

**ESTUDOS SOBRE OS EFEITOS DE ALGUNS FATORES QUE AFETAM
A FIXAÇÃO DO ZINCO NO SOLO**

RONALDO IVAN SILVEIRA

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

AUXILIAR DE ENSINO DO DEPARTAMENTO DE SOLOS E GEOLOGIA DA
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PROF. MOACYR DE O. C. DO BRASIL SOBRINHO

ORIENTADOR

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da USP,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

1972

A G R A D E C I M E N T O S

O autor expressa seus agradecimentos as seguintes pessoas instituições.

Prof. Dr. Moacyr de O.C. do Brasil Sobrinho, orientador - do trabalho.

Profs. Drs. Francisco de Assis Ferraz de Mello, José Renato Sarruge, Sylvio Arzolla, Eurípedes Malavolta, Toshiaki Kinjo, Zilmar Ziller Marcus, pela colaboração prestada.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, nas pessoas dos Professores Dr. Admar Cervellini, por permitir o uso das dependências e do Dr. Virgilio Franco do Nascimento Filho pela medição do material radioativo.

Aos Professores Roberto Simionato de Moraes e Vivaldo - Francisco da Cruz pela programação e computação dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Geologia:
Armando Porta, Vinicius Ferraz, Angelo Samniotto, Antonio Benedi
to Fernandes e Manoel Nogueira.

Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Influências das frações granulométricas.....	2
2.2. Influência do pH e dos teores de Ca^{+2} e de Mg^{+2} trocáveis.....	3
2.3. Influência da capacidade de troca de cátions - (CTC) e do índice de saturação em bases(I).	4
2.4. Influência do teor de íons fosfato do solo....	5
2.5. Influência da matéria orgânica.....	6
3. MATERIAL E METODOS.....	7
3.1. Primeiro ensaio.....	7
3.2. Segundo ensaio.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1. Primeiro ensaio.....	12
4.1.1. Influência das frações granulométricas.....	13
4.1.2. Influência do pH e dos teores de Ca^{+2} e de Mg^{+2} trocáveis.....	16
4.1.3. Influência da capacidade de troca de cátions - (CTC) e do índice de saturação em bases (I)...	21
4.1.4. Influência do teor de íons fosfato do solo....	22
4.1.5. Influência da matéria orgânica.....	23
4.2. Segundo ensaio.....	25
4.2.1. Estudo da interação Solo x Dose.....	26
4.2.2. Estudo do efeito de época.....	28
4.2.2.1. Efeitos das Épocas dentro da Dose.....	28

4.2.2.2.	Efeitos das épocas dentro do solo.....	29
4.2.2.3.	Efeitos de solo dentro da época.....	31
5.	RESUMOS E CONCLUSÕES.....	33
5.1.	Primeiro ensaio.....	33
5.2.	Segundo ensaio.....	33
5.3.	Principais conclusões.....	34
6.	SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	35
6.1.	First experiment.....	35
6.2.	Second experiment.....	35
6.3.	Main conclusions.....	36
7.	LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DOS GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1 - Ilustração da regressão linear % de areia x fixação de Zn	43
Gráfico 2 - Ilustração da regressão linear % de limo x fixação de Zn.....	44
Gráfico 3 - Ilustração da regressão linear % de argila x fixação de Zn.....	45
Gráfico 4 - Ilustração da regressão linear pH x fixação de Zn.....	46
Gráfico 5 - Ilustração da regressão linear e.mg $Ca^{+2}/100$ g T.F.S.A. x fixação de Zn.....	47
Gráfico 6 - Ilustração da regressão linear e.mg $Mg^{+2}/100$ g T.F.S.A. x fixação de Zn.....	48
Gráfico 7 - Ilustração da regressão linear CTC x fixação de Zn.....	49
Gráfico 8 - Ilustração da regressão linear I % x fixação de Zn.....	50
Gráfico 9 - Ilustração da regressão linear e.mg $PO_4^{\equiv}/100$ g T.F.S.A. x fixação de Zn.....	51
Gráfico 10- Ilustração da regressão linear Matéria orgâ- nica % x fixação de Zn.....	52
Gráfico 11- Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas - so lo Ibitiruna.....	53
Gráfico 12- Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas - so lo Paredão Vermelho.....	54

Gráfico 13 - Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato das quantidades aplicadas - solo Bairrinho.....	55
Gráfico 14 - Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas - solo Luiz de Queiroz.....	56
Gráfico 15 - Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas - solo Godinho.....	57
Gráfico 16 - Microgramas de Zn fixado em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas - solo Ribeirão Claro.....	58

1. INTRODUÇÃO

Embora seja o Zn um micronutriente essencial e, por êsse motivo, necessário às plantas em pequenas quantidades, têm sido constatadas áreas deficientes dêsse elemento em várias partes do mundo.

De acôrdo com THORNE (1957) já foram encontradas nos Estados Unidos da America do Norte e na Austrália regiões extensas carentes de Zn. Tal carência, porém, deve ocorrer, segundo êsse autor, em ao menos, trinta diferentes países.

As notáveis deficiências de Zn e de Cu encontradas na Austrália fizeram dêsse país um centro de pesquisas sôbre êsses elementos (THORNE, 1957).

Não existem muitas informações a respeito de carências de Zn em solos brasileiros. Especificamente, no Estado de São Paulo, em algumas áreas se tem verificado insuficiência dêsse nutriente em formas disponíveis, principalmente em culturas de milho, batatinha, citrus e café. Nestas duas últimas chega a ser, em certos casos, uma prática rotineira a correção de deficiência do referido elemento por meio de pulverização foliar.

Deve-se ressaltar que em alguns ensaios realizados no Estado de São Paulo, em que se esperavam reação favorável à aplicação de Zn no solo, os resultados obtidos não corresponderam às expectativas. Os motivos reais dessa não correspondência são desconhecidos, não estando, porém, afastada a hipótese da fixação do nutriente no solo. Isso levou o autor do presente trabalho a proprmar uma série de estudos com a finalidade de verificar, em nossas condições, as influências dos fatores que mais afetam a referida retenção. Esta tese apresenta os primeiros resultados obtidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

A literatura referente à fixação do Zn no solo é muito ampla, embora no Brasil o assunto não tenha sido motivo de consideração elevada.

Por ter sido investigado nesta tese vários fatores que causam ou que concorrem para o fenômeno, julgou-se conveniente agrupar os trabalhos encontrados de acordo com os fatores estudados.

Deve-se ressaltar que, se por um lado, existe um grande número de publicações cobrindo certos aspectos da fixação do Zn pelo solo, por outro lado, outros aspectos não têm sido alvos de tal atenção, tendo sido, neste caso, encontradas poucas (ou nenhuma) publicações ou mesmo referências a respeito. Como exemplos dêsse antagonismo, podem ser citados pH e fixação de Zn, de um lado, índice de saturação em bases e fixação de Zn, de outro.

2.1. Influências das frações granulométricas.

Neste particular as investigações e observações têm-se limitado quase que exclusivamente às influências da fração argila (ver HIBBARD, 1940; DROSDOFF, 1954; DROSDOFF et al, 1943; DEMUMBRUM & JACKSON, 1956a; DEMUMBRUM & JACKSON, 1956b; BROWN, 1950; NELSON & MELSTED, 1955; ELGABALY, 1950).

Vários autores (Elgabaly & Jenny, citados por HODGSON, 1963; ELGABALY, 1950; DEMUMBRUM & JACKSON, 1956a; SEATZ & JURINAK, 1967), cujos trabalhos serão comentados oportunamente, propuseram teorias para explicar a fixação do Zn pelas argilas.

No que se refere à influência do limo, apenas dois trabalhos foram encontrados e, mesmo nêles, não foi tratado dessa fração isoladamente, mas do efeito conjunto de limo e argila.

No primeiro dêles, RANDHAWA & KANWAR (1964) encontraram -

uma correlação estreita entre os teores de Zn total e a soma dos teores de limo e argila em 41 amostras de solos da Índia. No segundo, BANDYOPADHYA & ADHIKARI (1968) não encontraram correlação entre os conteúdos de limo + argila e as quantidades de Zn extraídas com solução neutra e normal de acetato de amônio.

Não foi encontrada na literatura levantada nenhuma referência sobre os efeitos da areia em relação a fixação do Zn pelo solo.

2.2. Influência do pH e dos teores de Ca^{+2} e de Mg^{+2} trocáveis.

Existe, na literatura especializada, um grande número de trabalhos que tratam da relação entre o pH do solo e a solubilidade ou disponibilidade do Zn, a maioria deles indicando existir uma relação inversa entre essas variáveis (CHANDLER, 1937; GALL & BARNETTE, 1940; LOTT, 1939; PEECH, 1939; ROGERS & WU, 1948; THORNE, 1957; CAMP, 1945). Contudo, alguns autores julgam que, mesmo em condições de acidez elevada, pode ocorrer fixação de Zn devido à formação de compostos portadores desse elemento insolúveis em ácidos (CAMP, 1941). Parece, contudo, não ser essa a regra geral.

À medida que o pH se eleva formam-se no solo compostos que contêm Zn e cuja solubilidade depende do pH (DEMUMBRUM & JACKSON, 1957; JURINAK & THORNE, 1955; NELSON & MELSTED, 1945; PEECH, 1941). Nas proximidades de pH 7,0 formam-se zincatos de cálcio insolúveis (THORNE, 1957; MALAVOLTA, 1957, pág. 205). Nos solos que contêm carbonatos de Ca, ou de Mg ou ainda de Ca e Mg pode se dar uma fixação muito forte do Zn na superfície desses compostos (SEATZ &

JURINAK, 1957; TISDALE & NELSON, 1966, pág. 341).

KHAN (1969), WOLTZ & TOTH (1953), BROWN & JURINAK (1964), STATZ et al (1959), IGUE & GALLO (1960), constataram em seus experimentos que a calagem acarretava redução na absorção de Zn, - chegando, às vezes, a causar o aparecimento de sintomas de deficiência dêsse micronutriente. E, finalmente, LOTT (1939) julga que a toxidez em aveia devido ao excesso de Zn no solo pode ser evitada pela adição de CaCO_3 .

O efeito direto do Ca sôbre a fixação do Zn em solos ácidos parece duvidoso. Alguns experimentos levaram mesmo à conclusão de que êsse cátion estimula a absorção do Zn pelas plantas (STEWART & LEONARD, 1963).

Em relação ao Mg, êste tem efeito direto sôbre a fixação - do Zn, segundo vários autores. A teoria de ELGABALY (1950) de que o Zn pode penetrar a camada octaédrica das argilas silicatadas, - ou se fixar fortemente a superfície dos cristais de argila nas posições ocupadas por íons Mg^{+2} é interessante. Outras sugestões são apresentadas em 4.1.1.

2.3. Influência da capacidade de troca de cátions(CTC) e do índice de saturação em bases (I).

A literatura existente sôbre as relações fixação de Zn x - CTC e fixação de zinco x I deve ser muito pequena. Na realidade, entre todos os trabalhos consultados durante a confecção desta - tese apenas uma publicação foi encontrada a êsse respeito. Trata-se da pesquisa de SHARPLESS et al (1969) que acharam ser a CTC, - juntamente com o pH, os principais responsáveis pela magnitude da retenção do Zn nos solos de zona árida com que trabalharam.

2.4: Influência do teor de íons fosfato do solo.

A literatura que trata da fixação do Zn no solo devido à presença de grandes quantidades de íons fosfato é muito grande, porém, controversa. Muitos pesquisadores têm encontrado deficiência de Zn em plantas cultivadas em terrenos com altos teores de fósforo ou que receberam adubações fosfatadas pesadas (BARNETTE et al, 1936; CHAPMAN et al, 1940; ROGERS & WU, 1948; LABANAUSKAS et al, 1958; BINGHAM & MARTIN, 1956; WOLTZ et al, 1953; BROWN et al, 1970; BOAWN & LEGGET, 1963; 1964; ELLIS et al, 1964).

Utilizando as técnicas das soluções nutritivas, CHAPMAN et al, (1937) obtiveram sintomas de deficiências de Zn em plantas cítricas através da adição de doses crescentes de P às soluções.

KHAN (1969) concluiu que os sintomas de deficiência de Zn observadas no milho e no arroz nos tratamentos em que adicionou P eram devidos a um efeito de diluição pois que tais tratamentos proporcionaram produções elevadas.

BURLESON et al (1961) sugerem que a deficiência de Zn causada por excesso de fosfato pode ser, em certos casos, devida a um antagonismo entre Zn e P dentro das raízes. Não se trataria, pois, de fixação do referido cátion pelo solo.

PEECH (1941) julga não ser o P responsável pela fixação do Zn nos solos arenosos da Florida e JAMISON (1944) diz que, naquelas condições, somente aplicações de doses muito elevadas de fertilizantes fosfatados, além dos limites práticos, podem afetar a solubilidade do Zn.

Muitos outros autores não constataram nenhum efeito ou encontraram efeitos favoráveis do P sobre o aproveitamento do Zn -

(BOAWN et al, 1954; BOAWN et al, 1957; NIKITIN & RAINEY, 1952; -
PEECH, 1941; SEATZ et al, 1959; SHARPLESS et al, 1969; BINGHAM, -
1963).

2.5. Influência da matéria orgânica.

BARROWS et al (1960) afirmam que a matéria orgânica é uma das frações do solo mais ativas em transformar o Zn a formas difi-
cilmente disponíveis às plantas. E cita diversos autores em apoio
dessa tese.

Por outro lado, BERGER & PRATT (1963), apoiados na revisão bibliográfica efetuada por THORNE (1953), dizem não haver qualquer evidência conclusiva de que a matéria orgânica esteja envolvida - na disponibilidade do Zn, embora deficiências dêse micronutriente sejam comuns em áreas que tenham recebido grandes quantidades de resíduos orgânicos. É que não se pode separar os efeitos dêses - resíduos dos efeitos de P e de outros constituintes.

BANDYOPADHYA & ADHIKARI (1968) encontraram uma correlação estreita entre os teores de matéria orgânica do solo e de Zn extraído com solução neutra e normal de acetato de amônio.

No que foi dito acima é suficiente para mostrar que pouco se sabe ainda a respeito da influência da matéria orgânica sobre a fixação do Zn

3. MATERIAL E METODOS.

Foram efetuados dois ensaios. No primeiro, procurou-se verificar as correlações entre as capacidades de fixação de Zn de 30 amostras de solos e algumas das características de ordem física e química dos mesmos. No segundo, em que foram utilizadas amostras de 6 solos, procurou-se estudar a fixação em relação às doses aplicadas e tempo de contacto solo-zinco.

3.1. Primeiro ensaio.

Foram utilizadas 30 amostras de solos, sendo 20 do Estado de São Paulo, 4 do Estado de Goiás e 6 do Estado de Mato Grosso. As características físicas* e químicas desses solos se acham apresentadas nas Tabelas 3.1. e 3.2., respectivamente.

Porções de 10 g de T.F.S.A. foram transferidas para frascos de Erlenmeyer de 250 ml, adicionando-se, a seguir, 4 ml de uma solução contendo, nesse volume, 100 µg de Zn inerte sob a forma de sulfato e 0,72 µg de ^{65}Zn sob a forma de cloreto.

