DISPONIBILIDADE DE COBRE E ZINCO PARA PLANTAS DE ARROZ
EM SOLOS DO ESTADO DO PARANA COM APLICAÇÃO DE TURFAS

EDUARDO BERNARDI LUCHESE

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz
de Queiróz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em
Agronomia - Área de
Concentração: Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

L936d Luchese, Eduardo Bernardi
Disponibilidade de cobre e zinco para plantas de
arroz em solos do estado do Paraná com aplicação de
turfas. Piracicaba, 1992.
122p. ilustr.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Arroz - Nutrição - Paraná 2. Cobre em arroz -
Disponibilidade - Paraná 3. Turfa em solo -
Aplicação - Paraná 4. Zinco em arroz - Disponibi-
lidade - Paraná I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz. Piracicaba

CDD 633.18

DISPONIBILIDADE DE COBRE E ZINCO PARA PLANTAS DE ARROZ
EM SOLOS DO ESTADO DO PARANA COM APLICAÇÃO DE TURFAS

EDUARDO BERNARDI LUCHESE
Lic. Química

Orientador: Prof. Dr. JORGE
DE CASTRO KIEHL

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz
de Queiróz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em
Agronomia - Área de
Concentração: Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1992

DISPONIBILIDADE DE COBRE E ZINCO PARA PLANTAS DE ARROZ
EM SOLOS DO ESTADO DO PARANA COM APLICAÇÃO DE TURFAS

EDUARDO BERNARDI LUCHESE

Aprovada em: 06.08.1992

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Jorge De Castro Kiehl ESALQ/USP

Prof. Dr. Antonio Enedi Boaretto CENA/USP

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen ESALQ/USP

Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem FCA/UNESP

Prof. Dr. Ervin Lenzi FUEM/PARANA

Prof. Dr. Jorge De Castro Kiehl
Orientador

OFEREÇO

A minha esposa Rosana
e a meus filhos Viliana, Augusto e
Francisco

DEDICO

A minha mãe Hygina Maria Bernardi
Luchese (*in memoriam*)

AGRADEÇO

- Ao meu orientador
Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl.
- Aos colegas e amigos
que de algum modo colaboraram para a
conclusão deste trabalho.
- Aos professores
que me incentivaram a buscar o aprimoramento
científico.
- A meus filhos
que se resignaram com as privações que o
curso lhes impôs.
- A minha esposa
pela força nas horas difíceis.
- Ao professor Dr. André M. L. Neptune pela
lição de vida (*in memoriam*)
- A meus pais
que pelo amor possibilitaram-me ser o que
sou (*in memoriam*).
- A minha irmã
pelo que representamos um para o outro.

SUMARIO

Página

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xxiii
SUMMARY	xxv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1. Cobre e zinco no solo	4
2.1.1. Conteúdo de cobre e zinco no solo	4
2.1.2. Formas de ocorrência do cobre e zinco no solo	5
2.1.3. Adsorção e complexação do cobre e do zinco	5
2.1.4. Disponibilidade e extração do cobre e do zinco	7
2.2. Cobre e zinco nas turfas	15
2.2.1. Definição de turfa	15
2.2.2. Classificação das turfas	16
2.2.3. Características das turfas	17
2.2.4. Utilização das turfas	18

2.2.5. Industrialização das turfas	20
2.2.6. Reservas de turfas no Estado do Paraná ...	21
3. MATERIAL E METODOS	23
3.1. Coleta e preparo das amostras de solo	23
3.2. Coleta e preparo das amostras de turfa	24
3.3. Coleta e preparo da areia	26
3.4. Determinação da capacidade de absorção de água das amostras de terra, de turfa e de areia	27
3.5. Determinação do pH e da necessidade de calagem das amostras de solo e de turfa	27
3.6. Delineamento experimental	28
3.7. Instalação e condução do experimento	29
3.8. Coleta do experimento	30
3.9. Análises de laboratório	31
3.9.1. Determinação de cobre e zinco nos solos e nas turfas	31
3.9.2. Determinação de metais pesados nas turfas	32
3.9.3. Determinação de cobre e zinco nas plantas	33
3.9.4. Determinação da evolução de CO ₂ dos solos após aplicação das turfas	34
3.10. Análise estatística	35

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Avaliação da disponibilidade do cobre pela análise das plantas de arroz	36
4.1.1. Concentração e quantidade total de cobre na parte aérea das plantas de arroz	36
4.1.2. Concentração de cobre nos grãos de arroz	51
4.2. Avaliação da disponibilidade do zinco pela análise das plantas de arroz	53
4.2.1. Concentração e quantidade total de zinco na parte aérea das plantas de arroz	53
4.2.2. Concentração de zinco nos grãos de arroz	75
4.3. Avaliação da disponibilidade de cobre para as plantas de arroz pela análise do solo	77
4.3.1. Concentração de cobre total no solo	77
4.3.2. Cobre extraído com HCl 0,1N	83
4.4. Avaliação da disponibilidade de zinco para as plantas de arroz pela análise de solo	90
4.4.1. Concentração de zinco total no solo	90
4.4.2. Zinco extraído com HCl 0,1N	91
4.5. Avaliação das plantas de arroz à aplicação das turfas	92
4.6. Comportamento das plantas de arroz cultivadas	

nas turfas	99
4.7. Conteúdo de metais tóxicos nas turfas	100
5. CONCLUSÕES	102
5.1. Avaliando-se a disponibilidade do cobre, pela análise das plantas	102
5.2. Avaliando-se a disponibilidade do zinco, pela análise das plantas	102
5.3. Avaliando-se a disponibilidade do cobre, pela análise do solo	103
5.4. Avaliando-se a disponibilidade do zinco, pela análise do solo	104
5.5. Avaliando-se o comportamento das plantas à aplicação das turfas	104
5.6. Avaliando-se o comportamento das plantas cultivadas nas turfas	104
5.7. Avaliando-se o conteúdo de elementos tóxicos nas turfas.....	105
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	106
APENDICE 1	114
APENDICE 2	118
APENDICE 3	122

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Evolução de CO ₂ para as turfas, nas condições em que foram incorporadas ao solo no experimento, e para os esterco de ave e de boi	47
Figura 2. Evolução de CO ₂ para as turfas, nas condições em que foram incorporadas ao solo no experimento	47
Figura 3. Evolução de CO ₂ para a turfa 1 (T1) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi	48
Figura 4. Evolução de CO ₂ para a turfa 1 (T1) separada em 3 frações granulométricas	48
Figura 5. Evolução de CO ₂ para a turfa 2 (T2) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi	49
Figura 6. Evolução de CO ₂ para a turfa 2 (T2) separada em 3 frações granulométricas	49
Figura 7. Evolução de CO ₂ para a turfa 3 (T3) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi	50
Figura 8. Evolução de CO ₂ para a turfa 3 (T3) separada em 3 frações granulométricas	50
Figura 9. Evolução de CO ₂ para as turfas 1, 2 e 3, na fração granulométrica mais fina	51
Figura 10. Temperaturas máximas e mínimas observadas durante o período de desenvolvimento do experimento	89

- Figura 11.** Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na areia lavada95
- Figura 12.** Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na areia lavada96
- Figura 13.** Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas no Latossolo Vermelho-Escuro96
- Figura 14.** Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas no Latossolo Vermelho-Escuro97
- Figura 15.** Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na Terra Roxa Estruturada97
- Figura 16.** Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na Terra Roxa Estruturada98

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Caracterização da fertilidade dos solos pela análise de rotina	25
Tabela 2. Análise granulométrica dos solos utilizados	25
Tabela 3. Concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades	37
Tabela 4. Análise de variância para a concentração de cobre em ppm, na parte aérea das plantas de arroz	38
Tabela 5. Concentração de cobre em ppm, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	38
Tabela 6. Análise de variância para quantidade total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz	40
Tabela 7. Concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	40
Tabela 8. Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan	40
Tabela 9. Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 15 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan	41

- Tabela 10.** Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 30 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan41
- Tabela 11.** Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 45 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan41
- Tabela 12.** Efeito das doses de turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan42
- Tabela 13.** Efeito das doses de turfa 1 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan43
- Tabela 14.** Efeito das doses de turfa 2 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan43
- Tabela 15.** Efeito das doses de turfa 3 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan43
- Tabela 16.** Efeito das doses na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan44
- Tabela 17.** Efeito das doses na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan44

Tabela 18. Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	44
Tabela 19. Análise de variância para concentração de cobre nos grãos de arroz	52
Tabela 20. Concentração de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nos grãos de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	52
Tabela 21. Análise de variância para concentração de zinco na parte aérea das plantas de arroz	54
Tabela 22. Concentração de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	54
Tabela 23. Efeito das doses de turfas na concentração de zinco em ppm, na parte aérea das plantas de arroz avaliado pelo teste de Duncan	55
Tabela 24. Análise de variância para a quantidade total de zinco por vaso na parte aérea das plantas de arroz	56
Tabela 25. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$ na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	56
Tabela 26. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, avaliada pelo teste de Duncan	57
Tabela 27. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2, avaliada pelo teste de	

Duncan	57
Tabela 28. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3, avaliada pelo teste de Duncan	57
Tabela 29. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro de zero t/ha de turfa, avaliada pelo teste de Duncan	58
Tabela 30. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro de 15 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	58
Tabela 31. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro da dose de 30 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	58
Tabela 32. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro da dose de 45 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	59
Tabela 33. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro das turfas 1, 2 e 3 do fator turfa e zero do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan	59
Tabela 34. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, do fator turfa e 15 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan	59
Tabela 35. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, do fator turfa e 30 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan	60
Tabela 36. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,	

na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 1, do fator turfa e 45 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan60

Tabela 37. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 2, do fator turfa e 15 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan60

Tabela 38. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 2, do fator turfa e 30 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan61

Tabela 39. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 2, do fator turfa e 45 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan61

Tabela 40. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 3, do fator turfa e 15 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan61

Tabela 41. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 3, do fator turfa e 30 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan62

Tabela 42. Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$,
na parte aérea das plantas de arroz,
dentro da turfa 3, do fator turfa e 45 t/ha
do fator dose, avaliada pelo teste de
Duncan62

Tabela 43. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, avaliado pelo teste de

Duncan	63
Tabela 44. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	63
Tabela 45. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	64
Tabela 46. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	64
Tabela 47. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan	65
Tabela 48. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 30 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan	65
Tabela 49. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 45 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan	65
Tabela 50. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan	66
Tabela 51. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das	

plantas de arroz, na Areia Lavada do
fator solo e 30 t/ha do fator dose,
avaliado pelo teste de Duncan66

Tabela 52. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, na Areia Lavada do
fator solo e 45 t/ha do fator dose,
avaliado pelo teste de Duncan66

Tabela 53. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-
Escuro do fator solo e 15 t/ha do
fator dose, avaliado pelo teste de Duncan67

Tabela 54. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-
Escuro do fator solo e 30 t/ha do
fator dose, avaliado pelo teste de Duncan67

Tabela 55. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-
Escuro do fator solo e 45 t/ha do
fator dose, avaliado pelo teste de Duncan67

Tabela 56. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada
do fator solo e 15 t/ha do fator dose,
avaliado pelo teste de Duncan68

Tabela 57. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada
do fator solo e 30 t/ha do fator dose,
avaliado pelo teste de Duncan68

Tabela 58. Efeito das turfas na concentração total de
zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das
plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada
do fator solo e 45 t/ha do fator dose,

	avaliado pelo teste de Duncan	68
Tabela 59.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan	69
Tabela 60.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	69
Tabela 61.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	70
Tabela 62.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan	70
Tabela 63.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	70
Tabela 64.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	71
Tabela 65.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	71
Tabela 66.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 1 do fator turfa,	

	avaliado pelo teste de Duncan	71
Tabela 67.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	72
Tabela 68.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	72
Tabela 69.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	72
Tabela 70.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	73
Tabela 71.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	73
Tabela 72.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	73
Tabela 73.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	74

Tabela 74.	Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan	74
Tabela 75.	Análise de variância para concentração de zinco no grão	75
Tabela 76.	Concentração de zinco em ppm nos grãos de arroz, avaliada pelo teste de Duncan	76
Tabela 77.	Análise de variância para peso da panícula ...	76
Tabela 78.	Peso de panículas em g/vaso, das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan	77
Tabela 79.	Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades	78
Tabela 80.	Análise de variância para concentração de cobre total nos solos	79
Tabela 81.	Concentração total de cobre em ppm nos solos, avaliada pelo teste de Duncan	79
Tabela 82.	Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose zero t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	80
Tabela 83.	Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 15 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	80
Tabela 84.	Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 30 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	81

