamento do milho (*Zea mays*).

Tratamento n.º	ppm de Nitrogênio na forma de			N total (ppm)
	NH ₄	NO ₂	NO ₃	
1	602,33	1207,33	2560,66	4370,32
2	903,33a*	1075,33a*	2811,66b*	4790,32
3	555,33	899,66	3480,00	4934,99
4	668,00b	685,00	3936,66a	5289,66
5	563,00	1031,66	2313,00c	3907,66
6	511,00	882,66	2098,33	3491,99
7	591,33	850,66	2652,00	4093,99
8	585,00	856,33	2718,00	4159,33

* Médias seguidas por letras iguais não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5%.

Houve diferença significativa a 1%, nos níveis de NO₃ e de 5% nos de NH₄.

Tabela 3 — Rendimento médio de grãos em toneladas/ha, Nitrogênio total no solo na fase de pendoamento e diferença de N em relação à testemunha.

Tratamento n.º	Rendimento de grãos t/ha	N total no solo (ppm)	Diferença de N em relação a testemunha (ppm)
1	7,7	547,13	0
2	9,5	466,85	— 80
3	8,6	828,19*	+ 281
4	7,6	882,35*	+ 335
5	8,8	644,25	+ 97
6	8,9	543,22	— 4
7	8,1	718,06	+ 171
8	8,4	701,75*	+ 154

* Os tratamentos 3,4 e 8 receberam adubação nitrogenada.

O cálculo do N total no solo no início do ensaio:

1,9% de M.O. com aproximadamente 3% de N = 570 ppm

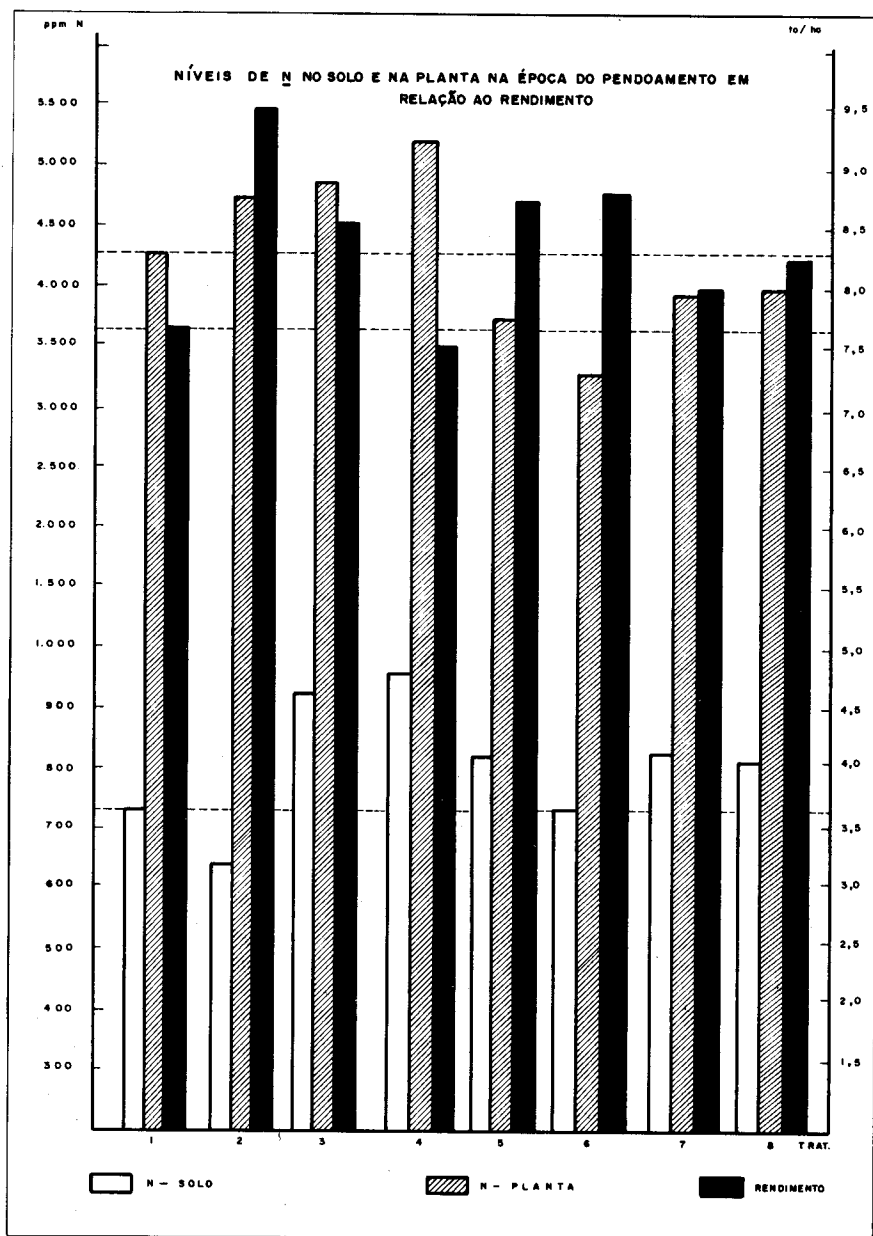
10 ton/ha de palha de trigo com 0,5% de N = 50 ppm

