

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas*  
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 11 Campinas, Outubro-Dezembro de 1951 N.ºs 10-12

## ESTUDO DA VARIABILIDADE DOS NITRATOS NUM SOLO TIPO TERRA ROXA-MISTURADA (1)

F. C. VERDADE (2)

*Engenheiro agrônomo, Secção de Agrogeologia, Instituto Agronômico de Campinas*

### 1 - INTRODUÇÃO

Os nitratos do solo estão sujeitos a variações decorrentes, principalmente, da atividade microbiológica. Fatores que afetam a microflora e microfauna do solo, como clima, matéria orgânica, tratos culturais, etc., influem indiretamente no teor de nitrogênio-nítrico do solo.

Procurou-se estabelecer, neste trabalho, os períodos de nitrificação máxima e mínima que ocorrem numa área experimental. O calor e a umidade são os principais fatores que afetam a nitrificação, porque ativam ou inibem a vida microbiana, enquanto os demais fatores atuam sobre a intensidade do fenômeno. Os primeiros determinam as épocas de nitrificação e, os outros, o seu valor quantitativo. Como no Estado de São Paulo o interior está sujeito a um regime climático com inverno seco e verão com muitas chuvas, os dados obtidos nesta pesquisa deverão ser extensivos à maior parte dos nossos solos.

### 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se, para o estudo, um solo tipo terra roxa-misturada, da Estação Experimental Central de Campinas, com área aproximada de 800 metros quadrados. Suas características principais correspondem ao perfil 604 do levantamento pedológico dessa Estação (3), com os seguintes dados :

Carbono (em 100 g de solo seco 105-110°C) .....	1,25%
Nitrogênio (em 100 g de solo seco 105-110°C) .....	0,11%
pH .....	5,8
Massa específica aparente .....	1,34
Relação C/N .....	11,4

O terreno estava há quatro anos em descanso, tendo sido o milho a última cultura. Nunca fôra adubado e, quatro meses antes do início das

(1) Trabalho apresentado à III Reunião Brasileira da Ciência do Solo, realizada em Recife, de 17 a 29 de julho de 1951, e adaptado para a revista "Bragantia".

(2) Expressamos nossos agradecimentos ao Dr. Hernani Godói, chefe do Serviço Meteorológico do Instituto Agronômico de Campinas, pelos dados que nos forneceu.

(3) Trabalho em realização na Secção de Agrogeologia do Instituto Agronômico de Campinas.

dosagens (janeiro de 1948), foi feita uma aração superficial, desde quando o terreno ficou sujeito à vegetação espontânea, que perdurou até o término da experiência.

QUADRO 1.—Dados das coletas, situação da cobertura vegetal e resultados analíticos