Os frascos foram cobertos com papel de filtro e deixados em repouso durante 20 dias, sob as condições normais de laboratório. Após esse período, procedeu-se à extração do Zn utilizando-se 20 ml de uma solução 0,01 M em EDTA e 1 M em $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ajustada a pH 8,6, de acordo com a técnica empregada por TRIERWEILER & LINDSAY (1969).

Alíquotas de 5 ml dos extratos foram transferidas para tubos de ensaio a fim de se proceder à determinação das atividades do ^{65}Zn nelas contido, em contador por cintilação sólida. Na mesma ocasião determinou-se a atividade do ^{65}Zn contido em 5 ml da solução original e que serviu como padrão.

* - As análises físicas foram feitas pelo método da pipeta e as químicas de acordo com CATANI et al (1955).

SOLOS	AREIA	LIMO	ARGILA
1	68,4	9,3	22,3
2	79,6	15,1	5,3
3	74,9	5,1	20,0
4	86,1	9,5	4,4
5	24,2	20,1	55,7
6	58,3	12,6	29,1
7	78,1	7,6	14,3
8	85,2	3,9	10,9
9	88,5	2,6	8,9
10	81,8	4,4	13,8
11	35,7	29,3	35,0
12	58,9	19,0	22,1
13	35,6	38,2	26,2
14	5,5	52,3	42,2
15	58,2	18,7	23,1
16	46,4	29,3	24,3
17	21,8	43,1	35,1
18	41,6	44,8	13,6
19	31,7	43,9	24,4
20	40,9	43,4	15,7
21	58,6	14,4	27,0
22	37,6	46,2	16,2
23	24,5	62,3	13,2
24	89,3	2,7	8,0
25	30,4	57,0	12,6
26	56,4	26,8	16,8
27	32,8	26,5	40,7
28	34,8	31,8	33,4
29	65,0	28,9	6,1
30	85,4	5,4	9,2

Tabela 3.1. - Características físicas dos 30 solos utilizados.

Solos	pH valor	Mat. Org. %	Teor trocável em miliequivalente/100 g de T.F.S.A.					I	
			PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺		CTC
1	4,8	1,65	0,03	0,10	0,32	0,40	3,65	4,47	18,36
2	6,0	1,55	0,05	0,15	2,40	0,80	1,44	4,79	69,94
3	5,9	0,77	0,05	0,17	2,00	0,34	1,44	3,94	55,56
4	5,1	3,10	0,03	0,09	0,16	0,08	7,84	8,15	3,80
5	5,2	1,55	0,04	0,10	0,96	0,80	3,36	5,22	35,63
6	5,0	1,03	0,10	0,06	0,54	0,34	3,68	4,61	20,17
7	4,8	0,87	0,02	0,06	0,26	0,06	4,94	5,32	7,07
8	4,7	0,61	0,02	0,05	0,19	0,06	4,21	4,51	6,70
9	4,9	0,56	0,03	0,06	0,24	0,16	3,36	3,82	12,04
10	4,7	0,92	0,02	0,05	0,32	0,12	4,30	4,79	10,15
11	5,5	3,10	0,24	0,35	2,00	0,88	6,80	10,03	32,20
12	6,4	4,13	0,20	0,20	6,18	1,17	5,92	13,47	56,05
13	5,2	3,10	0,16	0,32	3,20	0,78	8,00	12,30	34,96
14	5,3	4,64	0,20	0,38	7,84	0,54	9,60	18,35	47,68
15	6,2	4,02	0,16	0,19	4,00	1,36	7,04	12,59	44,08
16	6,2	3,87	0,25	0,03	6,32	0,58	6,80	13,73	50,47
17	5,5	2,48	0,16	0,35	2,56	1,28	5,02	9,21	45,45
18	5,0	2,79	0,27	0,29	3,20	0,80	7,84	12,12	35,31
19	4,4	5,83	0,12	0,21	0,80	0,72	12,40	14,12	12,18
20	6,5	1,08	0,21	0,75	4,64	0,45	2,16	8,00	73,00
21	5,9	1,34	0,49	0,11	2,64	2,00	3,20	7,95	59,75
22	6,0	2,06	0,45	0,35	4,00	0,80	2,24	7,39	69,69
23	6,0	2,94	0,36	0,78	7,20	4,00	4,00	15,98	74,97
24	5,8	1,03	0,42	0,38	2,00	0,72	3,20	6,30	49,21
25	5,9	1,03	0,38	0,30	3,63	1,07	2,00	7,00	71,43
26	6,3	3,97	0,50	0,47	12,80	2,20	4,80	20,27	76,32
27	5,7	1,81	0,35	0,49	3,09	0,35	5,60	9,53	41,24
28	5,6	2,12	0,35	0,27	4,40	0,99	5,52	11,17	50,58
29	5,6	1,03	0,37	0,09	2,50	0,70	3,15	6,44	51,06
30	4,3	2,06	0,17	0,20	0,69	0,62	6,40	7,91	19,09

Tabela 3.2. - Características químicas dos 30 solos utilizados.

A partir das contagens do padrão e dos extratos foram calculadas as quantidades de Zn extraídas. As diferenças entre as quantidades aplicadas e as extraídas foram consideradas como fixadas, de acordo com o conceito apresentado por KARDOS (1955).

Foram feitos estudos de correlação e calculadas as equações de regressão linear entre as quantidades de Zn fixadas e as características granulométricas e químicas do solo, de acordo com PIMENTEL GOMES (1970, pág. 295-313).

3.2. Segundo ensaio

Foram utilizadas amostras de 6 solos do Município de Piracicaba, classificados por RANZANI et al (1966), cujas características físicas e químicas se encontram nas Tabelas 3.3. e 3.4. respectivamente.

SOLOS	ARGILA	LIMO	AREIA
Ibitiruna	7,10	15,95	76,95
Paredão Vermelho	3,73	2,87	93,40
Ribeirão Claro	4,53	1,34	94,13
Luiz de Queiroz	25,22	37,58	37,20
Bairrinho	35,48	39,17	25,35
Godinhos	21,70	40,08	38,22

Tabela 3.3. - Características físicas dos 6 solos utilizados.

O ensaio foi conduzido da mesma maneira que o anterior, diferindo, porém, no seguinte:

a) quantidades de Zn aplicadas : 100, 200, 400, 800 e 1600 $\mu\text{g}/10$ g de T.F.S.A.;

b) tempo de contacto Zn-solo : 10 e 20 dias.

As provas de significância foram feitas com auxílio dos testes F e Tukey.

SOLOS	pH valor	Mat.Org. %	Teor trocável em miliequivalente/100 g terra					I %	
			PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺		CTC
Ibitiruna	6,2	1,29	0,04	0,43	2,16	0,80	1,49	4,88	69,47
Paredão Vermelho	6,5	0,50	0,05	0,13	0,56	0,23	0,93	1,85	49,73
Ribeirão Claro	5,9	0,74	0,05	0,13	0,77	0,14	2,28	3,22	32,30
Luiz de Queiroz	6,3	3,08	0,05	0,16	6,61	0,56	3,75	11,08	66,16
Bairrinho	6,2	1,95	0,05	0,33	8,40	1,70	3,84	13,27	78,60
Godinhos	6,0	2,94	0,07	0,32	7,90	1,79	4,86	14,87	67,32

Tabela 3.4. - Características químicas dos 6 solos utilizados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.4.1. Primeiro ensaio.

As quantidades de Zn que foram fixadas por 10 g dos diversos solos empregados estão apresentadas na Tabela 4.1.

Solo	Quantidade de Zn fixada, $\mu\text{g}/10 \text{ g T.F.S.A.}$
1	11,62
2	9,47
3	12,43
4	6,98
5	17,43
6	16,69
7	10,76
8	12,84
9	14,43
10	9,06
11	18,15
12	30,86
13	27,05
14	36,62
15	20,89
16	30,30
17	15,95
18	20,23
19	14,81
20	24,09
21	22,21
22	26,19
23	37,29
24	11,19
25	18,14
26	30,80
27	18,51
28	24,09
29	7,72
30	12,43

Tabela 4.1. - Quantidades de Zn fixadas pelos diversos solos, μg de Zn/10 g de T.F.S.A.

4.1.1. Influência das frações granulométricas.

Confrontando-se os dados das Tabelas 4.1. e 3.1. pode-se determinar o seguinte:

a) Existe uma correlação negativa e significativa ao nível de 1 % caracterizada por um coeficiente de correlação $r = -0,67^{**}$, entre os teores de areia das terras e as quantidades de Zn fixadas. A equação de regressão linear encontrada ligando essas variáveis é

$$y = 31,58 - 0,023 x$$

em que y representa as quantidades de Zn fixadas, em μg , e x as porcentagens de areia.

b) Contrariamente, com referência à fração limo, a correlação é positiva, sendo o seu coeficiente, $r = 0,63^{**}$, significativo a 1 %. A equação de regressão linear, neste caso, é a seguinte:

$$y = 11,45 + 0,30 x$$

onde y é o número de μg de Zn fixado e x o teor porcentual de limo.

c) Também no que tange à fração argila o coeficiente de correlação é positivo, $r = 0,36^*$, porém, significativo ao nível de 5 %. A equação de regressão é

$$y = 13,96 + 0,24 x ;$$

nela y é a quantidade, em μg de Zn fixada e x o teor de argila, em porcentagem.

Os Gráficos 1, 2 e 3 ilustram os fenômenos observados.

Na literatura consultada não foram encontradas referências relativas à influência do limo e da areia sobre a fixação de Zn - pelo solo.

RANDHAWA & KANWAR (1964) levaram em consideração o conteúdo de limo do solo, mas este juntamente com o conteúdo de argila. Esses pesquisadores constataram íntima correlação ($r = 0,55^{**}$) - entre os teores de Zn total e a soma dos teores de limo e de argila em 41 amostras de solos da Índia, o que pode, até, certo ponto, ser interpretado como influência dessas frações granulométricas sobre a capacidade de fixação do Zn pelo solo.

Vários autores têm mencionado que a argila contribui para intensificar a capacidade do solo de fixar Zn em forma não disponível às plantas (CAMP, 1945; MALAVOLTA et al, 1967, pág. 38; - MELLO et al, 1972).

A fixação do Zn pelas argilas tem sido explicada de diversas maneiras. Elgabaly & Jenny (1943), citados por HODGSON (1963), concluíram que o Zn penetra a camada octaédrica dos cristais de argila.

De acordo com a dedução de ELGABALY (1950), o Zn pode penetrar a camada octaédrica das argilas silicatadas contendo Al - ocupando, porém, cavidades não preenchidas por este íon. Em minerais que possuem Mg na referida camada, o Zn pode substituir este cátion quando expostos nos bordos do cristal de argila (ver - também THORNE, 1957). Julga, ainda, o autor mencionado, que o Zn trocável é capaz de adentrar profundamente a dupla camada elétrica do colóide em modo a tornar impossível a sua substituição. Essas observações conduziram ELGABALY (1950) a suposição de que os solos que contêm argilas com baixa relação Si/Mg, podem - fixar Zn em formas não prontamente disponíveis às plantas.

SEATZ & JURINAK (1967) explicam que a forte atração exercida pelas argilas sobre o Zn se deve em grande parte, à semelhança

ça existente entre este íon e o íon Mg^{+2} , no que respeita ao raio iônico e à carga elétrica. Isso permite ao primeiro substituir o segundo na superfície da grade cristalina. Dizem, ainda, que as interferências baseadas no conhecimento da estrutura eletrônica, pequenez e carga do íon Zn^{+2} , permitem predizer que êle poderá ser fortemente adsorvido por argilas e outros minerais do solo.

Os estudos de DEMUMBRUN & JACKSON (1956) indicaram que o Zn também pôde reagir com grupos OH^- pertencentes à camada silicada dos cristais de argila.

De acôrdo com o que foi exposto, pode-se inferir que a capacidade de fixação de Zn dos solos aumenta à medida que aumentam os teores de argila e de limo e decresce à medida que se elevam os teores de areia. Contudo, como será apreciado adiante, outros fatores, além da granulometria, exercem influências, muitas vêzes ponderáveis, sôbre o poder de retenção de Zn por parte do solo.

Num resumo de revisão bibliográfica, BARROWS et al (1960) dizem que a argila realiza uma função importante na disponibilidade do zinco. Êste não é adsorvido igualmente bem e pelo mesmo mecanismo sôbre todos os minerais de argila. Êle pode ocupar ou não áreas de troca; pode ser adsorvido como íon monovalente, aumentando a capacidade de adsorção de anions; pode ocupar cavidades expostas na camada octaédrica; o zinco pode também substituir ions Mg^{+2} que ocupam posições na camada octaédrica da grade cristalina e, por sua vez, ser parcialmente substituído por Mg adicionado. Tal substituição ajuda a explicar os resultados de experimentos em que adiçõs de Mg elevaram a absorção de Zn.

Conforme cita THORNE (1957) a íntima relação que existe no

que concerne à adsorção de Zn e Mg está de acôrdo com os resultados encontrados por MERRIL et al (1953) que constataram maiores teores de Mg ou Zn em fôlhas de plantas de tungue desenvolvidas em solos tratados com Zn ou Mg, respectivamente.

4.1.2. Influência do pH e dos teores de Ca^{+2} e de Mg^{+2} trocáveis.

Como foi relatado em 2., há um acôrdo geral entre os autores de que o pH do solo exerce uma ação muito importante sôbre a solubilidade do Zn e sua assimilabilidade pelas plantas, o que significa que o pH exerce influência notável sôbre a capacidade de fixação de Zn pelo solo.

Por outro lado, pouca informação se tem relativamente às influências do Ca e do Mg sôbre o poder do solo de fixar Zn.

Estudando-se as relações entre pH, Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis (Tabela 3.2.) e as quantidades de Zn fixadas pelas terras correspondentes (Tabela 4.1.) foram encontrados os seguintes coeficientes de correlação e equações de regressão linear (Tabela 4.2.).

Relação	Coefficiente de correlação	Equação de regressão linear
Fixação x pH.....	0,49 ^{**}	$y = -17,09 + 6,59 x$
Fixação x Ca^{+2} trocável....	0,82 ^{**}	$y = 11,64 + 2,42 x$
Fixação x Mg^{+2} trocável....	0,57 ^{**}	$y = 13,90 + 6,08 x$

Tabela 4.2. - Coeficientes de correlação e equações de regressão linear entre pH, Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis e quantidades de Zn fixadas.

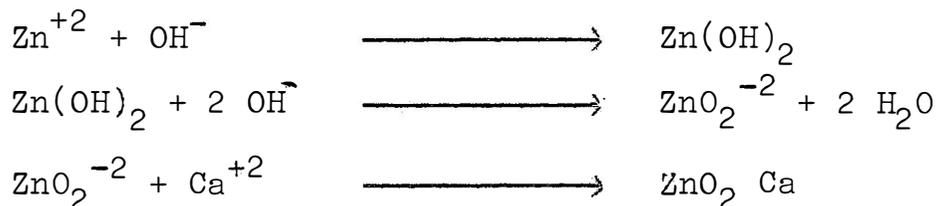
Os Gráficos 4, 5 e 6 ilustram as relações acima encontradas.

Como se pode constatar, o pH do solo realmente afetou a fixação do Zn, esta aumentando à medida em que aquêle diminuia e vice-versa. Isso está de acôrdo com o que se encontra citado na literatura.