incorporada até 10 cm de profundidade

200 kg/ha de sulfato de amônio a 20% = 40 ppm

Nas parcelas adubadas, total de N = 660 ppm

Observação: Todas as análises de N do solo foram de N total.



DISCUSSÃO

Verificou-se que a maior parte de N, tanto no solo como na planta encontrou-se na forma de NO_3 . Isso indica que as condições de nitrificação no solo foram boas e, a absorção, pela planta, rápida. A maior parte do N analisado estava ainda circulando com a seiva, apresentando-se na forma de NO_3 , não estando metabolizado.

Os tratamentos 3 e 4 que mostraram os maiores níveis de NO_3 no vegetal foram justamente os que produziram a menor colheita (n.º 4) que acusou uma deficiente metabolização, enquanto os tratamentos 2 e 6 com os menores níveis de N no vegetal apresentaram os maiores rendimentos. Atribuiu-se o mais baixo nível de N ao efeito de diluição que ocorre em todas as plantas com desenvolvimento rápido.

Verificou-se igualmente que os tratamentos 3 e 4, que receberam sulfato de amônio e escória de Thomas, apresentaram os maiores níveis de N no solo na época do pendoamento que o n.º 8 que recebeu sulfato de amônio e, superfosfato como fonte de fósforo. Pareceu que do ponto de vista da conservação do N, houve diferença segundo a fonte de P. Também é possível que houve fixação adicional de N. Os tratamentos 7 e 8 mostraram idênticos níveis de N no solo e também rendimentos iguais, apesar de que o tratamento 8 recebeu adubação nitrogenada e o n.º 7, não a recebeu o que sugeriu uma fixação de N atmosférico por microorganismos.

Comparando a quantidade de N total determinada no solo que foi de 620 ppm para as parcelas sem adubação nitrogenada e de 660 ppm para as parcelas com adubação nitrogenada, verificou-se que a diminuição de N pela absorção, em relação ao total, foi muito pouca e que deve ter havido fixação de N durante o ciclo vegetativo. Os tratamentos, exceto os de n.º 2 e 6, apresentaram níveis não somente maiores que a testemunha, mas também maiores que o N total determinado no início do ensaio.

Este aumento de N, mesmo nos tratamentos que receberam adubo nitrogenado foi explicado por PRIMAVESI (17) que demonstrou que a decomposição da celulose dos restos da cultura foi intensificada pela adição de N e, segundo REESE (19), os produtos desta decomposição semi-aeróbia foram ácidos orgânicos, os quais foram a fonte de C dos fixadores assimbióticos de N.

O maior rendimento de grãos ocorreu no tratamento n.º 2 que recebeu apenas 500 kg/ha de escória de Thomas. Mostrou igualmente, o mais baixo valor de N no solo, mas o mais alto índice de NH_4 na planta, o que indicou a mais rápida metabolização.

A aplicação de micronutrientes (Fritted Trace Elements) baixou em todos os casos o rendimento, embora não significativamente, o que indicou que neste processo os vegetais não responderam positivamente aos mesmos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e analisados permitiram as seguintes conclusões:

1 — A incorporação superficial de palha ao solo junto com 500 kg de escória de Thomas, proporcionou o maior rendimento no milho, superando os tratamentos que receberam uma adubação nitrogenada. (9,5 t/ha).

2 — O aumento de N no solo acima do nível de N no início do ensaio, bem como níveis iguais de N nos tratamentos 7 (sem nitrogênio) e 8 (com adubação nitrogenada) sugeriram a fixação de N por bactérias assimbióticas.

3 — Os níveis de N na planta, na época do pendoamento, que foram considerados os mais significativos, não permitiram previsão do rendimento, uma vez que não revelaram a intensidade do crescimento com o seu consequente efeito de diluição, quando não se considerou a taxa de metabolização, o que foi essencial.