Tabela 85. Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 45 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	81
Tabela 86. Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm nos solos, avaliado pelo teste de Duncan	81
Tabela 87. Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm na Terra Roxa Estruturada, avaliado pelo teste de Duncan	82
Tabela 88. Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm no Latossolo Vermelho-Escuro, avaliado pelo teste de Duncan	82
Tabela 89. Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm na Areia Lavada, avaliado pelo teste de Duncan	82
Tabela 90. Análise de variância para a quantidade de cobre extraído dos solos com HCl 0,1 N	83
Tabela 91. Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliada pelo teste Duncan	84
Tabela 92. Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, dentro da dose zero t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	84
Tabela 93. Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, dentro da dose 15 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	85
Tabela 94. Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, dentro da dose 30 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan	85

Tabela 95.	Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, dentro da dose 45 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan	85
Tabela 96.	Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliado pelo teste de Duncan	86
Tabela 97.	Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, na Terra Roxa Estruturada, avaliado pelo teste de Duncan	87
Tabela 98.	Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, no Latossolo Vermelho-Escuro, avaliado pelo teste de Duncan	87
Tabela 99.	Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, na Areia Lavada, avaliado pelo teste de Duncan	88
Tabela 100.	Análise de variância para concentração de zinco total no solo	90
Tabela 101.	Concentração total de zinco em ppm nos solos, avaliada pelo teste de Duncan	91
Tabela 102.	Análise de variância para a quantidade de zinco extraído dos solos com HCl 0,1N	92
Tabela 103.	Quantidade de zinco em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliada pelo teste de Duncan	92
Tabela 104.	Produção de matéria seca e panículas das plantas de arroz, cultivadas em diferentes solos, tratadas com doses crescentes de turfas, e pH	94

Tabela 105. Análise de variância para a matéria seca da parte aérea das plantas de arroz sem a panícula	95
--	----

DISPONIBILIDADE DE COBRE E ZINCO PARA AS PLANTAS DE ARROZ
EM SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ COM APLICAÇÃO DE TURFAS

Autor: Eduardo Bernardi Luchese

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl

RESUMO

Para avaliar a disponibilidade de cobre e zinco para o arroz, cv. IAC-165, utilizaram-se amostras de dois solos do Estado do Paraná (Terra Roxa Estruturada, Latossolo Vermelho-Escuro) e Areia Lavada.

O experimento realizou-se em casa de vegetação em Delineamento Completamente Casualizado. Solos e areia colocados em vasos de dois litros com três repetições, receberam tratamentos de 0, 15, 30 e 45 t/ha de turfas previamente secas a 60 °C e moídas, retiradas de 3 profundidades (0-20, 90-100, 140-150 cm). A umidade foi mantida a 70% da capacidade de retenção com adição de água destilada e desionizada; nessas condições cinco plantas de arroz por vaso foram cultivadas até a maturação dos grãos. Paralelamente, cultivou-se o arroz em vasos com turfa pura, mantendo-se o delineamento anterior.

Os parâmetros avaliados, em relação ao cobre e o zinco, foram: concentração nas plantas e grãos, quantidade total na parte aérea por vaso, concentração total no solo, concentração extraível com HCl 0,1N no solo. Avaliou-se também produção (massa) de matéria seca e de panículas.

A natureza (profundidade) das turfas e as diferentes doses desses materiais não influenciaram a concentração de cobre e zinco na parte aérea e os grãos de arroz; contudo o teor de cobre decresceu da Terra Roxa para o Latossolo Vermelho-Escuro e deste para a Areia Lavada, ocorrendo o inverso para o zinco.

A turfa de 0-20 cm proporcionou a maior quantidade total de cobre e zinco nas plantas, principalmente quando aplicada na Terra Roxa Estruturada; quando aplicada no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Lavada os teores foram respectivamente menores.

A concentração de cobre e zinco total na Terra Roxa Estruturada foi superior à do Latossolo Vermelho-Escuro e, a deste, superior à da Areia Lavada.

A aplicação de 15, 30 ou 45 t/ha de turfa aumentou o teor de cobre total, sendo que na Terra Roxa Estruturada as melhores doses foram de 30 e 45 t/ha. A concentração de zinco total não foi influenciada pela natureza ou pela dose de turfa.

As concentrações de cobre e zinco extraídos com HCl 0,1N mostraram-se elevadas na Terra Roxa Estruturada, intermediárias no Latossolo Vermelho-Escuro e mais baixas na Areia Lavada. A aplicação de 15, 30 ou 45 t/ha de turfa na Terra Roxa Estruturada aumentou a concentração de cobre extraído com HCl 0,1N; nos demais solos as doses de turfa não influenciaram o teor desses elementos extraídos com HCl 0,1N.

A aplicação de doses crescentes de turfa às amostras de terra proporcionou respostas positivas em relação à produção de matéria seca e grãos, principalmente quando da aplicação da turfa de 0-20 cm.

Plantas cultivadas na turfa pura de 0-20 cm produziram, em sua parte aérea, cerca de trinta vezes mais matéria seca que as cultivadas nas turfas de 90-100 cm e de 140-150 cm. A produção de grãos ocorreu somente nas plantas cultivadas na turfa de 0-20 cm.

As turfas estudadas não apresentaram concentrações mensuráveis dos metais pesados cromo, cádmio e chumbo.

AVAILABILITY OF COPPER AND ZINC TO RICE PLANTS, FROM PEAT
APPLIED TO SOILS OF THE STATE OF PARANA, BRAZIL.

Author: Eduardo Bernardi Luchese

Adviser: Dr. Jorge de Castro Kiehl

SUMMARY

The availability of copper and zinc from peat was evaluated by means of a greenhouse experiment in which rice plants were cultivated in samples of Terra Roxa Estruturada-eutrophic samples of Terra and Dark-Red Latosol-alic, and in sand. These materials, placed in two liters pots in triplicate, were treated with peat in amounts equivalent to 0,15, 30 and 45 t/ha. The peat was collected from different depths (0-20, 90-100 and 140-150 cm), dried at 60 °C and ground. Distilled and deionized water was added up to 70 % of the retention capacity and five rice plants were grown to maturity. In a separate series of pots, rice plants were cultivated in the same manner except that peat from the three depths was used as the only substrate. Copper and zinc were evaluated as to the following parameters: concentration in plant, total amount in plants, concentration of total element in soil and concentration of the element extracted by HCl 0,1 N from the soil. In addition, the yield (mass) of dry matter from the tops and the yield of panicles were also measured.

The nature (depth) of the peats and the different application rates of these materials had no effect on the concentration of copper and zinc in the tops of the rice plants and grains; however, copper concentration in the tops was influenced by the substrate, decreasing from Terra Roxa Estruturada to Dark-Red Latosol and to sand; zinc concentration, in turn, increased in the same direction.

The application of peat from 0-20 cm to the soils increased the total amount of copper and zinc in the plants, especially in the Terra Roxa Estruturada; when applied in the Dark-Red Latosol and sand the concentrations were respectively lower.

Total copper and zinc in the soils treated with peat decreased in the order Terra Roxa Estruturada >

Dark-Red Latosol > sand. The application of 15, 30 or 45 t/ha of peat increased the total copper concentration of the soil, and for the Terra Roxa Estruturada the best rates were 30 and 45 t/ha. Total zinc concentration in the soil was not influenced by the application rate or nature of the peat.

Soil concentration of copper and zinc extracted by HCl 0,1 N was higher in the Terra Roxa Estruturada, intermediate in the Dark-Red Latosol and lower in the sand. The application of 15, 30 or 45 t/ha of peat increased the HCl 0,1 N extracted copper of the Terra Roxa Estruturada, but not of the Dark-Red Latosol or sand. For the zinc extracted by HCl 0,1 N, no effect of the nature and rate of application of the peat was observed.

Application of increasing rates of peat to the soil resulted significant increments in yield of dry matter and grains, especially when the peat from 0-20 cm was added.

Plants grown only in the peat from 0-20 cm yielded about thirty times more dry matter than plants cultivated in the peats from 90-100 cm and 140-150 cm. Grain yield was obtained only in the rice plants grown in the peat from 0-20 cm.

The peat under study showed no measureble concentrations of the heavy metals chromium, cadmium and lead.

1. INTRODUÇÃO

A turfa caracteriza-se pelo acúmulo de matéria orgânica em locais úmidos e deficientes em oxigênio. Esse fator motiva a inativação de microorganismos aeróbicos, principais responsáveis pela decomposição dos detritos animais e vegetais, encontrando-se, por isso, em diferentes estágios de decomposição.

Pode se utilizar este material orgânico como fonte de energia, para a indústria, ou como fertilizante agrícola. No Estado do Paraná existem várias reservas de turfa, algumas já mapeadas pelos órgãos de pesquisa daquele Estado. No bloco denominado "Vale do Ivaí" encontram-se $45,59 \times 10^6$ t deste material.

Atualmente, a constante evasão do homem do campo para os grandes centros estimula o setor agrícola a buscar o aumento da produtividade das culturas, mantendo ou diminuindo os custos, para enfrentar o aumento da demanda por alimentos e a competitividade do mercado. Por isto, a fertilização dos solos agricultáveis torna-se fator fundamental, sendo a utilização de fertilizantes naturais, caso das turfas, de grande valia.

As turfas, no momento, ocupam uma posição de destaque entre os fertilizantes orgânicos. Alguns países como a República Federal da Alemanha, a Holanda e a China, destinam a turfa, por lei, exclusivamente para tal fim.

Os micronutrientes cobre e zinco encontram-se nas turfas, normalmente, em pequenas quantidades. As turfeiras localizadas no Vale do Ivaí, por exemplo, apresentam teores de cobre na faixa de 20 a 180 ppm e zinco de 20 a 150 ppm. A partir destes teores, a turfa distribuída como fertilizante, considerando-se o efeito de diluição que ocorre no processo, dificilmente servirá como fonte de cobre e zinco para as plantas. Porém, considerando-se que esses micronutrientes formam complexos muito estáveis com a matéria orgânica, tornando-os pouco disponíveis para as plantas e, que as turfas apresentam altos teores desse material, evidencia-se a importância do estudo das alterações causadas quando de sua utilização como fertilizante no solo. Acrescenta-se ainda, o fato de que no Brasil pouco se tem feito para elucidar tais efeitos.

Para ser usada como fertilizante, a turfa necessita de alguns tratamentos especiais, dependendo do estado de decomposição e da natureza do material de origem da turfeira.

E importante salientar que a aplicação de matéria orgânica ao solo, além de causar alterações

químicas em relação à disponibilidade dos nutrientes, modifica também as características físicas, auxiliando a agregação e a retenção de umidade e reduzindo a ação erosiva das chuvas, fenômeno que muito tem prejudicado os solos do norte do Paraná. Intimamente ligadas, as melhorias das propriedades físicas e químicas, provenientes da utilização da matéria orgânica como fertilizante, propiciam melhorias nas propriedades biológicas através da ativação da ação dos microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Em vista do exposto, o presente trabalho visa estudar a disponibilidade do cobre e do zinco decorrentes da aplicação de turfa em solos do Estado do Paraná.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Cobre e zinco no solo

2.1.1. O conteúdo do cobre e zinco no solo

Nos solos, os elementos cobre e zinco aparecem em quantidades variáveis, dependendo, em grande parte, da natureza da rocha da qual se originaram. Normalmente, o cobre aparece em quantidades que variam de 2 a 100 ppm (KRAUSKOPF, 1972; ALLAWAY, 1968). LUCHESE (1985), observou em solos do Rio Grande do Sul que aqueles com menos de 0,3 ppm de cobre e 0,4 ppm de zinco extraídos com Mehlich, normalmente tinham como substrato siltitos, arenitos e granitos, onde as concentrações estão, normalmente, abaixo de 100 ppm de zinco e 45 ppm de cobre. Os solos que apresentaram com menor frequência concentrações abaixo das citadas encontram-se sobre basalto, rocha que apresenta, normalmente, teores acima de 100 ppm, tanto para o cobre quanto para o zinco.

2.1.2. Formas de ocorrência do cobre e zinco no solo

Os elementos cobre e zinco nos solos, ocorrem fundamentalmente nas formas estrutural, quando ligados a minerais primários ou secundários; precipitados, na forma de óxidos e hidróxidos; incorporados à matéria orgânica, formando compostos de coordenação; adsorvidos ao complexo coloidal; e presente na solução do solo (FASSBENDER, 1975).

2.1.3. Adsorção e complexação do cobre e do zinco

Os minerais de argila, principalmente os de grade 2:1, expansivos juntamente com os óxidos, têm grande atividade na adsorção e liberação de nutrientes. Podem atuar também através da atividade das cargas superficiais, principalmente nas faces quebradas. A intensidade dessa adsorção cresce na seguinte ordem para as argilas: caulinita; ilita; montmorilonita, sendo tanto maior quanto menor for a concentração hidrogeniônica (KRAUSKOPF, 1972). Este mesmo autor comenta que em solos do Tennessee, de 30 a 60% do zinco estão ligados a óxidos de ferro e de 20 a 45% às argilas.