Estudando o fenômeno de outra forma BANDYOPADHYA & ADHIKARI (1968) encontraram nos solos estudados uma estreita relação entre os teores de Zn extraídos com solução de acetato de amônio - neutra e normal e os pH respectivos. Tal relação se caracterizava por um coeficiente de correlação $r = 0,7911^{**}$ sendo a equação de regressão linear $y = 11,4104 - 1,4376 x$. De acôrdo com esta equação, a um pH aproximadamente igual a 7,9 não haveria remoção de Zn das terras.

THORNE (1957), citando vários autores, diz ser significativa a quantidade de zincatos em solos com pH superior a 7,85. A forma de zincato ácido, HZnO_2^- , prevalece quando a concentração de álcalis é mais baixa, sendo que a medida que ésta se eleva o íon zincato ZnO_2^- vai se tornando predominante.

De acôrdo com MALAVOLTA (1967, pág. 205), quando o pH do solo é maior que 7,0 podem se dar as seguintes reações que conduzem à formação de zincato de cálcio, insolúvel:



O efeito do pH parece depender da natureza do cátion predominante. É o que sugere o trabalho de JURINAK & THORNE (1955). Êsses autores estudaram a possibilidade de formação de zincatos em solos alcalinos. Para isso, fizeram variar o pH de suspensões

de argila (bentonita de Utah), em solução contendo Zn, por meio de adições de hidróxidos de Na, K e de Ca.

Verificaram que, nos dois primeiros casos, a solubilidade do Zn era mínima quando os pH das suspensões estavam entre 5,5 e 6,7, aumentando com posterior diminuição de concentração hidrogeniônica, o que sugere a formação de zincatos alcalinos solúveis entre aquelas faixas de pH.

Entretanto, quando se empregou o hidróxido de Ca para elevar o pH das suspensões, a solubilidade do Zn atingiu um mínimo a pH 7,6, não aumentando com a posterior elevação deste. Daí os autores postularem a formação de zincato de cálcio insolúvel.

Alguns autores (CAMP et al, 1941; THOMPSON, 1957, pág. 342) expressaram a opinião de que também em condições ácidas a solubilidade do Zn pode decrescer. CAMP et al (1941) julgam que a deficiência desse micronutriente observada na Flórida em solos com pH 4,5 a 5,25 se deve à formação de compostos insolúveis em ácidos.

Como no experimento ora apresentado o pH das terras variou de 4,3 a 6,5 deve-se supor que existem nos solos vários processos dependentes da reação dos mesmos e que são responsáveis pela retenção do Zn, operando simultâneamente ou não. Essa é, também, a opinião de BARROWS et al (1960).

Examinando-se a Tabela 4.2. pode-se notar que houve uma correlação estreita entre os teores de Ca^{+2} trocável das terras e as quantidades de Zn fixadas pelas mesmas. Entretanto, embora a observação deva ser feita, tal correlação não permite afirmar que o elemento cálcio, em sí, tenha exercido função direta importante na retenção do Zn pelas terras. É possível que o seu efeito

tenha sido de natureza indireta, ao afetar o pH das mesmas. No presente experimento, os cálculos efetuados revelaram uma correlação significativa ao nível de 1 % ($r = 0,67^{**}$), entre os valores pH e os teores de Ca^{+2} trocável das terras usadas.

Deve-se mencionar, ainda, que alguns experimentos não indicaram nenhum efeito do Ca favorecendo a fixação do Zn. Ao contrário, STEWART & LEONARD (1963) observaram que o emprêgo de cloreto de cálcio estimulava a absorção de Zn, aplicado sob a forma de sulfato, a plantas cítricas.

WEAR (1956), tratou porções de terra com diferentes doses de CaCO_3 , Na_2CO_3 e CaSO_4 , plantando sorgo em seguida. Os dois primeiros sais elevaram o pH da terra reduzindo a absorção de Zn pelas plantas. O último, contudo, causou um abaixamento do pH e maior absorção de Zn, embora o teor de Ca das plantas também aumentasse. Esses resultados levaram o autor a concluir que o pH era importante na absorção do Zn e não o Ca.

A êsse respeito é interessante citar o experimento de VIETS et al (1957). Esses autores, comparando as eficiências de fontes de N (sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de sódio) sobre a absorção por plantas do Zn natural do solo e do Zn aplicado como sulfato, concluíram que as diferenças observadas poderiam ser explicadas pelas alterações causadas no pH da terra pelos adubos. Concluíram, também, que a absorção do Zn nativo do solo era maior quando se empregava sulfato de amônio que quando se empregava nitrato de sódio. É sabido que o primeiro tende a acidificar o solo (CATANI & GALLO, 1954; NEVES et al, 1960; CHICAG & LOTERO C., 1969). No experimento de MORTVEDT & GIORDANO -

(1967) a elevação do pH do solo devido a aplicação de amônia anidra causou uma redução na disponibilidade do Zn aplicado como sulfato.

Parece certo que o Ca exerce função importante na fixação do Zn em solos que contêm CaCO_3 devido ao fato do Zn ser fortemente adsorvido à superfície das partículas de carbonato de cálcio (SEATZ & JURINAK, 1957). Também em valores elevados de pH a presença do íon Ca^{+2} contribui eficazmente para a fixação do Zn, como já foi citado (MALAVOLTA, 1957, pág. 205; JURINAK & THORNE, 1955).

Com referência ao efeito dos teores de Mg sôbre as quantidades de Zn fixada, a Tabela 4.2. mostra que houve uma íntima relação entre essas variáveis, caracterizada por um coeficiente de correlação $r = 0,57^{**}$, significativo ao nível de 1 %.

Contudo, a êste respeito, poucas informações foram encontradas na literatura consultada. É possível que, como foi sugerido em relação ao Ca, o efeito de Mg esteja ligado ao efeito do pH, de vêz que êste elemento exerce forte influência sôbre a reação do solo. Nêste trabalho encontrou-se um coeficiente de correlação $r = 0,47^{**}$, significativo a 1 %, entre os pH e os teores de Mg^{+2} trocável das terras.

Entretanto, deve-se, também, considerar a possibilidade de uma interferência direta do Mg sôbre as quantidades de Zn fixadas, de acôrd com os processos explicados em 4.1.1.

É conhecido o fato de que o Zn se adere fortemente às superfícies de partículas de carbonato de Ca ou de Mg ou de Ca e Mg (SEATZ & JURINAK, 1957; TISDALE & NELSON, 1966, pág. 341),

sendo êste um mecanismo importante de fixação daquêle metal em terrenos calcários. Mas, dentro da faixa de pH coberta por êste ensaio parece lícito rejeitar-se a hipótese da ocorrência de tal fenômeno, a menos que se suponha, o que é pouco provável, a existência de partículas de corretivos calcários nas terras utilizadas ou mesmo em algumas delas.

4.1.3. Influência da capacidade de troca de cátions (CTC) e do índice de saturação em bases (I).

A seguir são apresentados os coeficientes de correlação e as equações de regressão linear encontradas entre as quantidades de Zn fixadas e os valores correspondentes de CTC e I, respectivamente (Tabela 4.3.).

Os Gráficos 7. e 8. ilustram êsses resultados.

	Coeficiente de correlação	Equação de regressão linear
CTC	0,78 ^{**}	$y = 3,91 + 1,66 \cdot x$
I	0,56 ^{**}	$y = 10,52 + 0,21 \cdot x$

Tabela 4.3. - Coeficientes de correlação e equações de regressão linear entre as quantidades de Zn fixadas e CTC e I, respectivamente.

Pelos dados expostos na Tabela 4.3. verifica-se que existe uma correlação estreita entre a capacidade de fixação de Zn das terras e a CTC das mesmas. Uma hipótese que pode ser formulada para explicar êsse fenômeno é a de que o Zn tenha sido retido nos lugares de cátions metálicos como Ca, Mg, K, etc. (sobretudo o segundo, ver 4.1.1.) uma vez que êle é mais fortemente retido pe-

lo solo que êstes íons (NELSON & MELSTED, 1955).

Como, nos solos estudados, entre os íons metálicos, o Ca^{+2} e o Mg^{+2} são os que concorrem com maiores quantidades para o preenchimento da CTC, foram calculados os coeficientes de correlação entre CTC e Ca^{+2} e CTC e Mg^{+2} trocáveis (dados da Tabela 3.2.). Os valores encontrados foram, respectivamente, $0,82^{**}$ e $0,56^{**}$, ambos significativos a 1 %, o que, de certa forma, corrobora a hipótese formulada. É preciso notar, entretanto, que há uma correlação estreita entre a CTC e os teores de argila e limo do solo. Entretanto, no presente trabalho a correlação só foi achada significativa no caso do limo, com um coeficiente $r = 0,59^{**}$. Dêsse modo é possível que o efeito da CTC sobre a fixação do Zn esteja influenciada também por êsse constituinte granulométrico. (Deve-se observar que SHARPLESS et al, 1969, constataram ser a CTC uma das principais responsáveis pela maior ou menor quantidade de Zn fixada por alguns solos de zona árida).

De acôrdo com o mesmo raciocínio também se pode entender a significância da correlação entre as quantidades de Zn fixadas e os índices de saturação em bases. Os coeficientes das correlações entre I e Ca^{+2} e I e Mg^{+2} trocáveis (dados da Tabela 3.2.) foram respectivamente, $0,72^{**}$ e $0,61^{**}$, significativos a 1 %. Nêste caso, contudo, deve-se supor que tenha havido, também, algum efeito do pH porque a correlação entre I e pH foi significativa ao nível de 1 % com um coeficiente $r = 0,87^{**}$.

4.1.4. Influência do teor de íons fosfato do solo.

O confronto dos dados das Tabelas 3.2. e 4.1. permitiu chegar-se à verificação de que existe uma relação estreita entre os teores de PO_4^{-3} das terras utilizadas nêste ensaio e as quan-

tidades de Zn fixadas pelos mesmos. Foi encontrado um coeficiente de correlação $r = 0,54^{**}$, significativo a 1 %, sendo

$$y = 11,65 + 3,29 x$$

a equação de regressão linear que liga essas variáveis. Nela, y representa as quantidades de Zn, em mg, fixadas por 10 g de T.F.S.A. e x o número de e.mg de PO_4^{-3} por 100 g de T.F.S.A.

O Gráfico 9. ilustra a relação em foco.

Aparentemente, a explicação mais plausível para o fenômeno acima é uma precipitação do Zn adicionado pelo íon fosfato. É o que se pode supor com base nos resultados obtidos por Jamison (1944), citado por THORNE (1957). Aquele autor verificou que a solubilidade do Zn em solução de fosfato decrescia à medida que aumentava a concentração deste. Possivelmente, êsse é o motivo porque CHAPMAN et al (1937) conseguiram obter e intensificar os sintomas de deficiência de Zn em plantas cítricas cultivadas em soluções nutritivas, unicamente pela adição às soluções de doses crescentes de P.

Entretanto, como se pode apreciar em 2.4., o assunto é complexo e controvertido. SHARPLESS et al (1969) não obtiveram nenhuma significância na relação entre o conteúdo de P dos solos e as capacidades de fixação de Zn dos mesmos. Êsses motivos levaram THORNE (1957) a declarar que não se pode explicar as deficiências de Zn observadas em plantas somente através de precipitação direta do mesmo pelos íons fosfato.

4.1.5. Influência da matéria orgânica.

Os cálculos efetuados envolvendo os teores de matéria orgânica e as capacidades de fixação de Zn das terras utilizadas -

nêste ensaio (Tabelas 3.1. e 4.1.) revelaram existir uma relação muito íntima entre essas duas sériés de variáveis, revelada por um coeficiente de correlação $r = 0,54^{**}$, significativo a 1 %. A equação de regressão linear encontrada foi

$$y = 11,65 + 3,29 x$$

sendo y a quantidade, em g, de Zn fixada por 10 g de T.F.S.A. e x o seu teor de matéria orgânica. O Gráfico 10 ilustra a relação encontrada. A equação de regressão linear informa que as quantidades de Zn fixadas pelas terras aumentaram de acôrdo com o conteúdo orgânico das mesmas.

Esse resultado está de acôrdo com o que foi observado por outros autores que se preocuparam com êsse assunto. O único trabalho encontrado e que está em desacordo com o consenso geral é o de BANDYOPADHYA & ADHIKARI (1968) que acharam uma correlação positiva e significativa ao nível de 1 % ($r = 0,6759^{**}$) entre os teores de Zn extraível com solução de acetato de amônio neutra e normal e os teores de matéria orgânica dos solos estudados.

As explicações geralmente oferecidas para justificar o aumento da capacidade de fixar Zn das terras em função do teor de matéria orgânica, têm-se relacionado com microorganismos e com a formação de quelatos e de outras substâncias orgânicas complexas contendo Zn. Entretanto, a seguinte sugestão também parece válida: a matéria orgânica aumenta a CTC das terras opondo-se a uma perda maior de cátions metálicos como Ca, Mg, K, etc., contribuindo, com isso, para elevar a fixação do Zn, conforme foi explicado em 4.1.3. Com os dados do presente trabalho (Tabela 3.2.) encontrou-se um coeficiente de correlação $r = 0,85^{**}$, significativo

a 1 %, entre as CTC e os teores de matéria orgânica das terras.

4.2. Segundo ensaio.

As quantidades de Zn fixadas após 10 e 20 dias de incubação estão contidas na Tabela 4.4. Os Gráficos 11, 12, 13, 14, 15 e 16 ilustram êsses resultados.

Solo	Quantidade de Zn aplicada, $\mu\text{g}/10 \text{ g de T.F.S.A.}$				
	100	200	400	800	1600
	10 dias				
Ibitiruna	16,17	34,80	57,24	130,88	176,16
Paredão Vermelho	16,05	31,44	55,36	95,92	161,44
Ribeirão Claro	18,16	31,44	62,88	113,20	205,12
Luiz de Queiroz	22,71	47,70	92,36	179,12	326,24
Bairrinho	32,93	60,68	113,76	232,40	377,12
Godinhos	37,50	71,20	133,72	252,88	470,08
	20 dias				
Ibitiruna	11,97	22,62	40,76	105,84	134,08
Paredão Vermelho	15,70	34,34	50,68	81,92	140,96
Ribeirão Claro	17,63	30,60	62,92	110,32	177,12
Luiz de Queiroz	23,01	40,66	88,32	171,12	296,32
Bairrinho	30,61	55,98	104,24	218,64	387,20
Godinhos	37,28	71,18	136,96	256,24	464,80

Tabela 4.4. - Quantidades de Zn fixadas, em $\mu\text{g}/10 \text{ g de TFSA}$, média de 3 repetições.

A análise de variância dos resultados obtidos é apresentada na Tabela 4.5.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	F
Doses	4	396.340,13	378,21 ^{**}
Solo	5	86.184,26	82,24 ^{**}
Época	1	5.594,16	5,43 [*]
Solo x Dose	20	15.692,28	14,97 ^{**}
Época x Dose	4	995,74	0,95 N.S.
Solo x Época.	5	412,37	0,39 N.S.
Solo x Dose x Época	20	425,08	0,41 N.S.
Resíduo	120	1.047,93	-

Tabela 4.5. - Análise de variância dos resultados obtidos.