A taxa de metabolização pode ser calculada pela porcentagem das três frações de N sobre o N total da planta.

$$\text{Taxa de metabolização} = \frac{\text{NH}_4 + \text{NO}_2 + \text{NO}_3}{\text{NH}_4}$$

4 — Pareceu ficar provado que na decomposição semi-aeróbia de palha, em presença de suficiente ions PO_4 e ions Ca, houve, fixação assimbiótica de N em níveis suficientes para suprir as necessidades de uma boa colheita de milho (9,5 t/ha), de acordo com DHAR (1), dispensando a adubação nitrogenada.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — COFFEE, R.C. & BARTHOLOMEW, M.V. — *Soil Sci. Amer. Proc.* 28(3): 485-490, 1964.
- 2 — DHAR, N.R. — "Nitrogen Problem and Food Production." Moção apresentada ao presidente da India, 1961.
- 3 — ——— — Organic matter, basic Thomas slag and soil productivity. In: *Progressos em Biodinâmica e Produtividade do Solo*. Ed. Pallotti, S. Maria, 1968, p: 351-359.
- 4 — FLORENZANO, G. — New nitrogen fixing bacteria from acid forest soils. In: *Progressos em Biodinâmica e Produtividade do Solo*. Ed Pallotti, S. Maria, 1968, p: 3-8.
- 5 — FLORENZANO, G. — *Elementi di Microbiologia del Terreno*. Ramo Editoriale degli Agricoltori, Roma, 1972, p: 191-210.
- 6 — HANAWALT, B. — Influence of environmental factors on the absorption of atmospheric ammonia by soil. *Soil Sci. Amer. Proc.* 33 (2): 231-234, 1969.
- 7 — HARDY, R. W. F. et alii — The acetylene-ethylene assay for N_2 fixation. Laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.* 43: 1185-1207, 1968.
- 8 — KARAGUYSCHIEWA, D. — Die rolle der freien stickstoffbinder bei N-ansammlung im boden. *Nachr. Akad. Wiss. Kasach. SSSR*, 1967, p: 52-64.
- 9 — KERVAN, C. L. — *Transmutations a faibles énergie, naturelles et biologiques*. Libr. Maloine, Paris, 1972, p: 139-155.
- 10 — KASS, D. L., DROSDORF, M. & ALEXANDER, M. — N-fixation of *Azotobacter paspali* in association with Bahia grass. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35 (2): 286-289, 1971.
- 11 — MALEK, Y. — Some microbial aspects of non acid soils of subtropical and arid and semi-arid regions. H. Laurits Jensen Festschrift, 1968, p: 27-38.

- 12 — MALO, B.A. & PURVIS, E. R. — Soil absorption of atmospheric ammonia. *Soil Sci* 97: 242-247, 1964.
- 13 — MCGREGOR, A. N. — Gaseous losses of nitrogen from freshly wetted desert soil. *Soil Sci. Amer. Proc.* 36(4):594-596, 1972.
- 14 — MOLINA, J. S. — Fuentes de Carbono utilizados por el Azotobacter en suelos alcalinos. *Laber. Invest Agric. Bol. Tecnico* 1: 1-129, 1967.
- 15 — PRIMAVESI, A. M. — Fixação de nitrogênio em solos submersos de arroz. In: XII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Curitiba, 1969.
- 16 — ——— — Relatório do Projeto Rondon, 1971.
- 17 — ——— — Melhoramento da produtividade de solo por bactérias celulolíticas, Relatório de pesquisa entregue ao CNPq, 1972.
- 18 — PRIMAVESI, A. — Organic matter and soil productivity in the tropics and subtropics. *Pont. Acad. Scient. Scripta Varia* 32: 653-696, 1968.
- 19 — REESE, E. T. — Enzymatic degradation of cellulosis. *Appl. Microbiol.* 4: 39-54, 1956.
- 20 — SORIANO, S., ASUNCION, M. J. & DELLEPIANE, E. — Diagnostico de deficiencias de nutrientes en el suelo por método microbiológico. *Rev. Fac. Agron. y Vet., Buenos Aires*, 18 (1): 65-68, 1970.
- 21 — TAVARES DE MACEDO, P. — Perdas de elementos nutritivos por lavagem das partes aéreas das plantas. *Inst. Ecol. Experimentação Agrícola, Min. Agric., 1958, Comum. Técn. n.º 6.*
- 22 — WINOGRADSKY, S. — Etudes sur la microbiologia du sol. *Ann. Inst. Pasteur*, 39: 299-354, 1925.