Segundo MCLAREM & CRAWFORD (1973), os óxidos de manganês são os constituintes que contribuem para a

adsorção específica do cobre, enquanto as argilas e os óxidos de ferro livre apresentam menor capacidade de adsorção.

A formação de compostos de coordenação entre a matéria orgânica e íons presentes na solução do solo é importante fator na disponibilização dos elementos cobre e zinco. Esses compostos, denominados de complexos, são agrupamentos de partículas (moléculas e íons) que, através de doação e recebimento de um ou mais pares eletrônicos (bases e ácidos de Lewis) respectivamente, reúnem-se formando um agrupamento maior, da seguinte maneira: um átomo ou íon (átomo ou íon central), é cercado por vários grupos (ligantes) nos quais um átomo tem a capacidade de formar uma ligação coordenativa (átomo ligante). Nesses compostos, o número de ligantes depende fundamentalmente do tamanho do íon ou átomo central e do princípio da eletroneutralidade; assim, dependendo da quantidade de estruturas distribuídas ao redor do átomo central, tem-se o número de coordenação do composto de coordenação formado (QUAGLIANO & VALLARINO, 1979).

Um caso particular de compostos de coordenação são os quelatos, onde um ligante polidentado forma duas ou mais ligações com o átomo central (QUAGLIANO & VALLARINO, 1979).

Os compostos de coordenação podem ser representados por várias estruturas orgânicas como, por

exemplo: citrato e malato. A estrutura a seguir representa um complexo com o citrato, segundo STEVENSON & ARDAKANI (1972).

(onde M é o Cu^{+2} ou Zn^{+2})

2.1.4. Disponibilidade e extração do cobre e do zinco

Entre as variáveis existentes nos solos que podem atuar diretamente na maior ou menor disponibilidade do cobre e zinco para as plantas, cita-se: pH, matéria orgânica, outros nutrientes, teor e natureza da fração argila e temperatura. Esses parâmetros, atuando em

conjunto, aumentam muito a dificuldade de se estabelecer os níveis críticos para os referidos elementos.

A dinâmica dos micronutrientes cobre e zinco no solo, de modo simplificado, pode ser equacionada da seguinte maneira:

(onde M^{+2} é o Cu^{+2} ou Zn^{+2} e solo, os colóides)

Observe-se que há liberação de H^+ , tornando o equilíbrio dependente do pH. Um aumento de pH provocará um deslocamento da reação para a direita, diminuindo a quantidade dos elementos na solução do solo, sendo o oposto também verdadeiro.

Segundo LINDSAY (1972), a partir dessas reações, e se conhecendo as constantes de equilíbrio, pode prever-se as concentrações dos elementos, em suas formas iônicas, presentes na solução do solo; assim, para o caso do cobre, partindo-se da equação modificada, anteriormente citada, pode se determinar a equação da constante de equilíbrio:

$$K = \frac{[\text{Cu-solo}][\text{H}^+]^2}{[\text{Cu}^{+2}][\text{solo}]^{\frac{1}{2}}}$$

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{Cu}^{+2}]}$$

$$[\text{Cu}^{+2}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{K}$$

$$\text{como } \log K = -3,2$$

$$[\text{Cu}^{+2}] = \frac{[\text{H}^+]^2}{10^{-3,2}}$$

$$[\text{Cu}^{+2}] = 10^{3,2} \cdot [\text{H}^+]^2$$

Para o zinco os mesmos cálculos poderiam realizar-se, substituindo-se o log de K por -6,0.

Observe-se que essa disponibilidade de cobre e zinco para as plantas liga-se a um número muito grande de outros fatores do solo. Na verdade, este cálculo, que aparentemente resolve todos os problemas do cobre e do zinco, permitindo estimar sua concentração na solução do solo, é bem mais complexo. Entretanto, qualquer tratamento levado ao solo que modifique o pH do sistema deveria ser feito com um acompanhamento das condições de disponibilidade do cobre e zinco do solo. Tal preocupação

procede ao se observar que, no caso do zinco, uma variação de pH de 5 para 8 modifica a concentração de zinco na solução do solo de 10^{-4} M para 10^{-10} M (LINDSAY, 1972).

Quanto à matéria orgânica, sua influência sobre a disponibilidade do cobre e zinco está ligada a vários fatores, tais como: alteração do pH do solo, alteração na CTC do solo, formação de compostos de coordenação, modificações nas propriedades físicas do solo juntamente com a mineralização da matéria orgânica.

Para os elementos em estudo, os compostos de coordenação formados com a matéria orgânica apresentam-se com estabilidade variável e, deste modo, a intensidade com que estes são mais ou menos disponíveis para as plantas, quando da presença de matéria orgânica, depende da força com que estão ligados a ela.

O cobre é o micronutriente mais fortemente retido pela matéria orgânica, na forma de compostos de coordenação, fazendo com que os solos orgânicos sejam os que mais apresentam deficiência deste elemento (STEVENSON & ARDAKANI, 1972).

HODGSON et alii (1965, 1966), observaram que cerca de 90% do cobre pode encontrar-se na forma de compostos de coordenação e, para o zinco, cerca de 75%. Esses compostos imobilizam os micronutrientes cobre e zinco, porém, a aplicação de matéria orgânica ao solo pode apresentar algumas vantagens, como o impedimento das perdas

por lixiviação e por adsorção de cátions, caso dos micronutrientes em estudo, em suas cargas negativas de superfície, as quais aumentam a CTC da fase sólida do solo (SANCHEZ, 1976).

Outros nutrientes podem atuar neste sistema dinâmico, alterando positiva ou negativamente a disponibilidade do cobre e do zinco. Dentre eles, um dos macronutrientes mais estudados é o fósforo. Aplicações elevadas desse elemento podem levar as plantas a absorverem insuficientemente cobre e zinco (BINGHAM et alii, 1960; BINGHAM, 1969; MEURER, 1969; OLSEN, 1972). Os mecanismos que envolvem estes fenômenos ainda não estão bem esclarecidos. BINGHAM (1969), afirma que, provavelmente, o cobre seja inativado por precipitação na superfície da raiz, na presença de quantidade excessiva de fosfato. A quantidade de fósforo aplicado, necessária para causar posterior deficiência do micronutriente, depende de vários fatores, como tipo de solo e concentração do micronutriente. OLSEN (1972), aplicando 180 ppm de fósforo em solos da Califórnia, observou severa deficiência de cobre em citros.

Quanto ao zinco, autores como BINGHAM et alii (1960); BINGHAM (1969); Terman (1966) e MEURER (1969), caracterizaram a interferência da adubação fosfatada em sua absorção pelas plantas. OLSEN (1972), afirma que, além da interação fósforo-zinco, efeitos outros, tais como:

diluição do zinco no tecido vegetal, ocasionada pelo crescimento da planta em função da adubação fosfatada; desordens metabólicas causadas pela alteração do balanço zinco-fósforo; ou ainda, baixa taxa de translocação do zinco na planta, devido a efeitos antagônicos entre o zinco e o fósforo, favorecem tal interferência.

Pelo exposto, ao se realizar uma adubação pesada de fósforo, dever-se-ia fazer um estudo preliminar da disponibilidade de cobre e zinco no solo para se afastar a possibilidade de um micronutriente, caso do cobre e do zinco, tornar-se fator limitante da produção; nesses casos, baixos índices de produção, podem ser evitados se aplicadas pequenas quantidades do micronutriente limitante.

Outros elementos que também interferem na absorção do cobre e do zinco pelas plantas são: o nitrogênio, o ferro, o molibdênio, o alumínio e o manganês, além da interferência do próprio cobre sobre o zinco e vice-versa. NOGUEIRA et alii (1982), observou, em relação ao ferro e manganês, que em solução nutritiva a absorção de cobre pelo feijão de corda é favorecida por concentrações baixas dos primeiros elementos.

A influência da aplicação de adubos nitrogenados, na absorção de cobre e zinco pelas plantas, deve-se provavelmente às alterações do pH provocadas por estes adubos. Adubos nitrogenados, como o NH_4NO_3 e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, que acidificam o meio, aumentam a

disponibilidade dos micronutrientes em estudo (VIETS et alii, 1957; CHAUDHRY & LONERAGAN, 1970). Estes últimos também observaram a diminuição na absorção de zinco pelo sorgo quando da aplicação de NaNO_3 , adubo alcalinizante.

A temperatura, fator fundamental na cinética das reações, está ligada a maior ou menor absorção dos elementos pelas plantas. BAUER & LINDSAY (1965), cultivando plantas de milho sob temperaturas de 5°C, 17°C, 31°C e 43°C, observaram que a produtividade desta cultura aumentou aos 43°C, sendo que o fator limitante foi o zinco; a adição desse elemento igualou os rendimentos obtidos nas temperaturas mais baixas e mais altas.

A mineralização da matéria orgânica, processo biológico em que microorganismos atuam sobre os restos orgânicos, liberando, entre outros elementos, nutrientes para a solução do solo, encontra-se condicionada principalmente à relação entre o carbono e o nitrogênio. Os microorganismos atuam sempre de modo a consumir 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio, fixando 1/3 do carbono e liberando 2/3 na forma de CO_2 . A relação de 10 partes de carbono para uma parte de nitrogênio restante é a relação encontrada no protoplasma albuminóide desses microorganismos e no húmus processado por eles. Este húmus é, por conseguinte, muito estável, sendo denominado por alguns autores como "matéria orgânica inativa", não se

mineraliza facilmente e atua, no solo, fundamentalmente como material condicionador (KIEHL, 1985).

Definidas as principais variáveis que estão ligadas à disponibilidade do cobre e zinco do solo para as plantas, surge a pergunta: como caracterizar os níveis críticos destes elementos em relação às suas disponibilidades ?.

Esta discussão pode ser iniciada com a nutrição das plantas. As quantidades mínimas dos referidos micronutrientes em um solo, para que sejam mantidos na forma absorvível pelas plantas em quantidades suficientes, são ainda pouco definidas. No Brasil, o principal motivo para esta indefinição é o pequeno número de trabalhos destinados ao assunto. A nível mundial, embora o número de trabalhos sobre o assunto seja numeroso, as dúvidas ainda são facilmente detectadas. Dentre as dificuldades está o fato de que os teores que caracterizam os níveis críticos são extremamente baixos e que muitas interações aparecem porque o solo é um sistema extremamente complexo.

Para os solos do Brasil, ainda não se definiu qual o extrator adequado para estes micronutrientes. No Rio Grande do Sul, com base em resultados de pesquisa (MEURER, 1969; VOLKWEISS, 1970; LANTMAN, 1979; LUCHESE, 1985), o laboratório de solos da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul utiliza o HCl 0,1N por

considerá-lo o mais adequado. Já LOPES (1983) indica, para os solos sob cerrado, o extrator de Mehlich, preconizando como nível crítico o valor de 1,0 ppm.

2.2. Cobre e o zinco nas turfas

2.2.1. Definição de turfa

Uma das formas naturais de grandes depósitos de matéria orgânica são as turfeiras. Estas formam-se em locais com acúmulo de água, impedindo a atuação dos microorganismos aeróbicos, principais responsáveis pela mineralização da matéria orgânica. Além da água, as baixas temperaturas apresentam-se como aliadas deste processo acumulativo, pois diminuem a atividade dos microorganismos.

A definição de turfa encontra certas divergências entre os autores. Normalmente esta definição baseia-se no conteúdo de matéria orgânica. Para MELA MELA (1954), as turfas devem conter mais de 45% de seu conteúdo em matéria orgânica. Já ANDRIESSE (1984) afirma que as turfas apresentam mais de 60% deste material. CARDOSO (1984) afirma que, pela classificação americana, a turfa ("peat") apresenta mais de 65% de matéria orgânica.

Sem a preocupação de relacionar a definição de turfa com o conteúdo de matéria orgânica do material orgânico acumulado, KIEHL (1985) diz que a turfa é uma

substância fóssil, organo-mineral, tendo consistência branda quando molhada, tenaz quando seca, e coloração variável entre o cinza e o preto, sendo encontrada em terrenos alagadiços.