Como se pode observar na Tabela 4.5. o teste F revelou que os efeitos de Doses e Solos foram altamente significativos (nível de 1 %), enquanto que o efeito de Época o foi ao nível de 5 %. A interação Solo x Dose foi também significativa ao nível de 1 %. As demais interações não apresentaram significância.

4.2.1. Estudo da interação Solo x Dose.

Devido ao fato de a interação Solo x Dose ter sido significativa, efetuou-se o desdobramento da mesma, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 4.6.

Dose $\mu\text{g}/10\text{ g T.F.S.A.}$	Solo					
	Ibiti- ruña	Paredão Vermelho	Ribeir. Claro	Luiz de Queiroz	Bair- rinho	Godi- nhos
100	14,07	15,87	17,90	22,73	31,75	37,15
200	28,71	32,89	31,03	44,21	58,33	71,20
400	54,41	53,02	62,90	90,34	108,93	134,67
800	117,68	88,49	111,75	175,34	225,53	292,27
1600	160,88	151,17	191,39	221,97	381,87	467,41

Tabela 4.6. - Resultados do desdobramento da interação Solo x Do-
se, os valores representando médias das quantidades
fixadas, em $\mu\text{g}/10\text{ g T.F.S.A.}$

O teste de Tukey forneceu as seguintes diferenças mínimas
significativas para se estudar as variações de solos dentro da -
Dose:

d.m.s. a 5 % 51,18

d.m.s. a 1 % 62,25

A primeira coisa que se nota é que os solos Ibitiruna, -
Paredão Vermelho e Ribeirão Claro se comportaram semelhantemente
em relação às 5 doses de Zn aplicadas. Também é notável que todos
os solos se comportaram de modo idêntico quando tratados com as
duas doses mais baixas desse elemento. Até a dose de $400\mu\text{g}/10\text{ g}$
de terra não houve diferenças significativas entre os solos Ibi-
tiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Luiz de Queiroz.

Com referência aos solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Go-
dinhos os resultados podem ser resumidos do seguinte modo:

a) Como já foi mencionado, não houve diferença, no que tange às quantidades de Zn fixadas, entre as duas primeiras doses;

b) Na dose de 400 $\mu\text{g}/10$ g de terra também não houve diferença significativa;

c) No tratamento correspondente a 800 $\mu\text{g}/10$ g terra somente o Godinhos superou os demais ao nível de 1 %

d) No tratamento em que se empregou 1600 $\mu\text{g}/10$ g de terra o Godinhos superou os outros dois ao nível de 1 % enquanto que o Bairrinho superou o Luiz de Queiroz ao mesmo nível de probabilidade.

No que concerne ao estudo de doses dentro do solo, as diferenças mínimas significativas dadas pelo teste de Tukey são as seguintes:

d.m.s. a 5 %.....	54,18
d.m.s. a 1 %.....	64,36

Pode-se, em resumo, verificar que nos solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro as diferenças significativas começam a aparecer a partir da dose de 800 μg de Zn/10 g de terra e nos solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos elas começam a aparecer a partir da dose de 400 μg de Zn/10 g de terra.

4.2.2. Estudo do efeito de época.

Como se pode observar na Tabela 4.5. houve um efeito significativo de época, ao nível de 5 %. Embora as interações Época x Dose e Solo x Época não tenham sido significativas procedeu-se ao estudo dos efeitos de Época dentro de Dose e de Época dentro de Solo.

4.2.2.1. Efeitos das Épocas dentro da Dose.

Os resultados dos efeitos de Época dentro da Dose acham-se apresentados na Tabela 4.6.

Dose de Zn μg/10 g de T.F.S.A.	Época	
	10 dias	20 dias
100	23,79	22,70
200	46,26	42,57
400	87,20	80,89
800	179,62	157,33
1600	290,56	267,67

Tabela 4.6. - Médias das doses dentro das épocas (10 e 20 dias) - em micrograma por 10 g de T.F.S.A.

As diferenças mínimas significativas encontradas, pelo teste de Tukey, foram:

d.m.s. a 5 %	29,91
d.m.s. a 1 %	35,94

As comparações efetuadas entre os dados referentes aos 10 e 20 dias revelam que não houve diferença significativa dentro de uma mesma dose.

4.2.2.2. Efeitos das Épocas dentro do Solo.

Na Tabela 4.7. estão contidos os dados relativos aos efeitos de Época dentro de cada Solo.

Solo	Época	
	10 dias	20 dias
Ibitiruna	86,67	63,63
Paredão Vermelho	70,79	65,79
Ribeirão Claro	86,16	79,83
Luiz de Queiroz	137,86	123,90
Bairrinho	163,34	159,22
Godinhos	208,05	193,02

Tabela 4.7. - Médias dos solos dentro da época (10 e 20 dias) em micrograma por 10 g de terra.

A seguir são apresentadas as diferenças mínimas significativas aos níveis de 5 % e 1 % obtidas pelo teste de Tukey.

d.m.s. a 5 % 34,27

d.m.s. a 1 % 40,70

Observa-se que, de acôrdo com o teste de Tukey, não houve diferenças significativas no que respeita à fixação de Zn entre 10 e 20 dias, para um mesmo solo.

Pode-se constatar, também, pelos dados da Tabela 4.7. que houve, em relação a todos os solos, uma tendência de redução das quantidades de Zn fixadas do décimo para o vigésimo dias (vêr também os Gráficos 11, 12, 13, 14, 15 e 16). Uma justificativa para êsse fato pode ser a seguinte: conforme 4.1.5. a matéria orgânica concorre para elevar a capacidade do solo de fixar Zn. Contudo, - no presente caso, deve-se supor que do décimo ao vigésimo dias - tenha ocorrido uma mineralização parcial do material orgânico, liberando parte do Zn que fora fixado pelo mesmo.

4.2.2.3. Efeitos de Solos dentro da Época.

Com o auxílio dos dados expostos na Tabela 4.7. pode-se estudar o comportamento dos solos, de um modo geral, dentro dos 10 e 20 dias do ensaio. Para isso as diferenças mínimas significativas são as seguintes (teste de Tukey):

d.m.s. a 5 %	23,40
d.m.s. a 1 %	28,23

Nota-se, que os solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro foram os que fixaram as menores quantidades de Zn não - diferindo entre si. Esse resultado pode ser atribuído ao fato dêsses solos apresentarem teores mais baixos de argila, limo, Ca^{+2} - trocável e matéria orgânica bem como os menores valores de C.T.C. (ver Tabelas 3.3. e 3.4.). A influência dêsses fatores sôbre a - fixação do Zn já foi constatada em 4.1.1., 4.1.2. e 4.1.3.

Provavelmente os pH e os teores de PO_4^{-3} não exerceram influências dignas de nota na diferenciação da retenção do Zn pelos solos, porque a variação entre êsses fatores, cada um de per si, não foi elevada entre os mesmos. O índice de saturação I não esclarece nada a êsse respeito, embora tenha variado bastante entre os solos utilizados no ensaio.

Os solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos foram os - que mais fixaram o Zn adicionado, cada um diferindo de maneira - significativa dos demais. Pelos dados das Tabelas 3.3. e 3.4. parece lícito supor-se que limo, Mg e C.T.C. tenham exercido forte influência nêsse particular.

Esses resultados concordam, de uma maneira geral, com o estudo feito por BRASIL SOBR^o (comunicação particular). Esse autor

estudou o arrastamento do ^{65}Zn em coluna artificial de solos por uma quantidade de água equivalente a uma precipitação de aproximadamente 100 mm. Nos 16 solos utilizados, incluindo os 6 empregados no presente ensaio, o arrastamento variou de 1 cm (Bairrinho) a 9 cm (Ribeirão Claro), sendo maior nos arenosos.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A presente tese consta de dois ensaios realizados com a finalidade de estudar os efeitos de alguns fatores que concorrem para a fixação do Zn no solo.

5.1. Primeiro ensaio.

Porções de 10 g de 30 amostras de diferentes solos foram transferidas para frascos Erlenmeyr de 250 ml, adicionando-se a seguir 4 ml de uma solução contendo 100 μ g Zn inerte e 0,70 μ C de ^{65}Zn .

Após 20 dias de incubação fêz-se a extração do Zn com 20 ml de uma solução 1 M em $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ e 0,01 M em EDTA. Alíquotas de 20 ml dos extratos foram passadas para tubos de ensaio para a determinação da atividade do ^{65}Zn contido nas mesmas em contador de cintilação. A partir dos dados obtidos e da contagem procedida sobre uma solução padrão procedeu-se ao cálculo da quantidade de Zn fixada pelas diferentes terras.

Verificou-se que as quantidades de Zn fixadas estavam diretamente correlacionada com os teores de argila, limo, Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis, PO_4^{-3} solúvel em H_2SO_4 0,05 N, capacidade de troca de cátions, porcentagem de saturação em bases, pH, teor de matéria orgânica; e inversamente correlacionada com o teor de areia.

5.2. Segundo ensaio.

Foram utilizados 6 amostras de solos do Município de Piracicaba, classificados ao nível de série (Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro, Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos). - Porções de 10 g dessas terras receberam 4 ml de soluções contendo quantidades crescentes de Zn inerte (100, 200, 400, 800 e 1600 μ g)

e 0,70 c de ^{65}Zn . Após 10 e 20 dias de incubação efetuou-se a -
extração do Zn solúvel e o cálculo do Zn fixado como foi explica-
do no primeiro ensaio.

Observou-se que:

a) Os solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro
(os mais arenosos) fixaram quantidades menores de Zn que o Luiz -
de Queiroz, Bairrinho e Godinhos;

b) para todos os solos, as quantidades fixadas diminuíam
do 10^o para o 20^o dia, não sendo, entretanto, as diferenças signi-
ficativas;

c) as quantidades de Zn fixadas cresceram à medida que -
as quantidades aplicadas foram aumentadas.

5.3. Principais conclusões.

As principais conclusões que podem ser tiradas do presen-
te trabalho são as seguintes:

a) Ao se estudar a fixação do Zn pelo solo deve-se consi-
derar diversos fatores que contribuem para tal.

b) Ao se usar o Zn como fertilizante tomar cuidados espe-
ciais em certos casos tais como solos alcalinos, solos calcários,
solos ricos em P ou que tenham recebido adubações fosfatadas pesa-
das por vários anos.

c) Não misturar o Zn com adubos fosfatados ou corretivos
cálcicos e magnesianos.

d) Respeitando-se as conclusões anteriores, o Zn pode ser
aplicado na ocasião e da maneira mais convenientes, visto não ser
êle arrastado através do solo e nem fixado de modo apreciável, ha-
vendo mesmo, até certo ponto, uma tendência de liberação com o -
passar do tempo.

6. SUMMARY AND CONCLUSIONS.

The present thesis is made up two experiments with an aim to study effects of some facture which affect fixation of Zn in soil.

6.1. First experiment

Ten grams each of 30 samples of different soils were placed in a 250-ml Erlenmeyer flask and 4 ml of solution containing 100 μ g of inert Zn and 0,7 μ C of radioactive ^{65}Zn were added. After 20 days of incubation, Zn was extract with 20 ml of 0,01 EDTA solution made 1 M with respect to $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. An aliquot of 20 ml of the extract was transferred to a test-tube and radioactivity of ^{65}Zn in it was measured with a scintillation counter. Quantity of Zn fixed by the defferent soils was calculated from the data obtaened and counting made on the standard solution.

It was found that: the amount of Zn fixed by the soil was positively correlated with clay and silt content, exchangeable Ca^{++} and Mg^{++} , PO_4^{-3} soluble in 0,05 N H_2SO_4 , cation exchange capacity, base saturation, pH, and organic matter content; negatively correlated with sand content of the soil samples.

6.2. Second experiment

In this experiment, Zn fixation in 6 soils from the Piracicaba Municipality was studied. One soil sample was collected from each of the following soil series: Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro, Luiz de Queiroz, Bairrinho and Godinhos. Ten-gram portions of a soil sample were treated with 4 ml of solutions containing increasing amount of inert Zn (100, 200, 400, 800 and 1600 μ g) and 0,70 μ C of radioactive ^{65}Zn . After 10 and -

20 days of incubation, soluble Zn was extracted and the amount of Zn fixed was calculated as described for the first experiment.

The results obtained from this experiment support the following conclusions.

a) Ibitiruna, Paredão Vermelho and Ribeirão Claro soils (sandy soils) fixed smaller amount of Zn than Luiz de Queiroz, - Bairrinho and Godinhos soils did.

b) In all soils studied, the amount of Zn fixed decreased from 10 th to 20 th day, however, the difference was not significant.

c) The quantity of Zn fixed increased as the amount of Zn applied increased

6.3. Main conclusions

The main conclusions that can be drawn from the present work are as follows.

a) When Zn fixation by soil is studied, one should consider various factors which contribute to it.

b) When Zn is used as fertilizer, special caution should be taken in certain cases, such as alkaline soils, calcareous soils soils rich in phosphorus as which have received a heavy application of phosphorus fertilizers for several years.

c) Zinc should not be mixed with phosphorus fertilizers - or calcium and magnesium amendments.

d) In view of the preceding conclusions, Zn can be applied on occasion and in a way most convenient considering that it is neither leached out of soil nor fixed appreciably; at it even shows to a certain extent a tendency to release it, as time goes by.

7. LITERATURA CITADA

- BANDYOPADHYA, A.K. & ADHIKARI, 1968 - Trace element relationships in rice soils: 1. Alluvial soils of west Bengal. Soil Sci., 105: 224-247.
- BARNETTE, R.M., J.P.CAMP, J.D.WARNER & O.E. GALL, 1936 - The use of zinc sulfate under corn and other field crops.- Florida Agric. Exp. Sta. Bull. 292.
- BARROWS, H.L., M.S.NEFF & N.GANMON JR., 1960 - Effect of soil type on mobility of zinc in the soil and on its availability from zinc sulfate to tung. Soil Sci.Soc.Am.Proc., 24:367-372.
- BERGER, K.C. & P.F.PRATT, 1963 - Advances in secondary and micro nutrient fertilization. In Fertilizer Technology and Usage, editado por Malcolm H. Mc Vickar, G.L.Bridger e Lewis B. Nelson e publicado por Soil Sci.Soc. of America, Madison II, Wisconsin, págs. 287-340.
- BINGHAM, F.T. & J.P.MARTIN, 1957 - Effects of soil phosphorus on growth and minor element nutrition of citrus. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 20: 382-385.
- BINGHAM, F.T., 1963 - Relation between phosphorus and micronutrients in plants. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 27: 389-391.
- BOAWN, L.C., F.G.VIETS JR. & C.L.CRAWFORD, 1954 - Effect of phosphate fertilizers on zinc nutrition of field beans. Soil Sci. 78: 1-17.
- BOAWN, L.C., F.G. VIETS JR. & C.L. CRAWFORD, 1958 - Plant utilization of zinc from various types of zinc compounds and fertilizers materials. Soil Sci. 83: 219-227.