Data	Anotações da cobertura vegetal	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> em 100 g. solo (1)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> por hectare (2)	Umidade natural
		g.	kg	%
7 - jan. - 1948	Touceiras esparsas não eliminadas pela aração	28,4	47,19	12,7
16 - fev. - 1948	Mato pequeno, bem viçoso; chuvas nos últimos dias	40,4	67,13	20,5
10 - março - 1948	Mato com mais ou menos um metro de altura; sem chuvas nos dias anteriores	152,6	253,56	11,7
12 - abril - 1948	O mato com ponteiros secos; sem chuvas	94,6	157,19	13,9
10 - maio - 1948	Vegetação em completa decadência; s/ chuvas	277,3	460,76	13,1
15 - junho - 1948	Vegetação em completa decadência; s/chuvas.	44,0	73,11	13,1
18 - julho - 1948	-----	16,7	27,75	8,8
17 - agosto - 1948	Mato deitado e início de decomposição na parte em contacto com o solo	7,4	12,30	14,7
16 - Set. - 1948	-----	8,5	14,12	10,6
15 - out. - 1948	Roçada e os resíduos abandonados no terreno	52,2	86,74	14,9
19 - nov. - 1948	Mato desenvolvido	3,5	5,82	15,0
14 - dez. - 1948	Bom desenvolvimento da vegetação	1,2	2,00	13,9
4 - jan. - 1949	Curto período de seca	27,6	45,86	10,0
18 - jan. - 1949	Choveu na última noite antes da coleta	19,6	32,57	18,1
31 - jan. - 1949	Mato na plenitude do desenvolvimento	100,6	167,16	14,3
14 - fev. - 1949	Florescimento do mato	41,2	69,45	15,1
4 - março - 1949	Chuvas no dia anterior e neste; florescimento completo	9,5	15,79	16,2
16 - março - 1949	-----	16,8	27,91	14,4
30 - março - 1949	Muita chuva	43,6	72,45	18,8
12 - abril - 1949	-----	29,8	49,52	15,1
29 - abril - 1949	Noites muito frias	27,0	44,86	15,9
18 - maio - 1949	Vegetação em decadência	7,2	11,96	15,0
30 - maio - 1949	O mato apresenta-se seco	53,5	88,90	15,9
14 - junho - 1949	Idem	17,8	29,58	17,8
27 - junho - 1949	Idem	32,4	53,84	16,0
19 - julho - 1949	Idem	20,9	34,73	11,3
4 - agosto - 1949	Idem	22,3	37,05	12,8
18 - agosto - 1949	O mato foi roçado	17,9	29,74	10,8
12 - set. - 1949	-----	24,2	40,21	9,1
21 - out. - 1949	-----	58,1	96,54	15,6
3 - nov. - 1949	Vegetação em desenvolvimento	71,3	118,47	14,8
29 - nov. - 1949	-----	46,7	77,60	14,7
5 - dez. - 1949	-----	13,6	22,60	16,0

(1) Em 100 g de solo seco a 105-110°C.

(2) Na profundidade de 20 cm.

QUADRO 2.—Quedas pluviométricas nos anos de 1948-49, em períodos de aproximadamente 10 dias e datas em que foram computadas

Períodos		Queda pluviométrica em 1948	Queda pluviométrica em 1949
		mm	mm
Janeiro	1-10	6,1	17,5
	11-20	128,5	129,6
	21-30	79,2	11,9
Fevereiro	31-9	65,3	95,2
	10-19	48,4	54,6
	20-29	69,7	25,3
Março	1-10	9,6	63,9
	11-20	131,6	9,1
	21-31	27,6	101,6
Abril	1-9	26,6	67,8
	10-19	0,6	0,0
	20-29	0,6	45,4
Maio	30-10	0,0	12,9
	11-19	18,9	18,2
	20-29	14,0	0,0
Junho	30-8	7,0	15,6
	9-18	0,0	25,1
	19-28	0,0	0,0
Julho	29-8	0,0	0,0
	9-18	0,0	0,0
	19-28	29,1	0,0
Agosto	29-7	9,6	0,0
	8-17	13,6	0,0
	18-27	0,0	0,0
Setembro	28-6	0,0	0,4
	7-16	10,0	3,3
	17-26	3,8	0,8
Outubro	27-7	22,3	12,6
	8-16	9,4	26,7
	17-26	0,0	27,5
Novembro	27-6	29,0	19,0
	7-16	61,4	20,0
	17-26	10,4	17,3
Dezembro	27-5	41,6	127,8
	6-18	77,4	115,2
	18-30	12,9	151,1

As amostras de solo foram retiradas até 20 cm de profundidade, em cinco lugares diferentes, de modo que representassem bem o campo. As amostras foram misturadas, trazidas imediatamente ao laboratório, onde se dosaram os nitratos, no mínimo com cinco repetições, e se determinou a perda de umidade a 105-110°C. O método de dosagem foi o fenoldissulfônico, já descrito em outro trabalho (2). Durante o ano de 1948, as coletas foram mensais, passando para quinzenais em 1949 (exceto durante o mês de setembro).

Na área em estudo, assinalou-se a predominância de gramíneas. As principais observações, relativas à cobertura vegetal e resultados analíticos,

encontram-se no quadro 1. As quedas pluviométricas dos anos de 1948-49, expressas em milímetros de chuva, foram agrupadas em períodos de cerca de dez dias e dispostas no quadro 2.