2.2.2. Classificação das turfas

Com relação ao material originário, as turfeiras classificam-se em: - a) turfas de microflora ou hídrica: formadas em ambiente aquoso ou subaquoso, são turfas sedimentares à base de algas, pólenes, plânctons e flora aquática, muito comuns em lagos, costas de rios e restingas; - b) turfas fibrosas: ocorrem na superfície do terreno e se compõem de fibras e filamentos pouco decompostos, imersos em matriz de aspecto gelatinoso; são comuns nas regiões sudeste do Brasil; - c) turfas lenhosas: formadas de vegetais de porte grande, encontram-se na superfície dos terrenos e tem estrutura granular (KIEHL, 1985).

Segundo ANDRIESSE (1984), as turfas ainda podem classificar-se em topógena e ombrógena. Topógena é aquela turfa que ainda se encontra sob a ação das águas, destas recebendo nutrientes e por isso, sendo mais férteis. A turfa ombrógena está situada acima do nível das águas dos rios, e os nutrientes nela encontrados são fornecidos pela mineralização de suas reservas; normalmente são turfas

pobres em nutrientes.

As turfeiras são, ainda, classificadas como histossols, apresentando horizontes; as principais subordens, são: fibríco, mésico e sáprico. Estas subordens diferem quanto à percentagem de matéria orgânica, pH, densidade e outras características (FARNHAM and FINNEY, 1965)

Quanto ao grau de decomposição a turfa pode ser: fibríca, pouco decomposta; hémica, parcialmente decomposta; e sáprica, muito decomposta (CERRI, 1984).

Segundo von Post, pode avaliar-se no campo o valor de humificação das turfeiras, através das características que elas transmitem quando pressionadas na mão. As turfas assim caracterizadas podem ser diferenciadas desde H1 até H10. A turfa H1 apresenta água limpa e incolor, ficando na mão restos característicos das estruturas de plantas. Na H10, toda a massa passa entre os dedos, não ficando resíduos na mão. As demais são intermediárias (KIEHL, 1985).

2.2.3. Características das turfas

A turfa, como condicionadora dos solos, pode agir nos mais variados aspectos, tais como: retenção de umidade; fornecimento de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente de nitrogênio; retenção de bases; aumento

CTC e do poder tampão. O baixo pH é uma das principais desvantagens que a turfa pode apresentar, porém, este aspecto negativo pode ser corrigido.

Quanto à capacidade de reter água, a turfa bem decomposta pode reter de 400 a 800% de água. Para Allison, citado por KIEHL (1985), a propriedade mais característica da turfa, do ponto de vista agrícola, é sua capacidade de absorver água.

A turfa, quando seca, tende a formar uma película de ar revestindo as partículas, o que dificulta a rehidratação. Quanto maior a retirada de água do material, menor será a sua capacidade de rehidratar-se (KIEHL, 1985).

O nitrogênio é o nutriente mais encontrado nas turfas; por isso, estas são apresentadas como importante fonte deste nutriente para as plantas, quando aplicadas ao solo como adubo orgânico. Em relação aos outros macronutrientes, as turfas são geralmente pobres. Os micronutrientes apresentam-se nas turfas em pequenas quantidades e, algumas vezes, sob a forma de complexos de baixa disponibilidade.

2.2.4. Utilização das turfas

As turfas podem ter diversas utilidades, desde a obtenção de energia térmica nas indústrias até a utilização na agricultura, seja como substrato para

cultivos no próprio local, seja como matéria-prima para a obtenção de fertilizantes orgânicos e organominerais. A aplicação da turfa em solos cultivados é, atualmente, muito importante. Nos Estados Unidos da América do Norte, cerca de 98% da turfa explorada destina-se à agricultura e, na Rússia, cerca de 38% (KIEHL, 1985).

A utilização da turfeira, para fins de agricultura, depois de drenada, deve vir precedida de estudos criteriosos para avaliar desde a qualidade da turfa, até a espessura e o tipo de solo onde a turfeira se encontra. Deve controlar-se o grau de subsidência da turfeira para evitar perdas de nutrientes pela decomposição muito rápida. Os nutrientes serão melhor aproveitados pela planta com uma mineralização controlada, suprimindo a necessidade da planta (ANDRIESSE, 1984).

Como matéria-prima para a fabricação do fertilizante organomineral, a turfa já está sendo utilizada no Brasil. Estudos feitos em conjunto pela Empresa Sarapui Mineração Agrotécnica e a Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, mostram que lavouras tratadas com turfa tiveram um aumento de cerca de 25,49% na produtividade. A Cooperativa Agrícola de Cotia está desenvolvendo o "Projeto de Assentamento Dirigido" no Município de Barreiras, Bahia, com o apoio do PROCEDER - 2 (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), para o cultivo

de soja e arroz com o auxílio da turfa (FULLER & FERNANDES, 1985).

2.2.5. Industrialização das turfas

Para a industrialização da turfa, transformando-a em fertilizante organomineral, esta recebe vários tratamentos especiais para que suas características satisfaçam as especificações constantes na lei.

Os principais passos na industrialização da turfa são os seguintes: - a) drenagem; - b) retirada do revestimento superior por remoção mecânica ou queima; - c) desmonte da camada pobre em matéria orgânica; - d) extração com máquinas e secagem ao sol; - e) destorroamento; - f) secagem com revolvimento periódico; - g) passagem por britadores para quebrar os torrões (este passo é opcional); - h) moagem em moinho de martelo até pó; - i) correção do pH para 6,0; - j) aplicação de nitrogênio, caso o nível não atinja 1%; - k) ajuste da relação C/N para menos de 18/1 adicionando nitrogênio ou pelo processo de compostagens; - l) determinação do teor de umidade, que deve ser inferior a 25% (KIEHL, 1985).

2.2.6. Reservas de turfas no Estado do Paraná

As reservas de turfa do Estado do Paraná são consideráveis. No bloco denominado Baixo Ivaí (Apêndice 3) existe uma reserva inferida de $45,59 \times 10^6$ t, ocupando uma área de 4.515 km² nos Municípios de Icaraíma, Altônia, Querência do Norte e Tapira, principalmente (TECNOTEMA, 1982).

Nessa área encontram-se nove turfeiras discriminadas do seguinte modo: - a) nas proximidades da foz do Rio Ivaí, duas turfeiras (áreas da Fazenda Ivo Pereira e da Fazenda 29); - b) nas várzeas do Rio Paraná, ao norte do Rio Ivaí, duas turfeiras (área da Fazenda Nossa Senhora do Bom Fim e área da Ilha Jujuí); - c) na região da várzea do Rio Paraná, cinco turfeiras (área da Fazenda Watanabe, área da Ilha Esmeralda, área da Ilha do Alvarenga, área da Ilha Caramuru e área do Lago São João). Dessas turfeiras citadas, cinco são promissoras: Fazenda Watanabe; Ilha Alvarenga; Ilha Caramuru; Ilha Esmeralda e Lago São João, com espessuras entre 1,06 e 1,27 m (TECNOTEMA, 1982).

Os teores de nutrientes encontrados em amostras dessas turfeiras variam, bem como entre amostras de uma mesma turfeira. Na Fazenda Watanabe, em seis amostras coletadas o fósforo variou de 2 a 15 ppm, o potássio de 46 a 81 ppm e a relação C/N de 11 a 24. Esses

conteúdos de fósforo e potássio, considerando-se as quantidades em que o adubo é geralmente incorporado ao solo, provavelmente sejam insignificantes; porém, a relação C/N ao redor de 18 encontra-se próxima a exigida pela legislação atual. O teor de nitrogênio, nutriente encontrado em maior quantidade neste material, variou de 1,22 a 2,30 % e, portanto, está acima do valor de 1% exigido por lei para adubos à base de turfa (TECNOTEMA, 1982).

Os micronutrientes cobre e zinco, nestas turfeiras, apresentam-se em quantidades que variam entre 20 e 180 ppm e 20 e 150 ppm, respectivamente. Em sondagens na área da Ilha Jujuí e Nossa Senhora do Bom Fim as concentrações de cobre ficaram entre 20 e 130 ppm e as de zinco, entre 20 e 30 ppm (TECNOTEMA, 1982).

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Coleta e preparo das amostras de solo

Retiraram-se as amostras da camada arável (0-20 cm) de dois solos: Latossolo Vermelho-Escuro e Terra Roxa Estruturada. Coletou-se o Latossolo Vermelho-Escuro na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, localizada no Distrito de Iguatemi, Município de Maringá - Paraná, e a Terra Roxa Estruturada no Campus da Universidade Estadual de Maringá, localizado na cidade de Maringá, sede do Município de Maringá - Paraná. Secaram-se as amostras ao ar livre, em local protegido da poeira e as passaram em peneira, com malha de 8 mm. Peneirou-se em peneira de polietileno, com malha de 2 mm, uma porção de aproximadamente 1 kg, guardando-a em saco de polietileno para as análises de laboratório.

Realizaram-se as seguintes análises de solo:

a) Análise de rotina para avaliação da fertilidade, no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá - Paraná, determinando-se acidez

potencial, alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis e fósforo (EMBRAPA, 1979).

b) Determinação da percentagem de carbono orgânico, seguindo-se a metodologia oficial de Walkeley - Black (TEDESCO, 1985).

c) Análise granulométrica para determinação da textura, no laboratório de rotina do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, PR (SUGUIO, 1973).

d) Determinação do pH em água, na relação 1:2,5 (EMBRAPA, 1979).

As características químicas e granulométricas dos solos estudados encontram-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

3.2. Coleta e preparo das amostras de turfa

Foram utilizadas amostras provenientes de uma turfeira existente no Município de Querência do Norte, na fazenda Nossa Senhora do Bom Fim, localizada na porção do córrego Juriti, próximo ao trecho do Rio Paraná, onde se localiza a extremidade norte da Ilha Longa (TECNOTEMA, 1982). Coletaram-se as amostras próximo ao centro da turfeira, utilizando-se uma escavadeira manual, nas profundidade de 0-20 cm, de 90-100 cm e de 140-150 cm.

Tabela 1. Caracterização da fertilidade dos solos pela análise de rotina

SOL*	pH"	Al	H+Al	Mg	Ca	K	P'	C	N	C/N
		meq/100 ml					ppm	----	----	
TR-	4,8	0,0	4,8	0,55	4,7	0,42	2	2,3	-	-
LE-	3,8	1,3	9,2	0,34	0,4	0,13	5	2,1	-	-
T1-	2,7	3,1	34,3	0,38	2,1	0,25	14	25,4	1,88	13,51
T2-	3,2	1,2	13,9	0,38	1,8	0,06	2	16,7	1,35	12,37
T3-	3,8	0,7	13,9	0,78	2,9	0,06	3	15,8	1,40	11,28

* TR: Terra Roxa Estrut.; LE: Latossolo Vermelho-Escuro

T1: Turfa 1; T2: Turfa 2; T3: Turfa 3

" pH em CaCl_2 0,01 M

' extrator de P (Mehlich)

Tabela 2. Análise granulométrica dos solos utilizados

Solo	areia grossa	areia fina	areia muito fina	silte	argila
	%				
LE	17,5	50,0	1,43	3,70	27,37
TR	3,5	4,5	11,24	22,83	57,93

Retiraram-se as turfas, em suas diferentes profundidades, na quantidade de aproximadamente 70 kg, colocando-as em sacos de malha de plástico e permitindo que o excesso de água escorresse. Transportadas para o laboratório, as turfas foram secadas em estufa a 60°C até peso constante, moendo-as a seguir em moinho de facas, com peneira de 2 mm. Deste produto, separaram-se cerca de 100g para as análises químicas que constaram de análise de rotina para avaliação da fertilidade e determinação da percentagem de carbono orgânico e do pH em

água, conforme procedimentos já descritos em 3.1. Os resultados dessas análises são apresentados na Tabela 1.

Segundo TECNOTEMA (1982), o material turfoso apresenta características de turfa bem decomposta: cor marrom escura (5YR3/2) e pouca quantidade de restos vegetais (linhos, raízes e outros materiais reconhecíveis). O grau de humificação está entre H8 e H10. A espessura média da turfeira é de 140 cm e o contato inferior é de argila cinza (10YR6/1) ou areia cinza amarronada (5YR5/1) (TECNOTEMA, 1982).

3.3. Coleta e preparo da areia

Para efeito de comparação, adquiriu-se uma quantidade de aproximadamente 100 kg de areia de rio, em depósito de materiais de construção. Fez-se uma lavagem da areia com água de torneira com o auxílio de uma mangueira que, tendo a extremidade colocada no fundo do recipiente, permitia trocar o líquido inúmeras vezes, até que este se mostrasse límpido. A seguir, fez-se uma lavagem com ácido clorídrico 0,1N, seguindo-se outras, com água destilada e desionizada, até que a água de lavagem apresentasse pH próximo à neutralidade (pH 7,2). O material assim tratado foi denominado Areia Lavada.