- BOAWN, L.C. & G.E. LEGGET, 1963 - Zinc deficiency of the Russet - Burbank potato. Soil Sci. 95: 137-141.
- BOAWN, L.C. & G.E. LEGGET, 1964 - Phosphorus and zinc concentrations in Russet Burbank potato tissues in relation to development of zinc symptoms. Soil Sci.Soc.Proc. 28:229-232.
- BROWN, A.L., 1950 - Zinc relationships in Aiben clay loams Soil - Sci. 69: 349-358.
- BROWN, A.L. & J.J.JURINAK, 1964 - Effect of liming on the availability of zinc and copper. Soil Sci. 98: 170-173.
- BROWN, A.L., B.A.KRANTZ & J.L.EDDINGS, 1970 - Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. Soil Sci. 110: 415-420.
- BURLESON, C.A., A. DACUS & C.J. GERARD, 1961 - The effect of phosphorus fertilization on the zinc nutrition of several irrigated crops. Soil Sci.Soc.Am.Proc., 25: 365-368.
- CAMP, A.F., H.D. CHAPMAN, G.M. BAHRT & E.R. PARKER, 1941 - Symptoms of citrus malnutrition. Em Hunger Signus in Crops, - cap. 9, pág. 267-311, editado por Hambidge e publicado - por The American Society of Agronomy e The national Fertilizer Association, Washington, D.C., 327 pp.
- CAMP, A.F., 1945 - Zinc as a nutrient in plant growth. Soil Sci., 60: 157-164.
- CATANI, R.A. & J.R. GALLO, 1954 - Efeitos determinados no solo - pelo uso contínuo de fertilizantes. Bragantia, 13: 75-83.
- CATANI, R.A., J.R. GALLO & H.GARGANTINI, 1955 - Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Boletim nº 69. Instituto Agronômico, Campinas.

- CHANDLER, W.H., 1937 - Zinc as a nutrient for plants. Bot.Gaz. - 98: 625-646.
- CHAPMAN, H.D., G.F. LIEBIG JR. & A.P. VANSLOV, 1940 - Some nutritional relationships as revealed by a study of mineral deficiency and excess symptoms on citrus. Soil Sci.Soc. Am.Proc. 4: 196-200.
- CHICA, G., JAVIER & JAIME LOTERO C., 1969 - Influência de fontes y dosis de nitrógeno en el pH de un suelo aluvial - Revista do Instituto Colombiano Agropecuario, 4: 31-49.
- DEMUMBRUN, L.E. & M.L. JACKSON, 1956a - Copper and zinc exchange from dilute neutral solutions by soil colloidal electrolytes. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 20: 334-337.
- DEMUMBRUN, L.E. & M.L. JACKSON, 1956b - Infrared absorption evidence on exchange reaction mechanism of copper and zinc with layer silicate clays and peat. Soil Sci.Soc.Amer. Proc. 20: 234-237.
- DEMUMBRUN, L.E. & M.L. JACKSON, 1957 - Formation of basic cations of copper, zinc, iron and aluminum. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 21: 662.
- DROSDOFF, M., H. JENNY & R. OVERSTREET, 1943 - Effect of tipe of clay mineral on the uptake of zinc and potassium by barley roots. Soil Sci. 55: 257-263.
- DROSDOFF, M., 1954 - Effect of soil tipe fertilizers treatment on minor element nutrition of tung trees. Soil Sci.Soc. Florida Proc. 14: 37-46.
- ELGABALY, M.M., 1950 - Mechanism of zinc fixation by colloidal and related minerals. Soil Sci. 69: 167-174.

- ELLIS, R.JR., J.E. DAVIS & D.L. THURLOV, 1964 - Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus and temperature. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 28: 83-86
- GALL, O.E. & R.M. BARNETTE, 1940 - Toxic limits of replaceable - zinc to corn and cawpeas grown on three Florida soils. J. Amer.Soc.Agron. 32: 23-32.
- HIBBARD, P.L., 1940 - The chemical studies of zinc in the soil with methods of analysis. Hilgardia, 13: 1-29.
- HODGSON, J.F., 1963 - Chemistry of the micronutrient elements in soils. Adv.Agron., 15: 119-159.
- IGUE, K. & J.R.GALLO, 1960 - Zinc deficiency of corn in São Paulo IBEC Research Institut, Bull. 20.
- JAMISON, J.S., 1944 - The effect of phosphate upon the fixation - of zinc and copper in several Florida soils. Proc. Fla. - State Hort. Sci. 1943: 26-31.
- JURINAK, J.J. & D.W. THORNE, 1955 - Zinc solubility under alkaline conditions in a zinc-betonite sytem. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 19: 446-448.
- KHAN, D.H., 1969 - Response of sweet corn and rice to phosphorus zinc, and calcium carbonate on acid glenview soil of Cali fornia. Soil Sci. 108: 424-428.
- LABANAUSKAS, C.K., T.W. EMBLETON & W.W. JONES, 1958 - Influence - of phosphate fertilizers on micronutriente in avogado lea ves subject to long-term study of fuert orchard. Calif. Agric. 12: 10.
- LOTT, W.L., 1939 - The relation of hidrogen ion concentration to the availability of zinc in the soil. Soil Sci.Soc.Am. - Proc. 3: 115-121.

- MALAVOLTA, E., 1957 - Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação. Biblioteca Agronômica "Ceres", São Paulo, 606 pg.
- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A.F. MELLO & M.O.C. BRASIL SOBRº, 1967 Nutrição Mineral de Algumas Culturas Tropicais. Livraria Pioneira Editora, São Paulo, 251 pág.
- MELLO, F.A.F., M.O.C. BRASIL SOBRº, S. ARZOLLA, R.I. SILVEIRA & A. COBRA NETTO, 1972 - Fertilidade do Solo. Apostila mimeografada, 197 pg.
- FORTVEDT, J.J. & P.M. GIORDANO, 1967 - Recovery of soil-applied - zinc by extractants, as affected by anhydrous NH₃. Soil - Sci. 104: 202-209.
- NELSON, J.L. & S.W. MELSTED, 1955 - The chemistry of zinc added - to soil and clays. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 19: 439-443.
- NEVES, O.S., G.P. VIEGAS & E.S. FREIRE, 1960 - Efeito do uso con-
tínuo de certos adubos azotados sôbre o pH do solo. Bra-
gantia, 19 (2ª parte), nota nº 25.
- NIKITIN, A.A. & J.W. RAINEY, 1952 - Reactions between trace ele-
ment salts and N-P-K carriers in fertilizers. Agron. J.
44: 541-546.
- PEECH, M., 1939 - Chemical studies on soil from Florida citrus -
groves Florida Agric. Exp. Sta. Tech. Bull. 340.
- PEECH, M., 1941 - Availability of ions in light sandy soils as -
effected by soil reaction. Soil Sci. 51: 473-486.
- RANDAWA, N.S. & J.S. KANWAR, 1964 - Zinc, copper and cobalt sta-
tus of punjab soils. Soil Sci., 98: 403-407.
- ROGERS, L.H. & CHIH-HWA WU, 1948 - Zinc uptake by oats as influenced
by application of lime and phosphate. J.Am.Soc.Agron.
40: 563-566.

- SEATZ, L.F. & J.J. JURINAK, 1957 - Zinc and soil fertility. Soil the 1957 Yearbook of agriculture, pp 115-121.
- SEATZ, L.F., A.J. STERGES & J.C. KRAMER, 1959 - Crops response to zinc fertilization as influenced by lime and phosphorus - applications. Agr. J. 51: 457-459.
- SHARPLESS, R.G., E.F. WALLIHAN & F.F. PETERSON, 1969 - Retention of zinc by some arid zone soil materials treated with zinc sulfate. Soil Sci.Soc.Am.Proc., 33: 901-904.
- STEWART, I. & C.D. LEONARD, 1963 - Effect of various salts on the availability of zinc and manganese to citrus. Soil Sci., 95: 149-154.
- THOMPSON, L.M. 1957 - Soils and soil Fertility, 2ª edição Mc-Graw-Hill Books Co., Inc. New York, Toronto, London, 451 pag.
- THORNE, W. 1957 - Zinc deficiency and its control. Advances Agron. 9: 31-65.
- TISDALE, S.L. & W.L. NELSON, 1966 - Soil Fertility and Fertilizers 2ª edição, The McMillan Co. New York; Collier-MacMillan - Ltd. London, 694 pp.
- TRIERWELLER, J.F. & W.L. LINDSAY, 1969 - EDTA - Ammonium carbonate soil test for zinc. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 33: 49-53.
- WEAR, J., 1956 - Effect of soil pH and calcium on uptake of zinc by plants. Soil Sci. 81: 311-317.
- WOLTZ, S., S.J. TOTH & F.E. BEAR, 1953 - Zinc status of New Jersey soils. Soil Sci. 76: 115-122.

$$y = 31,58 - 0,2335 x$$
$$r = 0,67$$

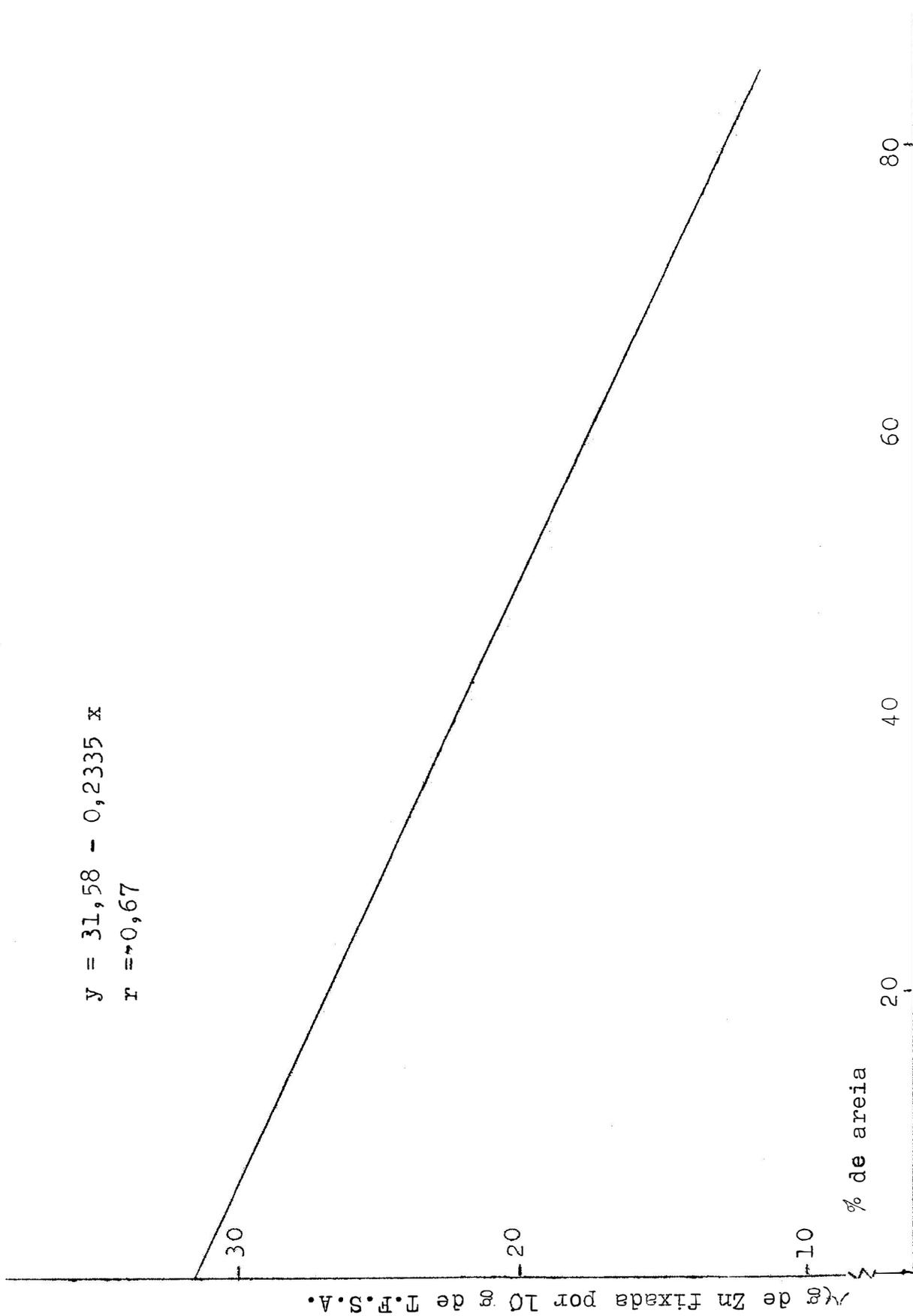


Gráfico 1. - Ilustração da regressão linear % de areia x fixação de Zn

µg de Zn fixada por 10 mg de F.F.S.A.

$$y = 11,45 + 0,30 x$$

$$r = 0,63$$

30

20

10

% de limo

10

20

30

40

50

60

70

80

44

Gráfico 2 - Ilustração da regressão linear % limo x fixação de Zn

μg de Zn fixada por 10 g T.F.S.A.

$$y = 13,96 + 0,24 x$$

$$r = 0,36^*$$

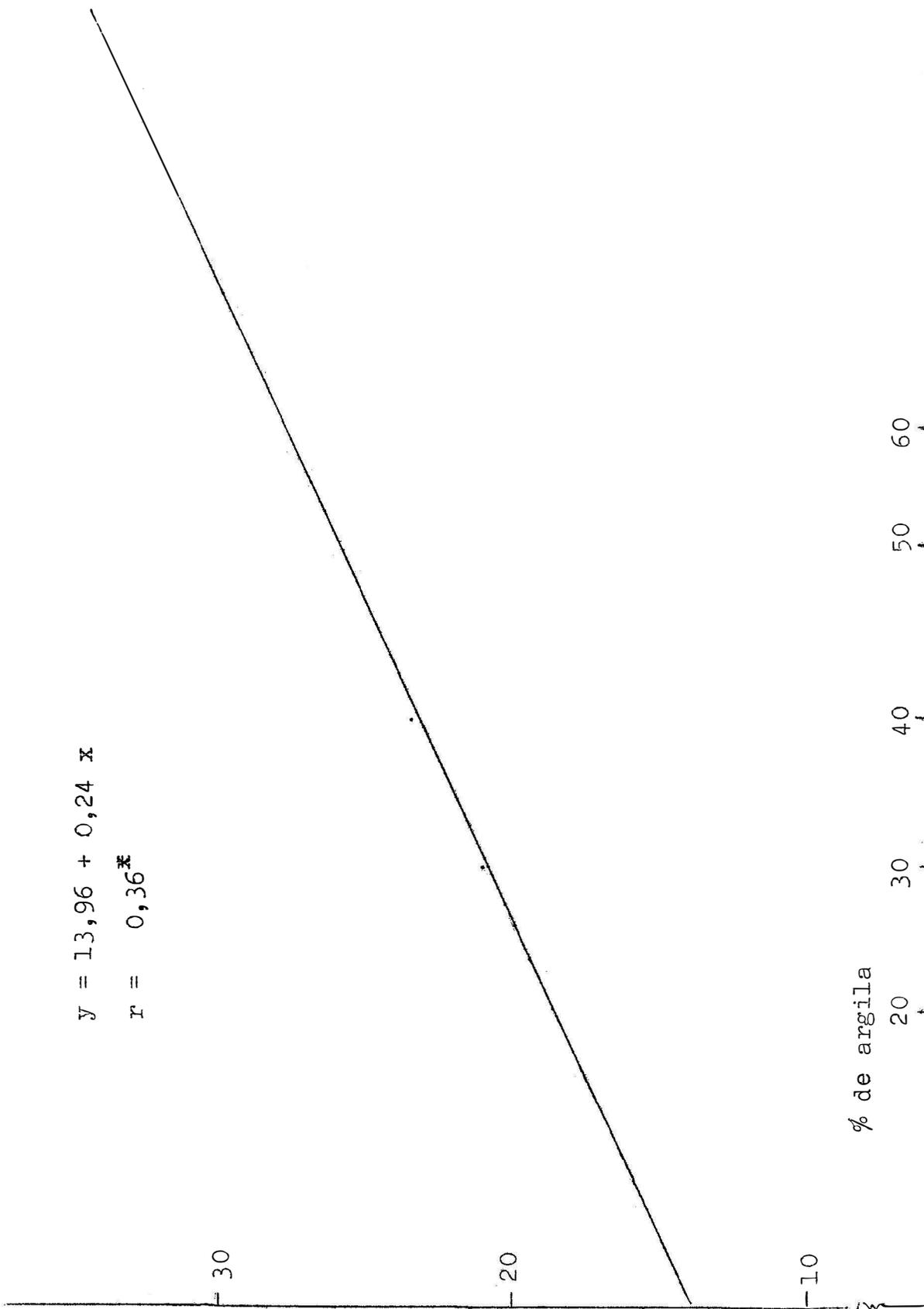


Gráfico 3 - Ilustração da regressão % de argila x fixação de Zn.