### 3 - RESULTADOS OBTIDOS

Com os dados do quadro 1 e 2 construíram-se os gráficos das figuras 1 e 2. Na figura 1 estão as quedas pluviométricas de períodos de 10 dias aproximadamente, expressas em milímetros de chuva, e o  $\text{NO}_3^-$ , em quilogramas por hectare. Na figura 2 estão as médias mensais de temperatura, em grau centígrado, no período de 1948-49, e as percentagens de umidade natural das amostras coletadas nesse período.

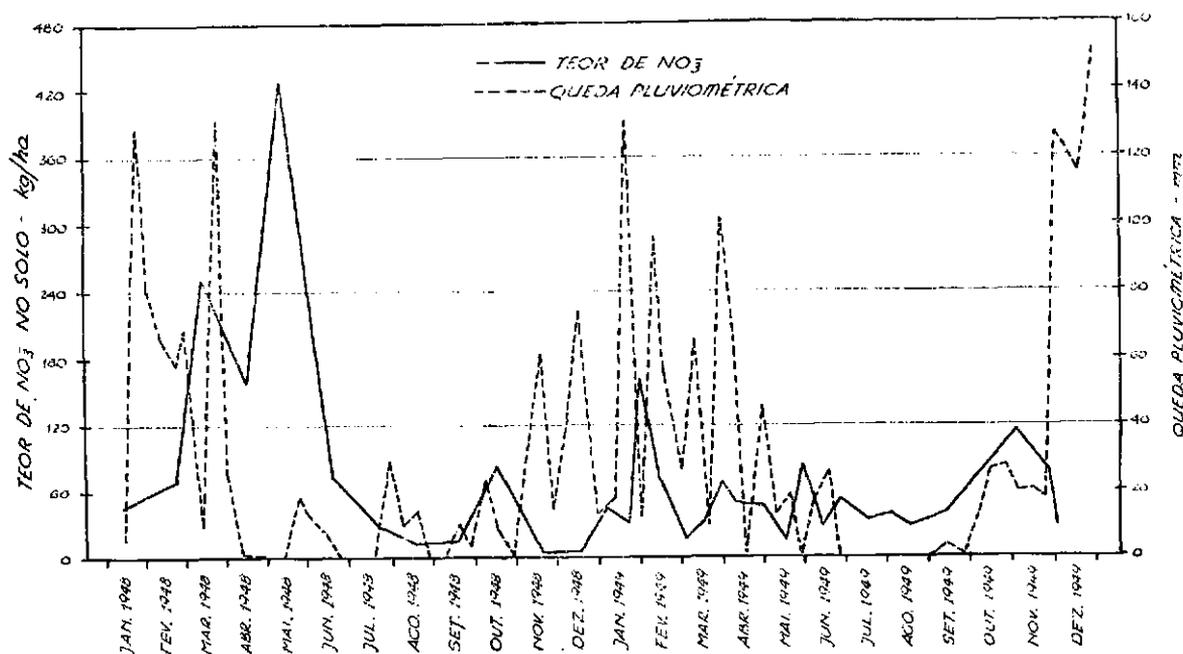


FIGURA 1.—Variações dos nitratos do solo e das precipitações pluviométricas em períodos de 10 dias, nos anos de 1948-1949.

Pela análise do quadro 1 e figura 1, vê-se que as quantidades dos nitratos variam bastante durante o ano, e também que, provavelmente, os resultados de um ano não se repetirão nos anos sucessivos. Isto porque as causas que afetam o valor quantitativo dos nitratos são numerosas e se alteram de ano para ano.

A análise de nitratos do solo, por conseguinte, só tem valor quando feita regularmente durante um certo período de tempo. Essas observações seguidas são necessárias quando se quer ter noção da capacidade de nitrificação do solo, nos estudos de fertilidade e de pedologia.