3.4. Determinação da capacidade de absorção de água das amostras de terra, de turfa e de areia

Em copos (tarados) descartáveis de 50 ml, possuindo na base pequenos orifícios, colocaram-se quantidades conhecidas, e em triplicata, de cada amostra. Acomodaram-se estes copos em uma bandeja contendo uma lâmina de água para saturação das amostras por capilaridade, durante 24 horas. Então, removeram-se os copos, colocando-os sobre papel absorvente (por uma noite) para retirar o excesso de água, para posterior pesagem determinando a quantidade de água retida.

3.5. Determinação do pH e da necessidade de calagem das amostras de solo e de turfa

Determinou-se o pH em água na proporção solo: água de 1:2,5. Agitou-se por 5 minutos, em agitador recíprocante a 240 oscilações por minuto, 10 ml de amostra e 25 ml de água destilada e desionizada, deixando-se, em seguida, o sistema repousar por 20 minutos. Determinou-se o pH no sobrenadante com auxílio de um potenciômetro (EMBRAPA, 1979).

— Para se determinar a necessidade de calagem, fez-se curvas de calibração incubando-se as amostras de solos em copos plásticos de 300 ml juntamente com doses

equivalentes a 2, 4, 6 e 8 t/ha de CaCO_3 p.a, com 3 repetições por tratamento. As turfas receberam o equivalente a 10, 20, 30, 40 e 50 t/ha de CaCO_3 p.a, também com 3 repetições. Mantiveram-se as amostras com 70% da capacidade de retenção de água através de pesagem e correção da umidade duas vezes ao dia, tendo-se também coberto os vasos com uma lâminas de plástico para evitar a evaporação excessiva. Determinou-se o pH dos sistemas aos 12 e aos 15 dias após a instalação do experimento, pela coleta de uma amostra de cada copo. Os resultados mostraram que 15 dias foram suficientes para adequada correção do solo.

3.6. Delineamento experimental

O experimento constou de um fatorial $3 \times 3 \times 3$ envolvendo três substratos minerais (Areia Lavada, Latossolo Vermelho-Escuro e Terra Roxa Estruturada), três turfas, coletadas em diferentes profundidades (0-20, 90-100 e 140-150 cm, designadas turfas 1, 2, e 3, respectivamente) e três doses de turfa (15, 30 e 45 t/ha). Incluíram-se seis tratamentos adicionais contendo somente as turfas e os substratos minerais. O delineamento experimental, com três repetições, foi inteiramente casualizado.

3.7. Instalação e condução do experimento

Para avaliar possível fitotoxidade das turfas, realizou-se um teste preliminar colocando-se 10 sementes de arroz, cv. IAC-165, em copos contendo as turfas umedecidas a 70% da capacidade de retenção de água. Corrigiu-se o pH das turfas, para este teste, visando atingir pH 6,0 a partir da curva de calibração anteriormente feita. Conduziu-se esse teste durante 120 dias, período suficiente para o crescimento das plantas.

Realizou-se o experimento definitivo em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba - São Paulo. Em vasos de barro, revestidos com sacos plásticos de polietileno, colocou-se 2 litros de material mineral (solo, ou areia ou de turfa). As aplicações de turfa aos substratos minerais fizeram-se misturando o material orgânico com a terra ou areia do vaso. Os vasos, levados à casa de vegetação, receberam CaCO_3 p.a. em quantidade suficiente, para elevar o pH dos substratos para próximo de 6,0.

Manteve-se a umidade dos substratos a 70% da capacidade de retenção de água por treze dias para permitir a correção do pH. Em seguida, cada vaso recebeu vinte sementes de arroz cv. IAC-165, que foram cobertas por uma camada de aproximadamente 1 cm de substrato. Após doze

dias realizou-se o primeiro desbaste, mantendo-se as oito plantas melhor desenvolvidas. Quatro dias após esta data retiraram-se mais duas plantas (segundo debaste). No trigésimo dia após a semeadura desbastou-se pela terceira vez deixando-se cinco plantas por vaso. Esse processo de desbaste parcelado tem a vantagem de permitir a retirada de plantas pouco desenvolvidas e compensar a perda de plantas por ataque de insetos.

Manteve-se o experimento com irrigações diárias com água destilada e desionizada, até a maturação dos grãos. Durante o período experimental registraram-se as temperaturas máximas e mínimas semanais.

3.8. Coleta do experimento

Cortaram-se as plantas rente ao solo, após 173 dias da semeadura, quando estas completaram o ciclo vegetativo (maturação dos grãos); as plantas foram colocadas em sacos de papel para secagem em estufa a 60°C até peso constante, evitando-se perdas de tecido. Determinou-se a massa das panículas e da parte aérea restante com balança eletrônica digital com leitura até centigramas. A seguir, moeram-se as plantas em moinho de facas com peneira de 0,2 mm, embalando-as em sacos de polietileno para posterior análise. As sementes não

passaram pelo processo de moagem devido à pequena quantidade de amostra obtida em algumas parcelas.

Dos solos utilizados nos vasos, retiraram-se 100 g, que foram secas ao ar livre, passadas em peneira de polietileno com malha de 2 mm e acondicionadas em sacos de polietileno para posterior análise.

3.9. Análises de laboratório

3.9.1. Determinação de cobre e zinco nos solos e nas turfas

a) Determinação dos teores de cobre e zinco totais, fez-se conforme a seguinte metodologia: 0,5 g de amostra foram tratados com 2 ml de HNO_3 concentrado em tubo de 50 ml. Aqueceu-se o sistema até próximo à ebulição do ácido, a cerca de 80°C , e se manteve essa temperatura até a evaporação quase total do mesmo. Por medida de segurança, adicionaram-se novamente 2 ml do referido ácido mantendo-se o aquecimento até que, novamente, o mesmo evaporasse quase que na totalidade, deixando-se, a seguir, que o sistema esfriasse. Logo após, adicionou-se 1 ml de HClO_4 p.a. concentrado e se manteve o aquecimento até que a sílica se depositasse no fundo do tubo. O produto obtido foi transferido quantitativamente para balão volumétrico de 25 ml e se completou o volume (TEDESCO, 1985).

O conteúdo de cobre e zinco no extrato foi determinado através de técnicas de espectrofotometria de absorção atômica (NELSON et alii, 1959), com aparelho marca CG 7000, com 2 repetições. A digestão nitro-perclórica não possibilita a solubilização da sílica existente na amostra, porém, como esta fração é extremamente estável ao intemperismo, não deve influir na disponibilidade do cobre e zinco para as plantas em curto espaço de tempo. Evitando o uso do ácido fluorídrico e de cadinhos de platina ou teflon, as análises tornaram-se menos dispendiosas.

b) Determinação dos teores de cobre e zinco extraídos com HCl 0,1N, fez-se conforme a seguinte metodologia: 2,0 g de amostra foram tratados com 20 ml de HCl 0,1N em tubos de ensaio de 50 ml, seguindo-se agitação por 5 minutos em agitador recíprocante com 240 agitações por minuto. Após decantação da fase sólida, determinou-se no sobrenadante o conteúdo de cobre e zinco, seguindo-se técnicas de espectrofotometria de absorção atômica (NELSON et alii, 1959; TUCKER & KURTZ, 1955).

3.9.2. Determinação de metais pesados nas turfas

As amostras de turfa foram submetidas a determinação dos metais pesados Pb, Cr, Cd por digestão nitro-perclórica descrita em 3.9.1(a), seguida da leitura

dos teores no extrato em espectrofotômetro de absorção atômica (TUCKER & KURTZ, 1955; NELSON et alii, 1959).

3.9.3. Determinação de cobre e zinco nas plantas

Para determinação dos teores de cobre e zinco nas plantas tratou-se 0,5 g de tecido vegetal moído com 5 ml de HNO_3 p.a. concentrado. Aqueceu-se o sistema de modo a não atingir o ponto de ebulição do ácido, processo mantido até que metade do ácido, inicialmente adicionado, evaporasse. Após esfriamento, acrescentou-se 1 ml de HClO_4 p.a. reiniciando-se o aquecimento até a solução tornar-se totalmente límpida. O produto obtido foi transferido quantitativamente para balão volumétrico de 25 ml e aferido a este volume (SARRUGE & HAAG, 1974). Devido à pequena quantidade de sementes produzida em alguns tratamentos, estas foram submetidas a digestão sem prévia moagem. Para cada amostra analisada tomaram-se dez sementes, determinando-se previamente a sua massa. Nos tratamentos com turfas 2, 3 e areia não houve produção de sementes em quantidade suficiente, impossibilitando esta análise.

O conteúdo de cobre e zinco foi determinado nos extratos seguindo-se técnicas de espectrofotometria de absorção atômica.

3.9.4. Determinação da evolução de CO_2 dos solos após a aplicação das turfas

As turfas utilizadas, superficial (0 a 20 cm), mediana (90 a 100 cm) e profunda (140 a 150 cm), foram submetidas a um sistema de peneiras acopladas a um vibrador calibrado para 60 vibrações por segundo, durante 10 minutos. A peneira superior apresentava malha de 0,45 mm, e a segunda, de 0,25 mm; isto separava cada amostra de turfa em três frações texturais, ou seja: maior que 0,45 mm; entre 0,45 mm e 0,25 mm e menor que 0,25 mm. Além da turfa integral, sem passar pelas peneiras, misturaram-se porções de 0,5 g de cada fração granulométrica com 40 g do solo Latossolo Vermelho-Escuro, previamente tratado com calcário. Colocou-se a mistura de solo e turfa em copo plástico de 150 ml e se regou com água em quantidade suficiente para atingir a capacidade de retenção de água. Com a finalidade de comparar a produção de CO_2 a partir da turfa com a de outros materiais orgânicos, copos adicionais foram montados com esterco de ave e bovino em substituição às turfas. Colocou-se o conjunto, assim preparado, no interior de um frasco de vidro, juntamente com outro copo plástico de 50 ml contendo 10 ml de NaOH 1,0N.

A cada 7 dias substituiu-se o copo contendo soda e se determinava a soda remanescente por titulação com HCl de concentração previamente determinada. Através destes

dados determinou-se o conteúdo de CO_2 que evoluía de cada sistema pela mineralização da matéria orgânica (CERRI, s.d.).

3.10. Análise estatística

Submeteram-se os resultados relativos a cada variável estudada, à análise de variância, para a qual se utilizou o teste F, comparando-se as médias através do teste de Duncan aos níveis de 1% e 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da disponibilidade do cobre pela análise das plantas de arroz

Esta avaliação foi realizada considerando-se separadamente a concentração e a quantidade total de cobre na parte aérea das plantas de arroz, sem a panícula, e nos grãos (Tabela 3), que correspondem a elaboração do Apêndice 1.

4.1.1. Concentração e quantidade total de cobre na parte aérea das plantas de arroz

A análise de variância para a concentração de cobre na parte aérea das plantas (Tabela 4) mostra que houve efeito significativo somente para os diferentes solos estudados: Latossolo Vermelho-Escuro, Terra Roxa Estruturada e Areia Lavada. Pelo teste de Duncan ao nível de 1% (Tabela 5), observa-se que a maior concentração

Tabela 3. Concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades.