µg de Zn fixada por 10 g de T.F.S. A.

$$y = 17,09 + 6,58 x$$
$$r = 0,49^{***}$$

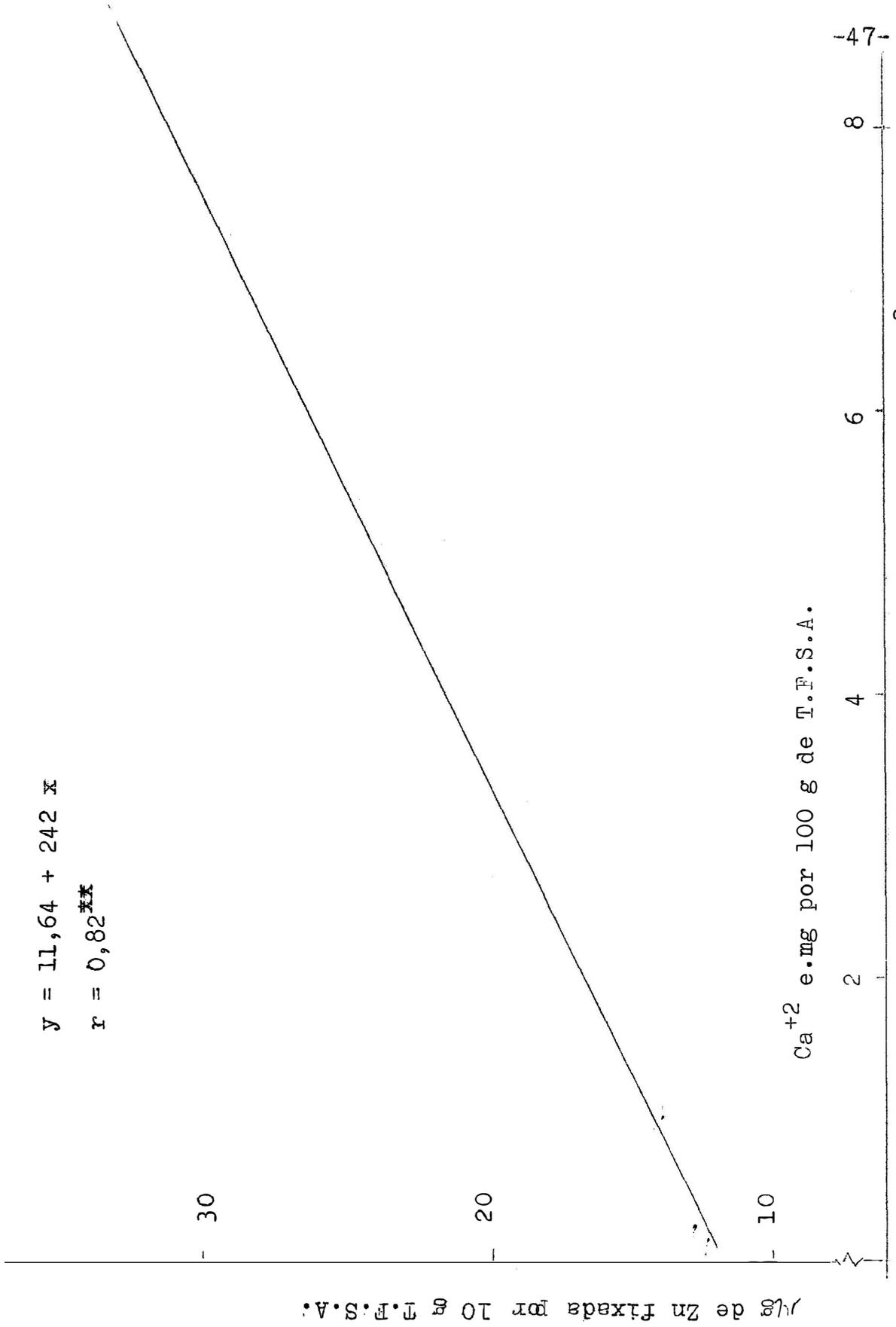
pH

4 5 6 7

Gráfico 4 - Ilustração da regressão linear pH x fixação de Zn

$$y = 11,64 + 242 x$$

$$r = 0,82^{**}$$



Ca²⁺ e.mg por 100 g de T.F.S.A.

Gráfico 5 - Ilustração da regressão linear e.mg Ca²⁺/100 g T.F.S.A. x fixação de Zn

$$y = 13,90 + 6,07 x$$

$$r = 0,57^{**}$$

o

30

20

10

mg de Zn fixada por 10⁶ g de T.F.S.A.

Mg⁺² e. mg por 100 g de T.F.S.A.

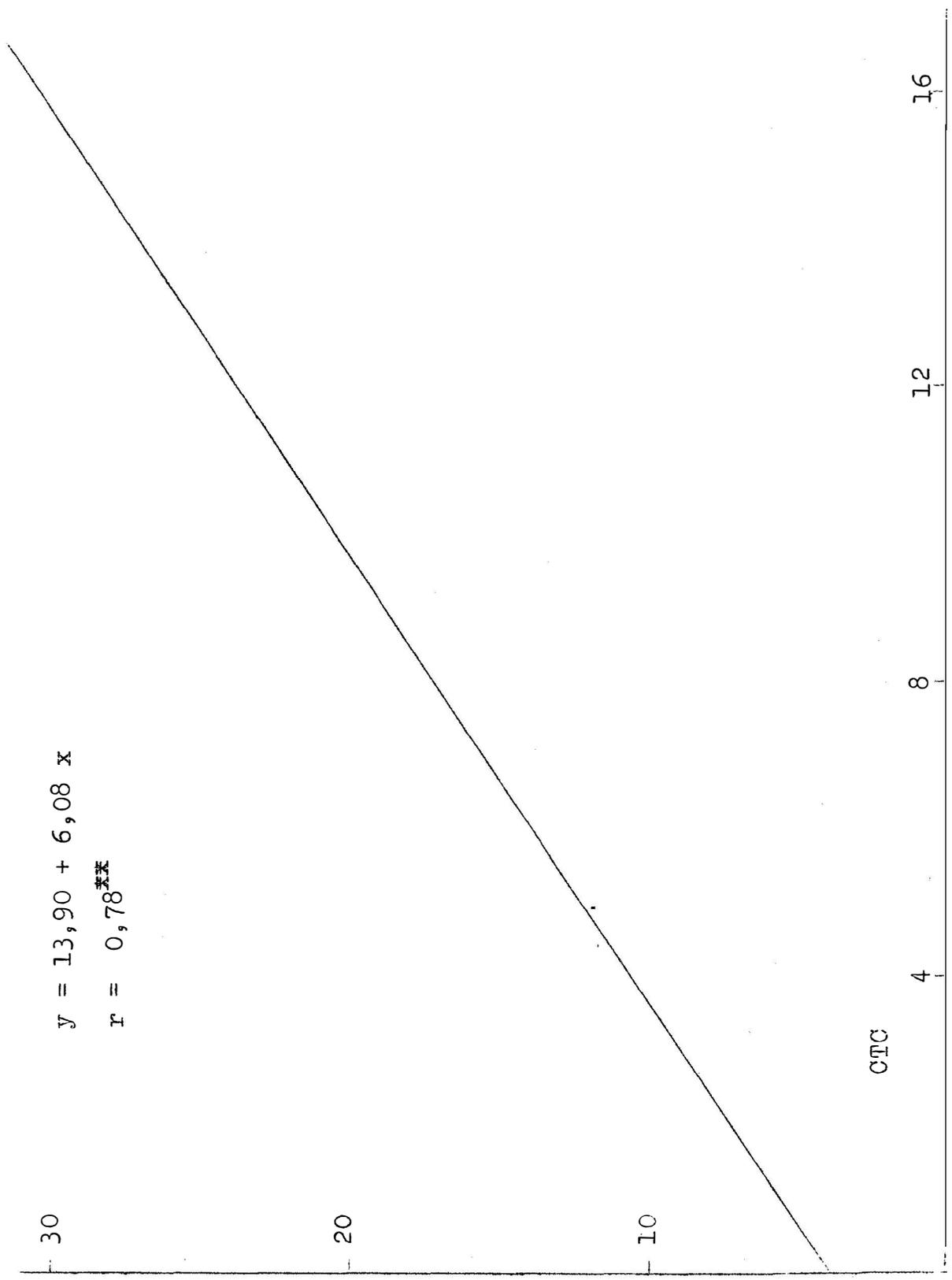
0,5

1,0

1,5

2,0

Gráfico 6 - Ilustração da regressão linear e mg Mg⁺²/100 g T.F.S.A. x fixação de Zn.



$$y = 13,90 + 6,08 x$$
$$r = 0,78^{**}$$

mg de Zn fixado por 10 g de T.F.S.A.