A nitrificação e a ocorrência de nitratos do solo são intimamente dependentes da associação do calor e da umidade do solo. Em geral, os nitratos aumentam nas épocas quentes e chuvosas, e diminuem na época do frio (fig. 1 e 2). Assim, inicia-se o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  em fins de setembro e nota-se

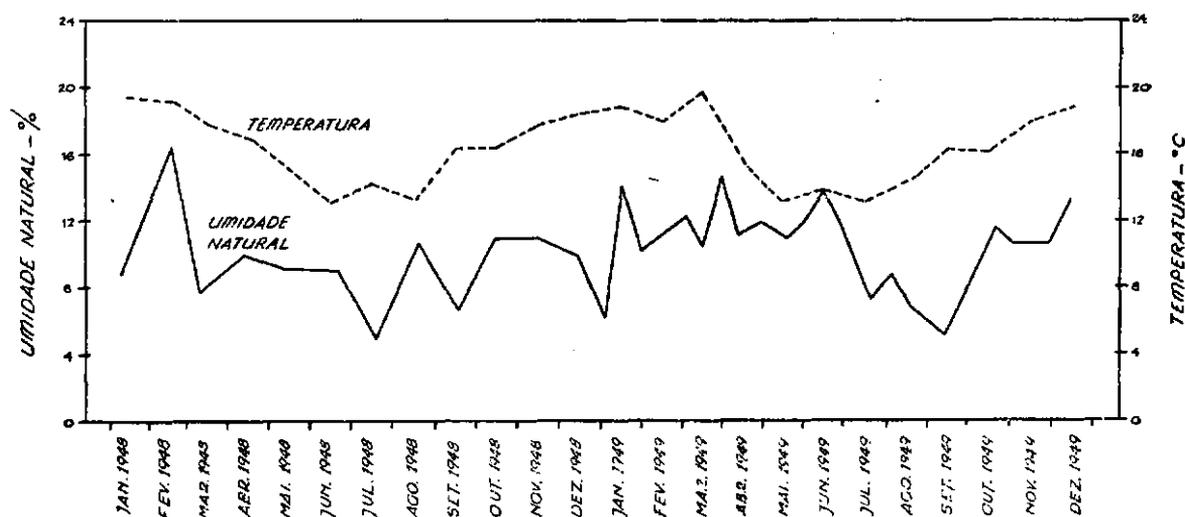


FIGURA 2.—Média mensal de temperatura e umidade natural do solo, observada nas amostras, durante os anos de 1948-1949.

uma queda em dezembro ; há novo aumento em fins de janeiro e retôrno a níveis baixos no inverno. Em setembro inicia-se novo ciclo. Segundo a coletânea de Bathan e Nigam (1), sôbre a periodicidade dos nitratos em solos de diversas partes do mundo, observou-se o mesmo fenômeno, isto é, falta de nitrogênio nítrico nas épocas frias e aumento de nitratos na primavera ou outono.

Apesar de, entre nós, dezembro ser quente e úmido, notou-se, nos dois anos, um declínio de nitratos nessa época. Esta diminuição da quantidade de  $\text{NO}_3^-$  é explicada pelas lavagens efetuadas pelas águas das chuvas que percolam o solo. A inspeção na figura 1 mostra que a chuva em excesso é fator negativo no acúmulo de nitratos. Em 1948, não choveu no período abril-maio e houve grande aumento de nitratos no solo, e, em 1949, as chuvas foram abundantes e êles se apresentaram em níveis baixos.

Aliando-se às lavagens, há ainda absorção dos nitratos pelo mato. Sachs (7), comparando um solo submetido a diversas culturas, achou que há forte diminuição da quantidade de nitratos, pela absorção das plantas. Hall (6), estudando a nitrificação num terreno em alqueive, notou falta de nitratos durante os meses de dezembro a junho, que explicou como devida à capacidade do solo que não permitia a retenção da água, ao pequeno arejamento, bem como à absorção intensa pelo mato, cujas raízes são desenvolvidas e têm grande capacidade de absorção. Não teriam sido as duas primeiras causas, citadas por Hall, que atuaram para a diminuição dos nitratos do solo em dezembro, na pesquisa em aprêço, porque elas deveriam continuar a ocorrer de janeiro em diante, quando, no entanto, se notou ter aumento de  $\text{NO}_3^-$ .