Tratamento (1)	cobre			zinco		
	conc. parte aérea	quant. parte aérea	conc. grãos	conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos
	ppm	µg/vaso	ppm	ppm	µg/vaso	ppm
T1	4,7	187,0	3,5	123,2	4946,9	73,8
T2	4,3	5,8	---	173,0	233,0	---
T3	4,3	5,0	---	165,3	193,8	---
Ar-D1-T1	5,6	15,6	5,8	253,6	700,8	82,3
AR-D1-T2	5,8	16,1	5,2	224,9	619,5	86,1
AR-D1-T3	6,2	17,8	5,0	246,2	712,8	81,4
AR-D2-T1	6,3	28,9	5,6	235,1	1125,8	82,1
AR-D2-T2	5,6	19,5	5,4	243,9	845,7	81,0
AR-D2-T3	5,6	19,7	5,7	238,4	828,8	83,6
AR-D3-T1	6,4	35,3	5,1	234,9	1299,2	81,2
AR-D3-T2	5,5	21,5	5,5	239,9	941,0	83,5
AR-D3-T3	5,4	22,3	5,6	238,2	977,2	80,2
AR-TESTE	5,5	13,4	5,1	231,0	558,9	79,9
LE-D1-T1	9,8	88,5	6,6	155,4	1398,3	70,3
LE-D1-T2	10,6	95,7	6,3	165,9	1501,9	67,9
LE-D1-T3	10,6	95,3	6,4	153,1	1376,8	70,3
LE-D2-T1	10,7	101,4	6,6	157,7	1492,1	71,4
LE-D2-T2	10,1	91,8	6,8	156,2	1424,3	72,8
LE-D2-T3	9,8	89,3	6,7	145,8	1329,5	71,2
LE-D3-T1	10,5	103,7	6,3	151,0	1486,1	71,3
LE-D3-T2	10,2	93,6	6,3	143,5	1319,1	70,8
LE-D3-T3	10,2	90,3	6,6	154,8	1389,5	71,8
LE-TESTE	10,8	97,2	6,4	147,4	1331,0	72,8
TR-D1-T1	15,3	182,6	10,1	155,7	1852,3	51,3
TR-D1-T2	15,7	183,5	10,3	160,5	1873,0	53,7
TR-D1-T3	15,3	167,7	10,2	158,5	1698,0	54,8
TR-D2-T1	15,7	194,7	10,7	151,9	1888,4	49,7
TR-D2-T2	15,3	174,3	9,8	157,8	1801,9	51,8
TR-D2-T3	15,6	178,2	10,2	154,9	1770,8	53,4
TR-D3-T1	15,6	200,4	10,0	154,7	1998,7	56,1
TR-D3-T2	14,9	171,8	10,6	153,8	1769,9	51,4
TR-D3-T3	15,3	183,1	9,5	152,4	1816,9	54,1
TR-TESTE	14,8	169,9	10,1	147,8	1684,2	50,9

(1) T1: turfa 1; T2: turfa 2; T3: turfa 3

AR: Areia Lavada; LE: Latossolo Vermelho Escuro;

TR: Terra Roxa Estruturada

D1: dose 15 t/ha; D2: dose 30 t/ha; D3: dose 45 t/ha

Tabela 4. Análise de variância para a concentração de cobre em ppm, na parte aérea das plantas de arroz

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	1632,310	816,155	1863,511	0,00001
TURFA	2	0,559	0,279	0,639	0,53549
DOSES	3	0,596	0,198	0,453	0,71931
SOL*TUR	4	0,177	0,044	0,101	0,97854
SOL*DOS	6	4,815	0,802	1,832	0,10414
TUR*DOS	6	3,941	0,656	1,500	0,18976
SOL*TUR*DOS	12	1,647	0,137	0,313	0,98451
RESIDUO	72	31,533	0,437		
TOTAL	107	1675,582			

MEDIA GERAL = 10,4

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,3 %

Tabela 5. Concentração de cobre em ppm, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa	36	15,2	a	A
Latossolo V.E.	36	10,3	b	B
Areia Lavada	36	5,7	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

ocorreu nas plantas cultivadas na Terra Roxa Estruturada, seguindo-se as cultivadas no Latossolo Vermelho-Escuro e na Areia Lavada. Esse resultado mostra haver acentuadas diferenças entre os solos quanto à disponibilidade de cobre para as plantas. A Terra Roxa Estruturada tem como substrato o basalto que, normalmente, forma solos com teores de cobre suficientes para o suprimento das plantas; já o Latossolo Vermelho-Escuro tem como substrato o

Arenito Caiuá que, normalmente, forma solos pobres em relação ao micronutriente em estudo (LUCHESE, 1985).

A não existência de efeito significativo para a aplicação de turfa, um dos objetivos do presente trabalho, mostrou que este produto orgânico não alterou a disponibilidade de cobre dos solos para as plantas em estudo.

Considerando-se agora a quantidade total de cobre extraído pelas plantas por vaso, notou-se que houve efeito significativo ao nível de 1% para solos, turfas, doses de turfa e doses x tipo de turfa (Tabela 6). As plantas cultivadas em Terra Roxa Estruturada apresentaram a maior média de cobre absorvido por vaso, seguida pelo Latossolo Vermelho-Escuro e Areia Lavada, (Tabela 7); este resultado é coerente com o encontrado para a concentração de cobre no tecido das plantas. A quantidade total de cobre na planta foi maior ao adicionar-se a turfa 1, seguindo-se as turfas 2 e 3 (Tabela 8). Avaliando-se o efeito das turfas, dentro das respectivas doses estudadas, verifica-se que a influência não foi significativa para a dose mais baixa de 15 t/ha. As doses de 30 e 45 t/ha de turfa 1 conferiram maior quantidade total de cobre para a planta que as de turfa 2 e 3, as quais não diferiram entre si ao nível de 5% (Tabelas 9, 10 e 11). As doses de 30 e 45 t/ha mostraram-se as mais eficientes pelo teste de Duncan ao nível de 5% (Tabela 12).

Tabela 6.Análise de variância para quantidade total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz

CAUSAS DA VAR.	G.L	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	469347,494	234673,747	1723,041	0,00001
TURFA	2	2096,738	1048,369	7,697	0,00127
DOSES	3	1766,311	588,770	4,322	0,00756
SOL*TUR	4	1089,480	272,370	1,999	0,10270
SOL*DOS	6	1556,735	259,455	1,905	0,09103
TUR*DOS	6	2444,261	407,376	2,991	0,01155
SOL*TUR*DOS	12	1365,305	113,775	0,835	0,61493
RESIDUO	72	9806,210	136,197		
TOTAL	107	489472,537			

MEDIA GERAL = 98,6

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 11,8 %

Tabela 7.Concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	181,0	a	A
Latossolo V.E.	36	95,0	b	B
Areia Lavada	36	19,7	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 8.Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Túrfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	36	104,8	a	A
Turfa 2	36	95,6	b	B
Turfa 3	36	95,3	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 9.Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 15 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 2	9	98,4	a	A
Turfa 1	9	95,5	a	A
Turfa 3	9	93,6	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 10.Efeito das turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 30 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. Rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	9	117,2	a	A
Turfa 2	9	95,6	b	B
Turfa 3	9	95,2	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 11.Efeito das turfas na concentração quantidade total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da dose de 45 t/ha, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	9	113,1	a	A
Turfa 2	9	98,5	b	AB
Turfa 3	9	95,6	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 12. Efeito das doses de turfas na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	27	102,6	a	A
45 t/ha	27	102,4	a	A
15 t/ha	27	95,8	b	AB
0 t/ha	27	93,466	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Este efeito apresentou-se para a turfa 1 (Tabela 13) mas não para as demais (Tabelas 14 e 15), provavelmente devido ao maior desenvolvimento das plantas pela aplicação dessa turfa.

Ao avaliar-se a quantidade de cobre total absorvido pelas plantas, em relação às doses e tipo de turfa, a turfa 1 novamente destacou-se ao fornecer quantidades maiores de cobre total para as plantas, quando aplicadas nas doses 30 e 45 t/ha (Tabelas 16, 17 e 18).

Considerando-se a quantidade de cobre total das três turfas (19,8; 15,7 e 15,1 ppm) (Tabela 79), torna-se pouco provável que sua aplicação, mesmo que acontecesse uma mineralização total durante o período em que se manteve o experimento na casa de vegetação, tenha possibilitado um incremento substancial no conteúdo de cobre no solo.

Um fator a ser considerado no presente

Tabela 13.Efeito das doses de turfa 1 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	117,2	a	A
45 t/ha	9	113,1	a	A
15 t/ha	9	95,5	b	B
0 t/ha	9	93,4	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 14.Efeito das doses de turfa 2 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	9	98,4	a	A
45 t/ha	9	95,6	a	A
30 t/ha	9	95,2	a	A
0 t/ha	9	93,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 15.Efeito das doses de turfa 3 na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	98,5	a	A
30 t/ha	9	95,6	a	A
15 t/ha	9	93,6	a	A
0 t/ha	9	93,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 16.Efeito das doses na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	117,2	a	A
45 t/ha	9	113,1	a	A
15 t/ha	9	95,5	b	B
0 t/ha	9	93,4	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 17.Efeito das doses na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	9	98,4	a	A
45 t/ha	9	95,6	a	A
30 t/ha	9	95,2	a	A
0 t/ha	9	93,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 18.Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	98,5	a	A
30 t/ha	9	95,6	a	A
15 t/ha	9	93,6	a	A
0 t/ha	9	93,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

estudo é a complexação do cobre pela matéria orgânica incorporada ao solo quando da aplicação das turfas. Isso poderia reduzir a disponibilidade deste elemento para as plantas, principalmente levando-se em conta que o cobre é o micronutriente mais fortemente retido ao ser complexado pela matéria orgânica (STEVENSON & ARDAKANI, 1972).

O húmus tem em média 58% de carbono orgânico, de modo que a percentagem de carbono multiplicada por 1,72 é, aproximadamente, igual ao conteúdo de matéria orgânica no solo (RAIJ, 1981). Como a turfa retirada da camada superficial apresenta um conteúdo de matéria orgânica de 43,7% (Tabela 1), o tratamento de 45 t/ha dessa turfa ao incorporar 2,25% da mesma aos solos em estudo, colocaria cerca de 1% de matéria orgânica no referido meio. Assim, como os solos utilizados apresentavam conteúdos de matéria orgânica entre 3,6% e 4,0%, aproximadamente (Tabela 1), os solos tiveram um razoável incremento no conteúdo de matéria orgânica. No caso da Areia Lavada, por ser praticamente isenta de matéria orgânica, o aumento foi extremamente grande.

A partir dessas colocações, poder-se-ia esperar uma diminuição na disponibilidade de cobre para o arroz, o que não ocorreu. A não caracterização desse resultado pode ligar-se a uma baixa atividade das turfas em função da grande estabilidade do material utilizado, nas condições em que se realizou o experimento.

Para caracterizar a estabilidade do material turfoso utilizado, realizou-se um estudo paralelo através do qual determinou-se seu fator de mineralização, comparando-o ao do esterco de ave e ao de boi. A avaliação feita pela evolução de CO_2 (Figura 1) mostrou que, em relação aos estercos, as turfas apresentaram evolução de CO_2 muito pequena; somente nas primeiras semanas as turfas utilizadas apresentaram uma mineralização mais consistente, com um melhor desempenho para a turfa 1 (Figura 2). Ao se relacionar as turfas separando-as em três classes granulométricas, as porções mais finas, menores que 0,25 mm, destacaram-se das demais, porém, a liberação de CO_2 ainda foi muito baixa quando comparada ao dos dejetos animais (Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Na segunda semana, a turfa 1, de menor granulometria, manteve uma tendência de apresentar um fator de mineralização superior ao das demais. Porém, a partir da terceira semana, as turfas de fração granulométrica mais fina apresentaram resultados semelhantes entre si e muito baixos (Figura 9).

Vê-se na Tabela 1 que as relações C/N das turfas utilizadas (13,51; 12,37 e 11,28 para as turfas 1, 2 e 3 respectivamente) mostram uma tendência à estabilização à medida que se aprofunda no perfil da turfeira em estudo; deste modo, a turfa 1 é a que possui maior probabilidade de apresentar mineralização com consequente liberação de nutrientes para o meio.

Figura 1. Evolução de CO_2 para as turfas, nas condições em que foram incorporadas ao solo no experimento, e para os esterco de ave e de boi.

Figura 2. Evolução de CO_2 para as turfas, nas condições em que foram incorporadas ao solo no experimento.

Figura 3. Evolução de CO₂ para a turfa 1 (T1) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi.

Figura 4. Evolução de CO₂ para a turfa 1 (T1) separada em 3 frações granulométricas.

Figura 5. Evolução de CO_2 para a turfa 2 (T2) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi.

Figura 6. Evolução de CO_2 para a turfa 2 (T2) separada em 3 frações granulométricas.

Figura 7. Evolução de CO_2 para a turfa 3 (T3) separada em três frações granulométricas, e para esterco de ave e boi.

Figura 8. Evolução de CO_2 para a turfa 3 (T3) separada em 3 frações granulométricas.

Figura 9. Evolução de CO_2 para as turfas 1, 2 e 3, na fração granulométrica mais fina.

Se, por um lado, as turfas apresentam baixa taxa de mineralização, por outro, devem exercer efeitos mais prolongados, sobre o solo que outros adubos orgânicos mais prontamente decomponíveis, como os esterco utilizados neste estudo.

4.1.2. Concentração de cobre nos grãos de arroz

As tabelas 19 e 20 mostram que, à semelhança do observado com a concentração de cobre na parte aérea, houve efeito significativo dos solos na concentração de cobre nos grãos de arroz, com maior média para a Terra Roxa

Estruturada, seguida do Latossolo Vermelho-Escuro e Areia Lavada. A natureza da turfa e suas doses não tiveram influência nessa variável.