CTC

Gráfico 7 - Ilustração da regressão linear CTC x fixação de Zn

$$y = 10,52 + 0,21x$$

$$r = 0,56$$

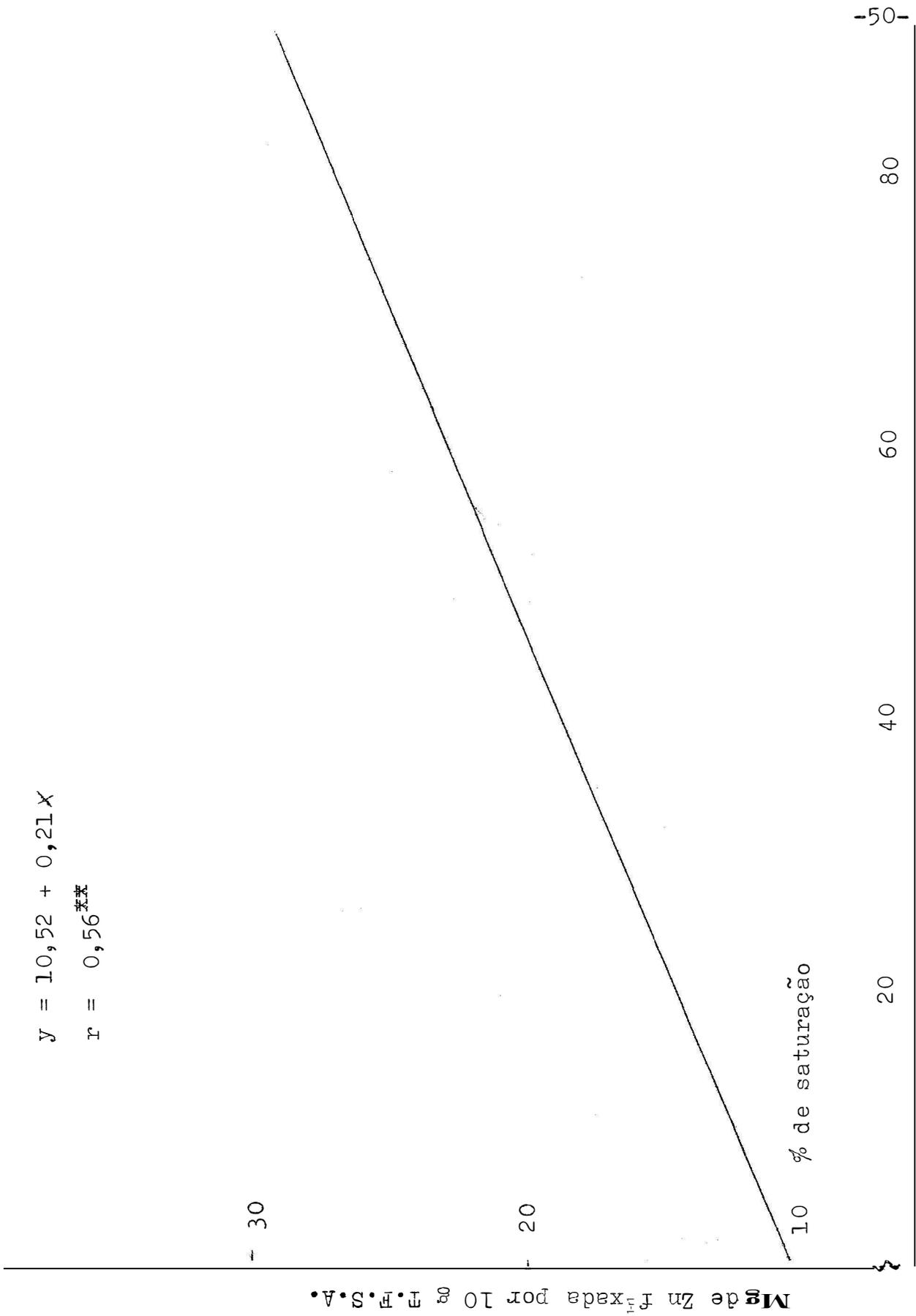


Gráfico 8 - Ilustração da regressão linear I % x fixação de Zn

$$y = 12,62 + 31,05 x$$

$$r = 0,54^{**}$$

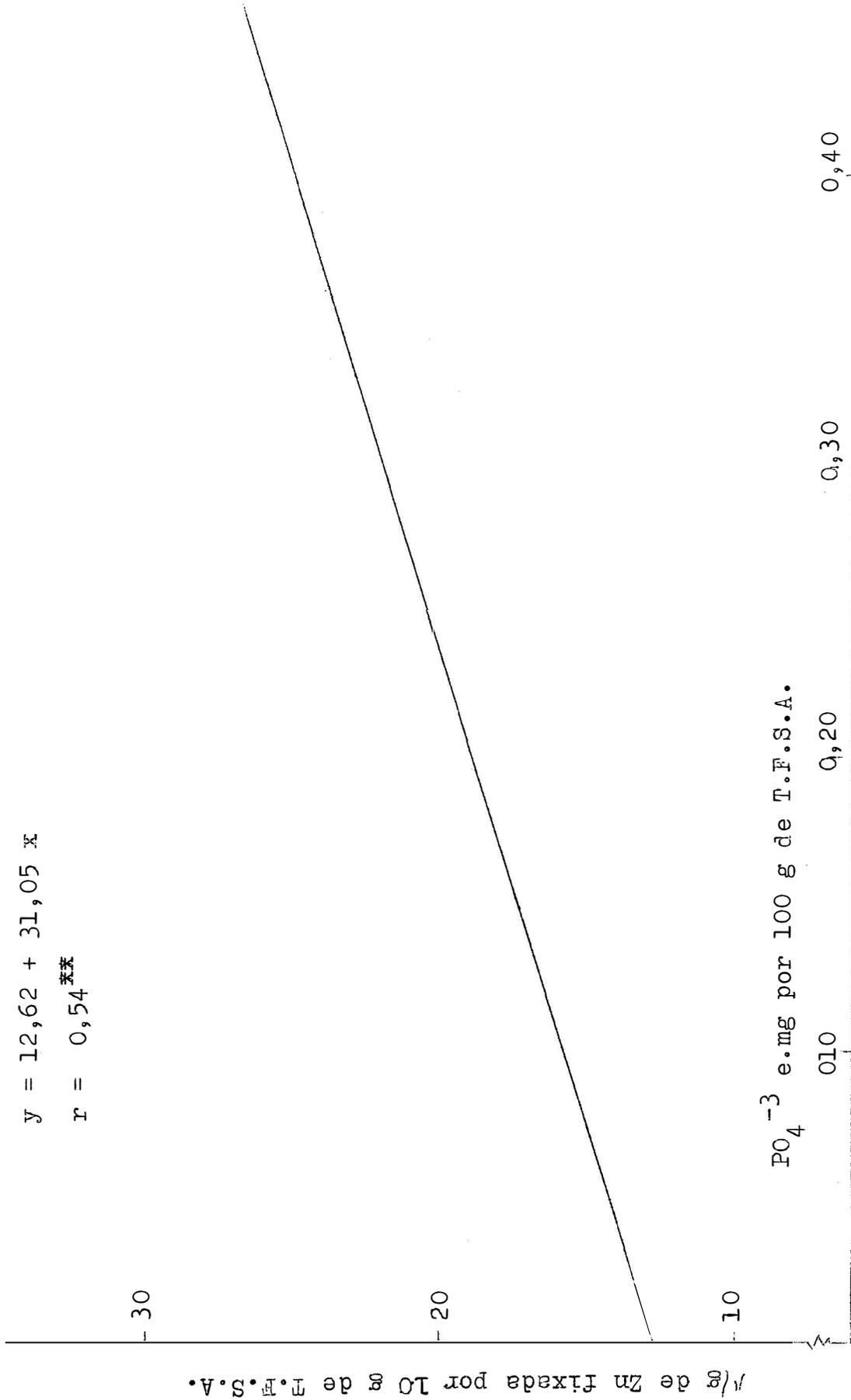


Gráfico 9 - Ilustração da regressão linear e.mg de PO₄⁻³/100 g T.F.S.A. x fixação de Zn.

$$y = 11,65 + 3,29 x$$

$$r = 0,54$$

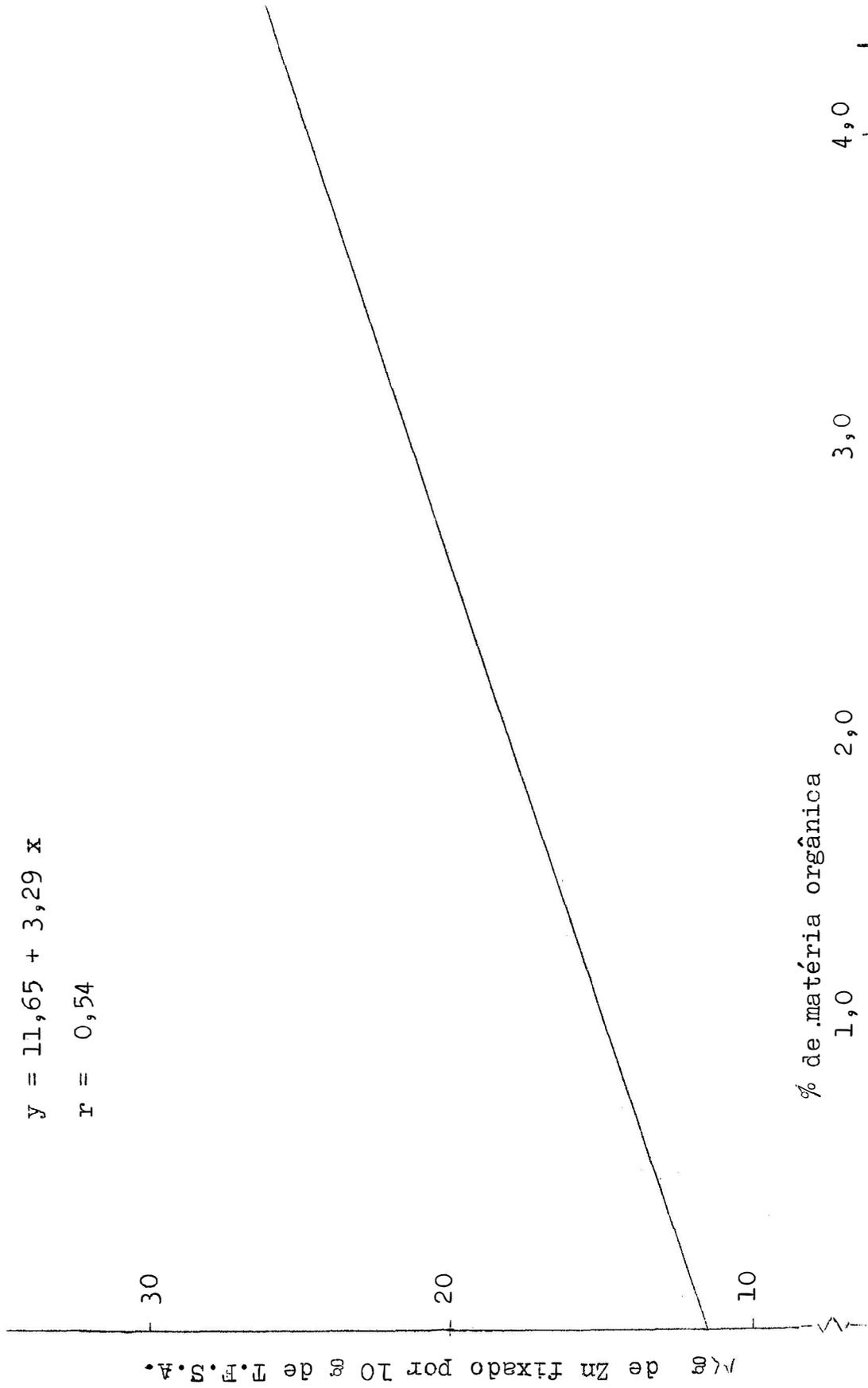


Gráfico 10 - Ilustração da regressão linear matéria orgânica x fixação de Zn

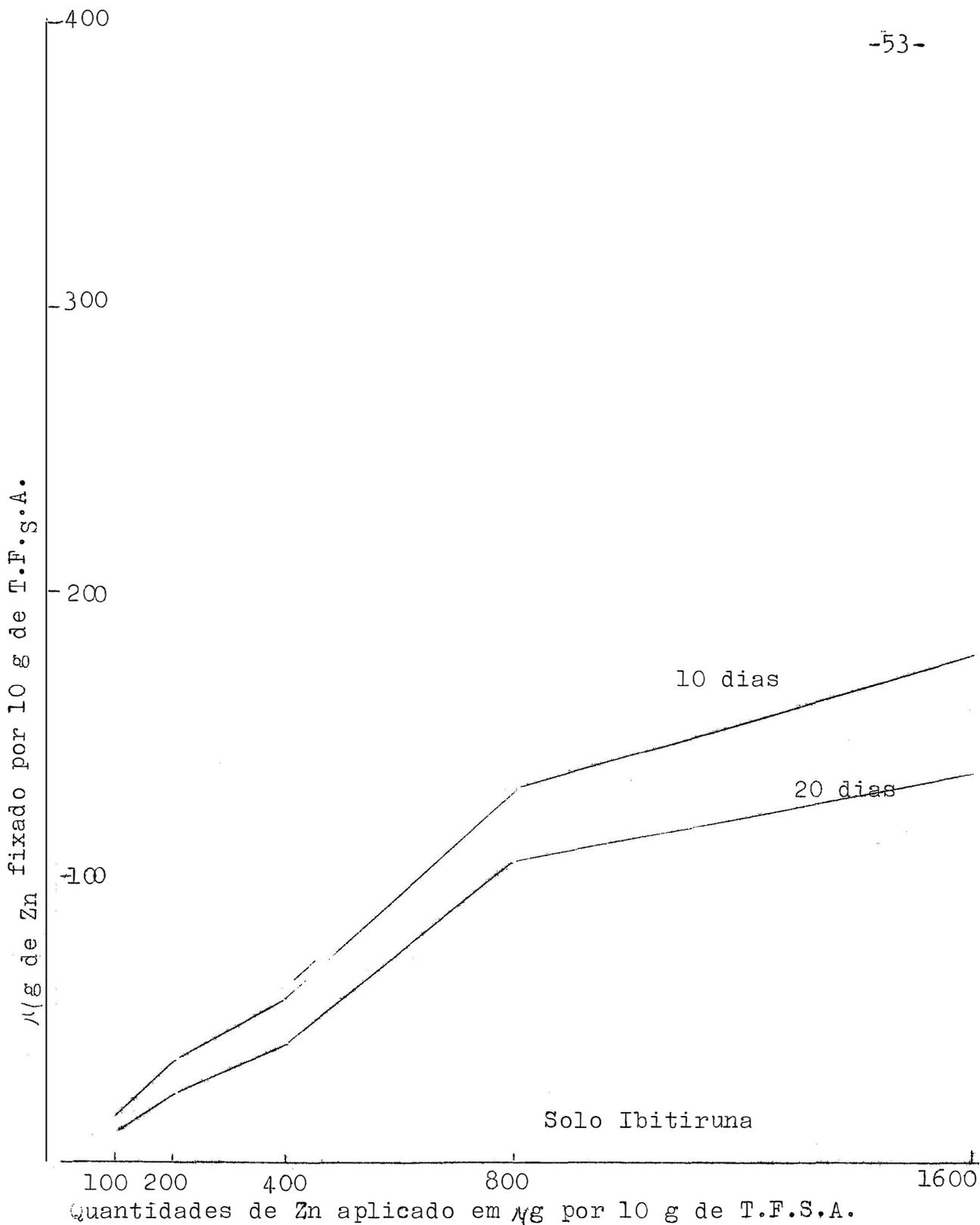
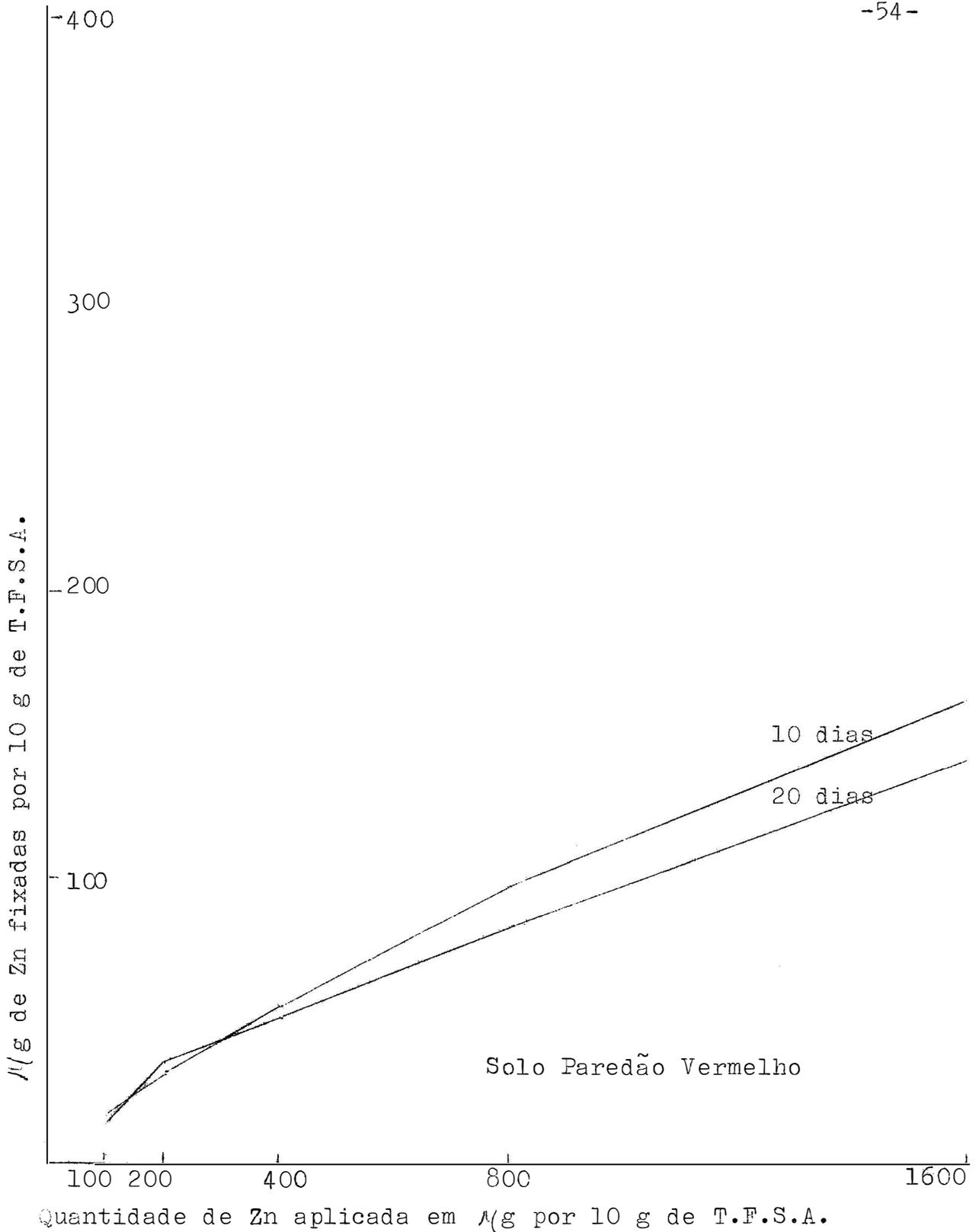
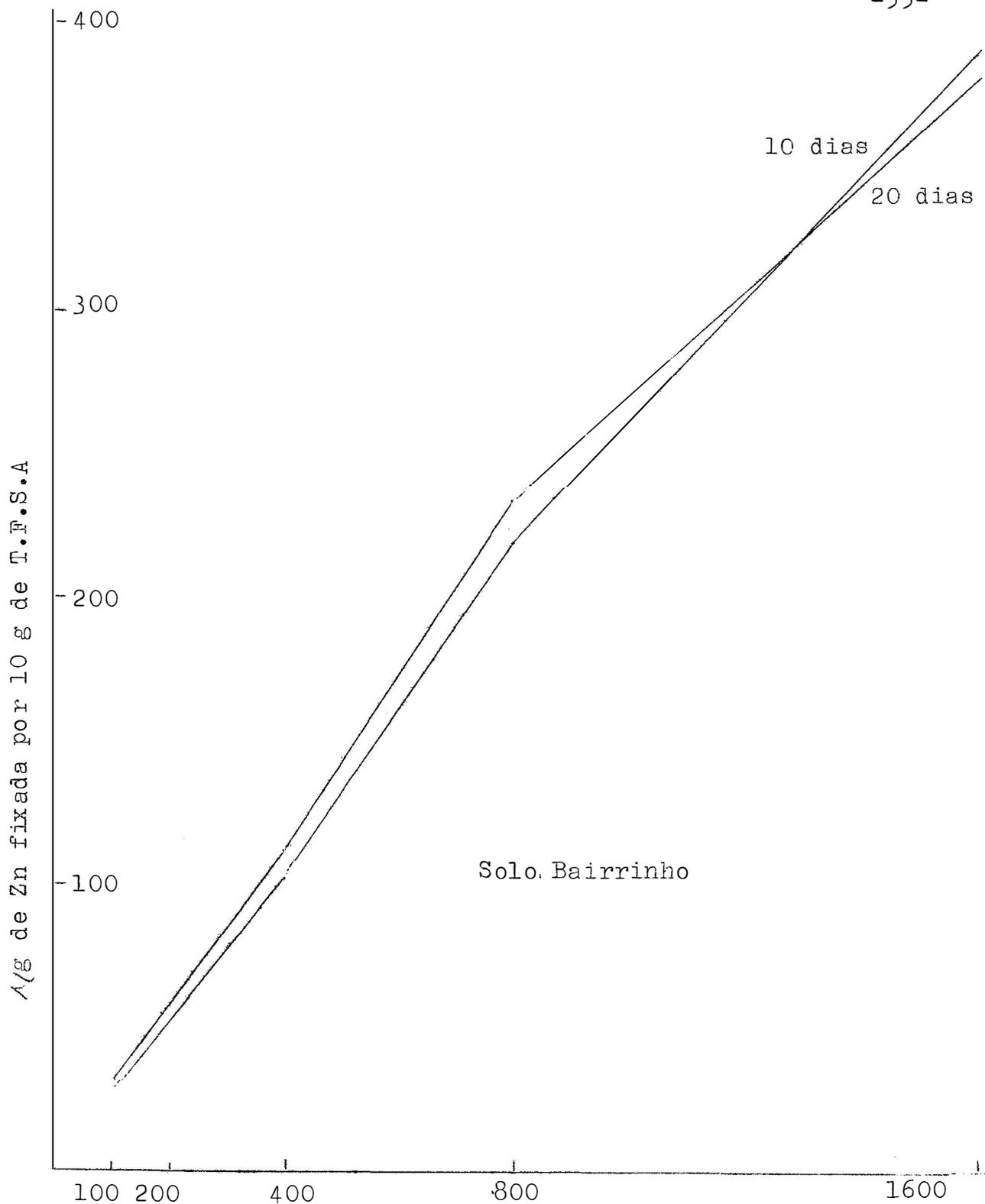