Concluiu-se que, em dezembro, houve lavagens e absorção intensa pelo mato, reduzindo o teor de nitratos a traços apenas. Êste ponto é de particular interesse para nós, em virtude de as adubações nitrogenadas, exceto

as orgânicas, não terem produzido bons resultados ; em certos casos deram, mesmo, resultados negativos. Em geral, as adubações são feitas em fins de setembro e começo de outubro, época do início do plantio ou sementeira. O adubo nitrogenado mineral pode não perdurar no solo até dezembro, porque está sujeito à lavagem, e, ao chegar dezembro, pouco é encontrado no solo ; essa época, contudo, é de máxima exigência das plantas em alimentos minerais.

Diversas hipóteses podem ser emitidas para explicar a falta de reação de adubos nitrogenados minerais em nossos solos. Uma delas é a de que a capacidade de nitrificação dos solos do Estado é grande e, mesmo sendo baixos os teores em nitrogênio total, quando comparados com os de outros países frios, satisfazem plenamente às exigências das plantas. Contudo, em nossas observações, o mês de dezembro foi o período crítico em  $\text{NO}_3$ , mesmo para esse solo que se apresentava com regular teor de nitrogênio total (0,11%). O parcelamento do adubo nitrogenado para esta época, talvez venha suprir as deficiências encontradas nesse mês. Convém lembrar, porém, que a presente investigação foi realizada em terras com vegetação espontânea. Nos solos cultivados, os tratos culturais aceleram ainda mais a nitrificação e impedem também o crescimento do mato, podendo, portanto, estar à disposição da cultura quantidades convenientes de nitratos.

Não se conseguiu estabelecer proporções entre milímetros de chuva caídos e lavagens de nitratos. Parece que as chuvas de dez dias anteriores à retirada da amostra, perfazendo 40 mm, causam perdas por percolação. Hall (5, 6) achou que chuvas de mais de 3 polegadas (76,2 mm) produzem perdas, e Smith (8), por sua vez, admite que, acima de 2 polegadas (50,8 mm), as chuvas arrastam os nitratos para o subsolo. O problema é complexo, pois está condicionado ao tipo de solo, constância de chuvas, etc.

É crença que, no Estado de São Paulo, ocorre uma ascensão de sais no período seco do ano. Esses sais seriam trazidos à superfície pela capilaridade, em virtude de evaporação na superfície do solo. Esse fato é mencionado para as regiões áridas, onde foi estudado ; nas nossas condições, porém, isso, provavelmente, não ocorre. Os dados obtidos no presente trabalho indicam que, em junho-julho e agosto-setembro de 1949, houve secas normais, mas não houve, no entanto, ascensão de nitratos. Mais patente ainda foi o período de julho a setembro de 1949, em que não choveu durante três meses seguidos. Como não havia umidade e a temperatura era relativamente baixa, não deveria ocorrer a nitrificação e, portanto, os teores deveriam permanecer mais ou menos constantes, tal como se notou. Se tivesse havido ascensão de sais, teria sido verificado um aumento de  $\text{NO}_3^-$ . Pela figura, vê-se que o teor de nitratos se manteve mais ou menos constante. Nada, pois, nos leva a admitir, pelos dados desta pesquisa, que a crença relativa à ascensão dos sais durante o período de seca seja verdadeira.

Em abril-maio de 1948, houve grande acúmulo de nitratos, o que não se repetiu em 1949. Quando se comparam as quedas pluviométricas da mesma época, nos dois anos, nota-se que em 1948 não houve chuvas. No mesmo período, em 1949, as chuvas foram abundantes e bem distribuídas.