Tabela 19. Análise de variância para concentração de cobre nos grãos de arroz

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	457,642	228,821	507,551	0,00001
TURFA	2	0,039	0,019	0,043	0,95778
DOSES	3	1,280	0,426	0,946	0,57561
SOL*TUR	4	0,219	0,054	0,121	0,97142
SOL*DOS	6	0,462	0,077	0,170	0,98230
TUR*DOS	6	1,325	0,220	0,490	0,81497
SOL*TUR*DOS	12	2,598	0,216	0,480	0,92000
RESIDUO	72	32,460	0,450		
TOTAL	107	497,027			

MEDIA GERAL = 7,3

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 9,1 %

Tabela 20. Concentração de cobre em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nos grãos de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	10,1	a	A
Latossolo V.E.	36	6,4	b	B
Areia Lavada	36	5,3	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

4.2. Avaliação da disponibilidade do zinco pela análise das plantas de arroz

Este parâmetro, à semelhança do procedimento descrito para o cobre, foi avaliado através da concentração e da quantidade total de zinco na parte aérea das plantas de arroz sem a panícula, e concentração nos grãos (Tabela 3).

4.2.1. Concentração e quantidade total de zinco na parte aérea das plantas de arroz

A análise de variância revelou efeito significativo ao nível de 1% para solos e doses de turfa (Tabela 21), não havendo influência das turfas sobre a concentração de zinco na planta. As menores concentrações de zinco ocorreram nas plantas cultivadas na Terra Roxa Estruturada e no Latossolo Vermelho-Escuro, as quais não diferiram entre si (Tabela 22). A Areia Lavada conferiu concentração mais elevada, resultado aparentemente paradoxal. Nesse solo, contudo, o desenvolvimento das plantas de arroz foi limitado, resultando pequena quantidade de matéria seca (Tabela 104) e diminuindo o efeito da diluição do zinco absorvido ou proveniente da semente. Esse efeito tem sido observado com certa frequência na literatura (OLSEN, 1972), contudo, note-se

Tabela 21. Análise de variância para concentração de zinco na parte aérea das plantas de arroz

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	171903,603	85951,803	750,098	0,00001
TURFA	2	15,859	7,929	0,069	0,93280
DOSES	3	1424,523	474,841	4,143	0,00924
SOL*TUR	4	199,995	49,998	0,436	0,78417
SOL*DOS	6	79,330	13,221	0,115	0,99290
TUR*DOS	6	302,448	50,408	0,439	0,85043
SOL*TUR*DOS	12	1814,229	151,185	1,319	0,22642
RESIDUO	72	8250,291	114,587		
TOTAL	107	183990,284			

MEDIA GERAL = 181,0

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 5,9 %

Tabela 22. Concentração de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Areia Lavada	36	237,4	a	A
Terra Roxa Est.	36	153,4	b	B
Latossolo V.E.	36	152,1	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

que não ocorreu no caso do cobre, conforme discutiu-se anteriormente.

O teste de Duncan ao nível de 5% revelou que as concentrações de zinco nas plantas tratadas com 15, 30 e 45 t/ha de turfa não diferiram entre si (Tabela 23) mas apresentaram resultado superior ao das plantas não tratadas; inexplicavelmente, a dose maior, 45 t/ha, não se diferenciou da dose zero t/ha.

Tabela 23. Efeito das doses de turfas na concentração de zinco em ppm, na parte aérea das plantas de arroz avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	27	185,6	a	A
30 t/ha	27	182,4	a	AB
45 t/ha	27	180,3	ab	AB
0 t/ha	27	175,6	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Para a quantidade total de zinco na parte aérea houve efeito significativo, ao nível de 5%, para todos os parâmetros estudados (Tabela 24). O teste de Duncan revelou que os solos se comportaram diferentemente (Tabela 25), ou seja, a quantidade total de zinco mostrou-se maior nas plantas cultivadas na Terra Roxa Estruturada, intermediária naquelas desenvolvidas no Latossolo Vermelho-Escuro e menor na Areia Lavada. Esses resultados confirmam o efeito de diluição discutido anteriormente. Embora a quantidade total de zinco absorvida no cultivo em Terra Roxa Estruturada fosse maior que a absorvida a partir da Areia Lavada, a concentração foi menor.

O comportamento dos solos, avaliados separadamente para cada uma das turfas estudadas, não sofreu alteração, pois a maior média de zinco total ocorreu nas plantas cultivadas na Terra Roxa Estruturada

Tabela 24.Análise de variância para a quantidade total de zinco por vaso na parte aérea das plantas de arroz

C.DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	17066227,385	8533113,692	1013,837	0,00001
TURFA	2	317256,056	158628,028	18,846	0,00001
DOSES	3	1026575,189	342191,729	40,656	0,00001
SOL*TUR	4	92898,722	23224,680	2,759	0,03353
SOL*DOS	6	672863,919	112143,986	13,324	0,00001
TUR*DOS	6	275938,376	45989,729	5,464	0,00023
SO*TU*DO	12	200798,042	16733,170	1,988	0,03743
RESIDUO	72	605998,443	8416,645		
TOTAL	107	20258556,135			

MEDIA GERAL = 1326,9

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,9

Tabela 25.Concentração total de zinco em μg /vaso na parte aérea das plantas de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	1777,7	a	A
Latossolo V.E.	36	1392,5	b	B
Areia Lavada	36	810,6	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

e a menor naquelas desenvolvidas na Areia Lavada (Tabelas 26, 27 e 28). O mesmo comportamento foi verificado quando os solos foram avaliados para cada uma das doses de turfa aplicadas (Tabelas 29 a 32) e para todas as combinações de doses e de turfa estudadas (Tabelas 33 a 42). Isso mostra que esses resultados devem-se a diferença de fertilidade existente entre os solos, e não à ação das turfas sobre os mesmos.

Tabela 26.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	12	1855,9	a	A
Latossolo V. E.	12	1426,8	b	B
Areia Lavada	12	921,2	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 27.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	12	1782,2	a	A
Latossolo V. E.	12	1394,0	b	B
Areia Lavada	12	741,2	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 28.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	12	1694,9	a	A
Latossolo V. E.	12	1356,6	b	B
Areia Lavada	12	769,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 29.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro de zero t/ha de turfa, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	1684,2	a	A
Latossolo V.E.	9	1331,0	b	B
Areia Lavada	9	559,0	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 30.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro de 15 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	1744,4	a	A
Latossolo V.E.	9	1425,6	b	B
Areia Lavada	9	677,6	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 31.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro da dose de 30 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	1820,3	a	A
Latossolo V.E.	9	1415,3	b	B
Areia Lavada	9	933,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 32.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, nas plantas de arroz dentro da dose de 45 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	1861,8	a	A
Latossolo V.E.	9	1398,2	b	B
Areia Lavada	9	1072,5	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 33.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro das turfas 1, 2 e 3 do fator turfa e zero do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1684,2	a	A
Latossolo V. E.	3	1331,0	b	B
Areia Lavada	3	559,0	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 34.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, do fator turfa e 15 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1852,3	a	A
Latossolo V. E.	3	1398,2	b	B
Areia Lavada	3	700,7	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 35.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, do fator turfa e 30 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1888,3	a	A
Latossolo V. E.	3	1492,1	b	B
Areia Lavada	3	1125,8	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 36.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 1, do fator turfa e 45 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1998,7	a	A
Latossolo V. E.	3	1486,0	b	B
Areia Lavada	3	1299,2	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 37.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2, do fator turfa e 15 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1872,9	a	A
Latossolo V. E.	3	1501,9	b	B
Areia Lavada	3	619,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 38.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2, do fator turfa e 30 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1801,9	a	A
Latossolo V. E.	3	1424,3	b	B
Areia Lavada	3	845,6	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 39.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 2, do fator turfa e 45 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1769,8	a	A
Latossolo V. E.	3	1319,0	b	B
Areia Lavada	3	914,0	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 40.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3, do fator turfa e 15 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1508,0	a	A
Latossolo V. E.	3	1376,7	b	B
Areia Lavada	3	712,7	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 41.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3, do fator turfa e 30 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1770,7	a	A
Latossolo V. E.	3	1329,4	b	B
Areia Lavada	3	828,7	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 42.Concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro da turfa 3, do fator turfa e 45 t/ha do fator dose, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	3	1816,9	a	A
Latossolo V. E.	3	1389,5	b	B
Areia Lavada	3	977,2	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

A turfa 1 foi superior, em termos de quantidade de zinco retirado pelas plantas, as turfas 2 e 3 não se diferenciaram entre si (Tabela 43). Esse resultado, provavelmente, deve-se a maior produção de matéria seca das plantas cultivadas em solos que receberam a turfa 1. Esse efeito mostrou-se mais evidente quando da aplicação dessa turfa na Areia Lavada que, por apresentar baixa fertilidade, respondeu prontamente à referida adubação (Tabela 44), no Latossolo Vermelho-Escuro não houve

diferenças entre as turfas (Tabela 45) e na Terra Roxa Estruturada, segundo o teste de Duncan a 5%, as turfas 1 e 2, que não se diferenciaram entre si, foram superiores a turfa 3 ao conferirem maior absorção de zinco pelas plantas (Tabela 46); esse resultado não era esperado, face a maior fertilidade desse solo.

Tabela 43. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	36	1401,3	a	A
Turfa 2	36	1305,8	b	B
Turfa 3	36	1273,7	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 44. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	12	921,2	a	A
Turfa 3	12	769,4	b	B
Turfa 2	12	741,2	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 45.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan.

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	12	1426,8	a	A
Turfa 2	12	1394,0	a	A
Turfa 3	12	1356,6	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 46.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	12	1855,9	a	A
Turfa 2	12	1782,2	a	AB
Turfa 3	12	1694,9	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

De modo geral, quando se analisou o efeito das turfas dentro de doses e solos, a turfa 1 diferenciou-se das demais nas doses maiores, quando avaliada pelo teste de Duncan a nível de 5% (Tabelas 47 a 58).

Tabela 47. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	9	1331,4	a	A
Turfa 2	9	1317,1	a	A
Turfa 3	9	1199,1	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 48. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 30 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	9	1502,1	a	A
Turfa 2	9	1357,3	b	B
Turfa 3	9	1309,6	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 49. Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, dentro de 45 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	9	1594,6	a	A
Turfa 3	9	1394,5	b	B
Turfa 2	9	1343,3	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 50.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 3	3	712,7	a	A
Turfa 1	3	700,7	a	A
Turfa 2	3	619,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 51.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e 30 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1125,8	a	A
Turfa 2	3	845,6	b	B
Turfa 3	3	828,7	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 52.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e 45 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1299,2	a	A
Turfa 3	3	977,2	b	B
Turfa 2	3	941,0	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 53.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 2	3	1501,9	a	A
Turfa 1	3	1389,2	a	A
Turfa 3	3	1376,7	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 54.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e 30 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1492,1	a	A
Turfa 2	3	1424,3	ab	B
Turfa 3	3	1329,4	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 55.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e 45 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1486,0	a	A
Turfa 3	3	1389,5	ab	A
Turfa 2	3	1319,0	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 56.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e 15 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 2	3	1872,9	a	A
Turfa 1	3	1852,3	a	A
Turfa 3	3	1508,0	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 57.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e 30 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1888,3	a	A
Turfa 2	3	1801,9	a	A
Turfa 3	3	1770,7	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 58.Efeito das turfas na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e 45 t/ha do fator dose, avaliado pelo teste de Duncan

Turfa	Num. rep.	Médias	5%	1%
Turfa 1	3	1998,7	a	A
Turfa 3	3	1816,9	b	AB
Turfa 2	3	1769,8	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

As doses de turfa proporcionaram aumentos progressivos e significativos na quantidade total de zinco absorvido, quando comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% (Tabela 59). Normalmente, a turfa 1 apresentou maior influência e as respostas evidenciaram-se mais quando o solo empregado era a Areia Lavada (Tabelas 60 a 74). Isso se deve a maior produção de matéria seca à medida que a dose de turfa aumenta, provocando um aumento na quantidade de zinco total por vaso, embora a concentração tenha diminuído devido ao efeito da diluição.