Gráfico 11 - Microgramas de Zn fixados em função do tempo e das quantidades aplicadas.



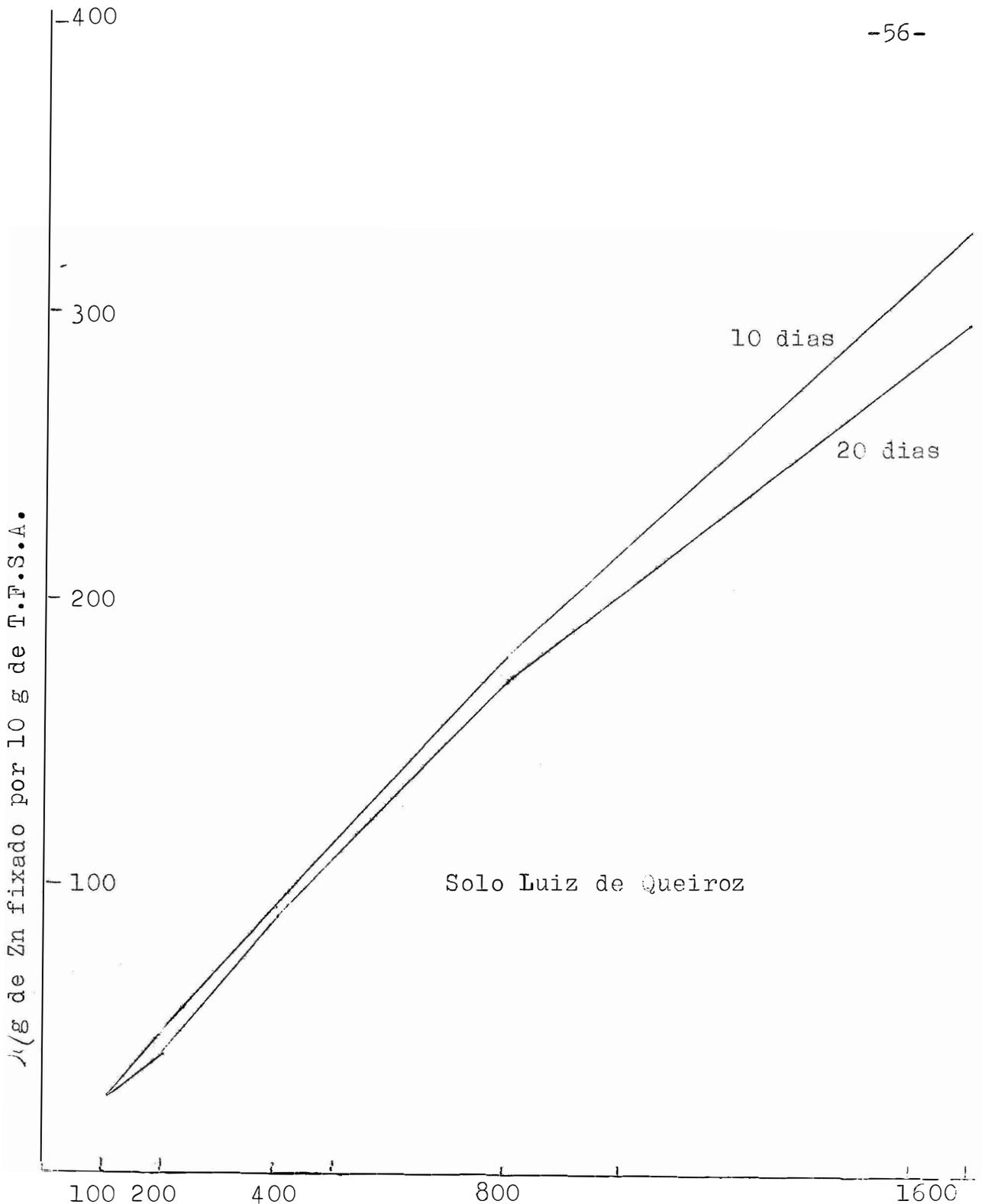
Quantidade de Zn aplicada em µg por 10 g de T.F.S.A.

Gráfico 12 - Microgramas de Zn fixadas em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas.



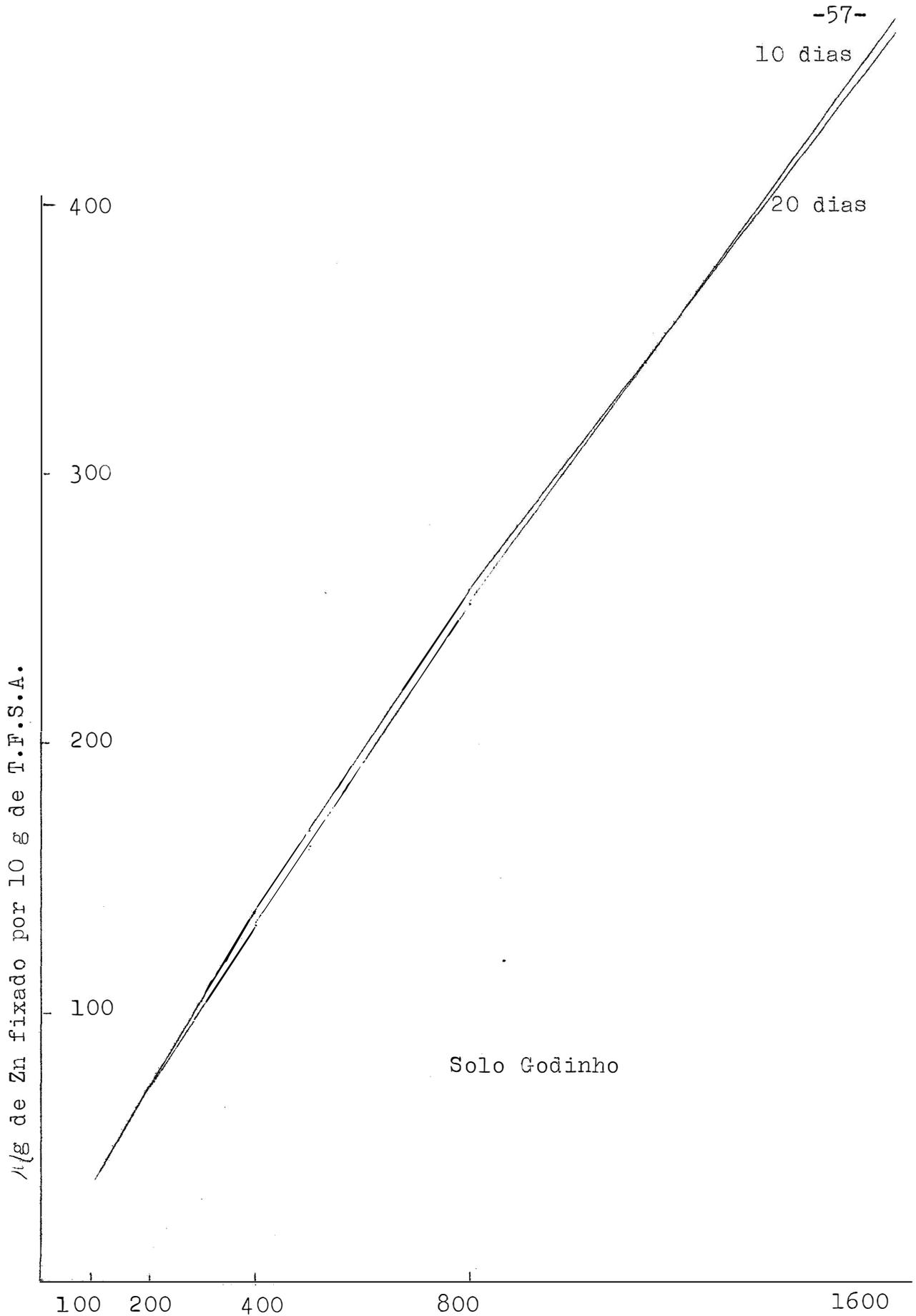
Quantidade de Zn aplicada em µg por 10 g de T.F.S.A.

Gráfico 13 - Microgramas de Zn fixadas em função do tempo de contato e das quantidade aplicadas.

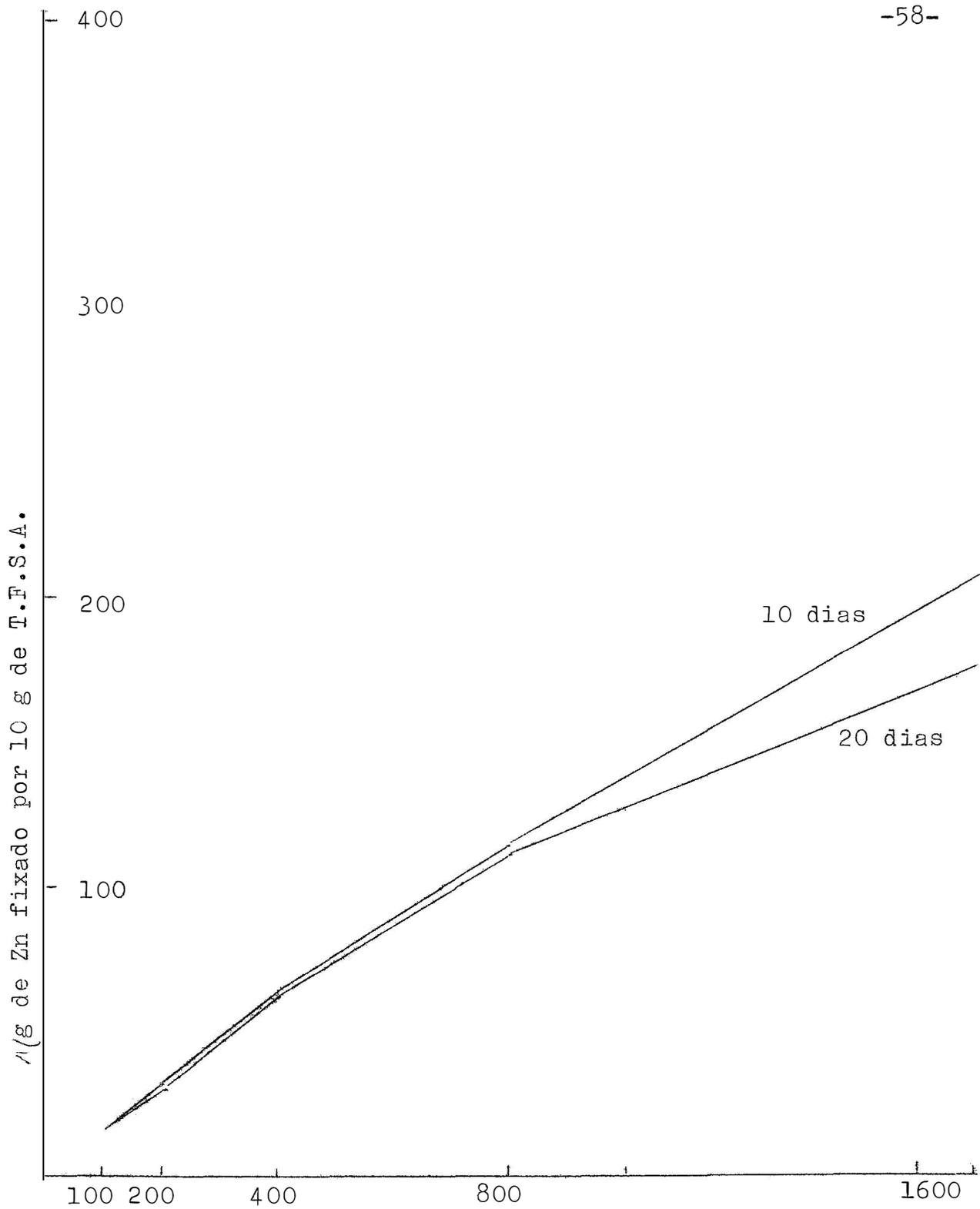


Quantidade de Zn aplicado em µg por 10 g de T.F.S.A.

Gráfico 14 - Microgramas de Zn fixadas em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas



Quantidades de Zn aplicadas em µg por 10 g de T.F.S.A.
Gráfico 15 - Microgramas de Zn fixadas em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas.



Quantidade de Zn aplicada em µg por 10 g de T.F.S.A.

Gráfico 16 - Microgramas de Zn fixados em função do tempo de contato e das quantidades aplicadas.