Não tem explicação o fato de os nitratos diminuírem por uma chuva de 20 mm em abril-maio de 1949, pois não está de acôrdo com os demais dados, a não ser que se admita, como causa, uma insolubilidade do nitrogênio nítrico pela atividade microbiana sôbre a matéria orgânica.

### CONCLUSÕES

Do estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo terra roxa-misturada, chegou-se às seguintes conclusões :

a) A nitrificação neste solo, que deve seguir em linhas gerais a da maioria dos outros solos do Estado de São Paulo, varia com a época do ano. A dosagem de nitratos do solo, para elucidar problemas de fertilidade e de pedologia, só tem valor quando realizada a pequenos intervalos e durante um certo período de tempo.

b) O calor e a umidade influem positivamente, aumentando a nitrificação ; esta cresce nas épocas quentes e chuvosas e diminui nas épocas frias e sêcas.

c) Nesta pesquisa, foi notada uma diminuição do teor de nitratos em dezembro. Admitiu-se, como causa, a lavagem do solo, bem como a absorção intensa dos nitratos do solo pelo mato em crescimento. Pode-se explicar, por êsse fenômeno, a falta de reação das adubações nitrogenadas minerais, preconizando-se o parcelamento do adubo para esta época. Esta pesquisa de variabilidade dos nitratos não leva, contudo, a resultados definitivos, pois indica apenas a possibilidade de se resolver o problema das adubações nitrogenadas minerais no Estado de São Paulo.

d) A pesquisa efetuada não confirma a crença de ascensão de sais nas épocas de sêca, no Estado, porque não se verificou enriquecimento de  $\text{NO}_3^-$ , nesses períodos.

e) Existem perdas por lavagem do  $\text{NO}_3^-$  associadas com quantidades de chuva ; essa relação não foi investigada quantitativamente.

### SUMMARY

From a study of the variation of nitrates in the soil known as **terra roxa misturada** (mixed purple soil), the following conclusions were drawn :

a) The nitrate content of this soil reveals a periodic variation through the year. The same kind of variation is expected in the majority of S. Paulo soils, because the climate, with minor exceptions, is fairly uniform over the State.

b) As nitrification proceeds at a higher rate in the hot wet (September-May) than in the cool dry season (May-September), nitrates accumulate in the soil during the first period and disappear in the second. However, as an exception to the above rule, there appeared to be a fall in nitrates during December. This may have been due, either to leaching by rain, or to absorption by weeds, then in their growing period in the experimental fields. Since inorganic nitrogenous fertilisers do not generally give good results in the State of S. Paulo, when applied at the beginning of the rainy season, it is logical to attribute the decrease in nitrogen content to leaching, although the investigation did not lead to a conclusive explanation.

c) This study did not support the view of an upward migration of salts in our soils during the dry months, since a steady level of nitrate content was observed during this period.

d) Although the author was able to establish an association between nitrate losses and rainfall, it was not possible to determine the relation quantitatively.

## LITERATURA CITADA

1. **Batham, H. N. e L. S. Nigam.** Periodicity of the nitrate content of soils. *Soil Sci.* **29**: 181-190. 1930.
2. **Verdade, F. C.** Dosagem dos nitratos do solo pelo método do ácido fenoldissulfônico. *Bragantia* **11**: 1-12, fig. 1, 1951.
3. **Demolon, A. e E. Bastisse.** Results of lysimeter experiments. *Soil Sci.* **46**: 1-7. 1939.
4. **Gowda, R. N.** Nitrates and nitrification in field soils. *Soil Sci.* **17**: 333-342. 1924.
5. **Hall, T. D.** Nitrification in some South African Soils. *Soil Sci.* **12**: 301-363. 1921.
6. **Hall, T. D.** Nitrification in some South African Soils. Part II. *Soil Sci.* **18**: 219-235. 1924.
7. **Sachs, W. H.** Effect of cultivation on moisture and nitrates of field soil. *Univ. Arkansas Agric. Exp. Sta. Bul.* 205. 1926.
8. **Smith, J. B.** Distribution of nitrates in three layers of fallow soil. *Soil Sci.* **26**: 347-350. 1928.