Tabela 59. Efeito da doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	27	1444,1	a	A
30 t/ha	27	1389,6	b	A
15 t/ha	27	1282,5	c	B
0 t/ha	27	1191,4	d	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 60. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	1072,5	a	A
30 t/ha	9	933,4	b	B
15 t/ha	9	677,6	c	C
0 t/ha	9	559,0	d	D

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 61.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	9	1425,6	a	A
30 t/ha	9	1415,3	ab	A
45 t/ha	9	1398,2	ab	A
0 t/ha	9	1331,0	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 62.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	1861,8	a	A
30 t/ha	9	1820,3	ab	A
15 t/ha	9	1744,4	bc	AB
0 t/ha	9	1684,2	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 63.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	1594,6	a	A
30 t/ha	9	1502,1	b	B
15 t/ha	9	1317,1	c	C
0 t/ha	9	1191,4	d	D

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 64. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	1357,3	a	A
45 t/ha	9	1343,3	a	A
15 t/ha	9	1331,4	a	A
0 t/ha	9	1191,4	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 65. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	9	1394,5	a	A
30 t/ha	9	1309,6	a	AB
15 t/ha	9	1199,1	b	B
0 t/ha	9	1191,4	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 66. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	1299,2	a	A
30 t/ha	3	1125,8	b	A
15 t/ha	3	700,7	c	B
0 t/ha	3	559,0	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 67.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	941,0	a	A
30 t/ha	3	845,6	a	A
15 t/ha	3	619,4	b	B
0 t/ha	3	559,0	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 68.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Areia Lavada do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	977,2	a	A
30 t/ha	3	828,7	ab	AB
15 t/ha	3	712,7	b	BC
0 t/ha	3	559,0	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 69.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho Escuro do fator solo e turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	3	1492,1	a	A
45 t/ha	3	1486,0	a	A
15 t/ha	3	1398,2	a	A
0 t/ha	3	1331,0	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 70.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	3	1501,9	a	A
30 t/ha	3	1424,3	ab	A
0 t/ha	3	1331,0	b	A
45 t/ha	3	1319,0	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 71.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, no Latossolo Vermelho-Escuro do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	1389,5	a	A
15 t/ha	3	1376,7	a	A
0 t/ha	3	1331,0	a	A
30 t/ha	3	1329,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 72.Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 1 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	1998,7	a	A
30 t/ha	3	1888,3	a	AB
15 t/ha	3	1852,3	a	AB
0 t/ha	3	1684,2	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 73. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 2 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	3	1872,9	a	A
30 t/ha	3	1801,9	ab	A
45 t/ha	3	1769,8	ab	A
0 t/ha	3	1684,2	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Tabela 74. Efeito das doses de turfa na concentração total de zinco em $\mu\text{g}/\text{vaso}$, na parte aérea das plantas de arroz, na Terra Roxa Estruturada do fator solo e turfa 3 do fator turfa, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
45 t/ha	3	1816,9	a	A
30 t/ha	3	1770,7	a	A
0 t/ha	3	1684,2	a	AB
15 t/ha	3	1508,0	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Pelos dados obtidos, pode dizer-se que, de modo semelhante ao ocorrido com o cobre, a possibilidade de as turfas reduzirem a disponibilidade de zinco do solo devido à complexação conforme descrevem STEVENSON & ARDAKANI (1972), não ficou caracterizada.

4.2.2. Concentração de zinco nos grãos de arroz

O efeito dos fatores estudados sobre a concentração de zinco nos grãos, avaliado pelo teste de Duncan ao nível de 1%, foi significativo apenas para o fator solo, conforme se observa na Tabela 75.

TABELA 75. Análise de variância para concentração de zinco no grão

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	15859,162	7929,581	677,278	0.00001
TURFA	2	1,997	0,998	0,085	0,91782
DOSES	3	17,226	5,742	0,490	0,69416
SOL*TUR	4	26,504	6,626	0,565	0,69135
SOL*DOS	6	141,101	23,516	2,008	0,07496
TUR*DOS	6	24,725	4,120	0,352	0,90635
SOL*TUR*DOS	12	111,161	9,263	0,791	0,65877
RESIDUO	72	842,976	11,708		
TOTAL	107	17024,855			

MEDIA GERAL = 68,5

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 4,9 %

Na Tabela 76 constata-se que as plantas cultivadas sobre a Areia Lavada apresentaram grãos com maior concentração de zinco, seguindo-se as desenvolvidas em Latossolo Vermelho-Escuro e Terra Roxa Estruturada. Nota-se que semelhante fato ocorreu com a concentração de zinco na parte aérea das plantas. Nesse caso, a explicação também pode estar no efeito da diluição do elemento, pois a massa seca das panículas foi influenciada

significativamente pelos solos (Tabelas 77 e 104), sendo maior para as plantas cultivadas em Terra Roxa Estruturada e menor para aquelas em Areia Lavada (Tabela 78). Nota-se que houve acentuada diferença entre as massas de panículas, as quais variaram entre 1,313 e 4,556 g; caracterizou-se portanto, um efeito de diluição de até quatro vezes.

Tabela 76. Concentração de zinco em ppm nos grãos de arroz, avaliada pelo teste de Duncan

solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Areia Lavada	36	81,7	a	A
Latossolo V.E.	36	71,3	b	B
Terra Roxa Est.	36	52,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 77. Análise de variância para peso da panícula

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	216,298	108,149	2520,942	0,00001
TURFA	2	0,803	0,401	9,360	0,00046
DOSES	3	4,420	1,473	34,348	0,00001
SOL*TUR	4	0,844	0,211	4,922	0,00177
SOL*DOS	6	2,036	0,339	7,912	0,00002
TUR*DOS	6	0,694	0,115	2,699	0,02005
SOL*TUR*DOS	12	2,165	0,180	4,205	0,00014
RESIDUO	72	3,088	0,042		
TOTAL	107	230,351			

MEDIA GERAL = 3,2

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,2

Tabela 78. Peso de panículas em g/vaso, das plantas de arroz, avaliado pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	4,5	a	A
Latossolo V.E.	36	3,9	b	B
Areia Lavada	36	1,3	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

4.3. Avaliação da disponibilidade de cobre para as plantas de arroz pela análise do solo

4.3.1. Concentração de cobre total no solo

Os teores de cobre total apresentados pelas amostras de solo e de turfa encontram-se na Tabela 79. A análise de variância (Tabela 80), mostra que, a semelhança dos resultados obtidos pela análise das plantas, encontrou-se efeito significativo ao nível de 1% para solos, doses e interação solo x dose.

O teste de Duncan (Tabela 81) revelou que os solos diferenciaram-se, sendo que a Terra Roxa Estruturada apresentou uma concentração bem maior de cobre total, seguida pelo Latossolo Vermelho-Escuro e Areia Lavada. Embora a interação solos e doses tenha sido significativa, o efeito de solo para cada uma das doses de

Tabela 79.Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades

AMOSTRA (1)	Cu total	Cu em HCl 0,1 N	Zn total	Zn em HCl 0,1 N
	ppm	ppm	ppm	ppm
T1	19,8	0,55	40,2	11,8
T2	15,7	0,40	14,3	9,3
T3	15,1	0,39	14,1	9,5
AR-D1-T1	13,5	0,44	8,3	2,1
AR-D1-T2	11,5	0,43	8,4	2,4
AR-D1-T3	12,3	0,43	8,2	2,2
AR-D2-T1	12,3	0,43	8,6	2,3
AR-D2-T2	11,7	0,45	8,4	2,1
AR-D2-T3	11,9	0,40	8,9	2,5
AR-D3-T1	12,6	0,43	8,5	2,2
AR-D3-T2	11,7	0,43	7,7	2,3
AR-D3-T3	11,3	0,42	9,1	2,3
AR-TESTE	11,6	0,44	8,8	2,1
LE-D1-T1	35,6	1,37	29,3	2,7
LE-D1-T2	35,1	1,43	28,9	2,6
LE-D1-T3	38,3	1,41	28,6	2,8
LE-D2-T1	34,7	1,42	28,8	2,7
LE-D2-T2	32,7	1,48	28,5	2,5
LE-D2-T3	35,1	1,40	30,4	2,7
LE-D3-T1	32,4	1,37	29,1	2,6
LE-D3-T2	34,8	1,41	28,6	2,5
LE-D3-T3	32,7	1,40	28,5	2,6
LE-TESTE	31,0	1,41	28,9	2,5
TR-D1-T1	320,2	18,7	149,8	8,7
TR-D1-T2	310,8	17,6	148,6	8,2
TR-D1-T3	313,9	17,0	149,3	8,5
TR-D2-T1	325,3	19,0	145,3	8,3
TR-D2-T2	313,8	17,7	156,1	8,5
TR-D2-T3	325,3	18,6	149,6	8,2
TR-D3-T1	318,1	17,6	150,0	8,4
TR-D3-T2	329,1	18,7	151,9	8,4
TR-D3-T3	315,1	17,4	145,2	8,7
TR-TESTE	304,7	16,6	147,6	8,1

(1) T1: turfa 1; T2: turfa 2; T3: turfa 3

AR: Areia Lavada; LE: Latossolo Vermelho-Escuro;

TR: Terra Roxa Estruturada

D1: dose 15 t/ha; D2: dose 30 t/ha; D3: dose 45 t/ha

Obs: Os resultados representam a média de 3 vasos.

Tabela 80.Análise de variância para concentração de cobre total nos solos

C.DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	2063780,906	10318990,453	28838,563	0,00001
TURFA	2	23,507	11,753	0,328	0,72591
DOSES	3	788,743	262,914	7,347	0,00042
SOL*TUR	4	34,307	8,576	0,239	0,91383
SOL*DOS	6	975,760	162,626	4,545	0,00082
TUR*DOS	6	327,387	54,564	1,524	0,18163
SO*TU*DO	12	387,542	32,295	0,902	0,54889
RESIDUO	72	2576,276	35,781		
TOTAL	107	2068894,432			

MEDIA GERAL = 120,3

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 4,9 %

Tabela 81.Concentração total de cobre em ppm nos solos, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	315,4	a	A
Latossolo V.E.	36	33,7	b	B
Areia Lavada	36	11,9	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

turfa estudadas foi o mesmo, isto é: a maior média foi para a Terra Roxa e a menor, para a Areia Lavada (Tabelas 82, 83, 84 e 85). Este resultado deve estar ligado a diferenças de fertilidade entre os solos utilizados.

Outro fator que se mostrou significativo foi a dose de turfa aplicada (Tabela 80). O teste de Duncan (Tabela 86) revelou que os teores de cobre total das amostras de solo tratadas com 15, 30 e 45 t/ha de turfa não

diferiram entre si, mas foram superiores ao da testemunha. A análise do efeito de doses em cada solo mostrou que esse efeito só foi significativo para a Terra Roxa Estruturada. Neste solo as doses maiores, 30 e 45 t/ha, conferiram maior teor de cobre total ao solo, do que a dose 15 t/ha, e esta, maior que a testemunha (Tabelas 87, 88 e 89).

Tabela 82.Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose zero t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solos	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	304,6	a	A
Latossolo V.E.	9	31,0	b	B
Areia Lavada	9	11,6	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 83.Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 15 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	315,0	a	A
Latossolo V.E.	9	36,3	b	B
Areia Lavada	9	12,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 84.Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 30 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	321,4	a	A
Latossolo V.E.	9	34,1	b	B
Areia Lavada	9	11,9	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 85.Concentração total de cobre em ppm nos solos, dentro da dose 45 t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	320,7	a	A
Latossolo V.E.	9	33,2	b	B
Areia Lavada	9	11,8	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 86.Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm no solo, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	27	122,5	a	A
45 t/ha	27	121,9	a	A
15 t/ha	27	121,2	a	A
0 t/ha	27	115,7	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 87.Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm na Terra Roxa Estruturada, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	321,4	a	A
45 t/ha	9	320,7	a	A
15 t/ha	9	315,0	b	A
0 t/ha	9	304,6	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 88.Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm no Latossolo Vermelho-Escuro, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
15 t/ha	9	36,3	a	A
30 t/ha	9	34,1	a	A
45 t/ha	9	33,2	a	A
0 t/ha	9	31,0	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 89.Efeito das doses de turfa na concentração total de cobre em ppm na Areia Lavada, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Média	5%	1%
15 t/ha	9	12,4	a	A
30 t/ha	9	11,9	a	A
45 t/ha	9	11,8	a	A
0 t/ha	9	11,6	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

4.3.2. Cobre extraído com HCl 0,1N

Os efeitos dos fatores estudados sobre os teores de cobre extraído com HCl 0,1N assemelharam-se aos verificados para o conteúdo total. Assim, a análise de variância (Tabela 90) mostrou que um dos fatores que foram significativos foi o fator solo, o que se esperava devido à diferente natureza dos solos estudados.

Tabela 90. Análise de variância para a quantidade de cobre extraído dos solos com HCl 0,1 N

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	6760,680	3380,340	11919,512	0,00001
TURFA	2	0,670	0,335	1,182	0,31229
DOSES	3	5,431	1,810	6,384	0,00096
SOL*TUR	4	1,335	0,000	1,177	0,32768
SOL*DOS	6	10,748	1,791	6,316	0,00008
TUR*DOS	6	2,537	0,422	1,491	0,19271
SOL*TUR*DOS	12	5,538	0,461	1,627	0,10284
RESIDUO	72	20,418	0,283		
TOTAL	107	6807,361			

MEDIA GERAL = 6,5
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 8,1%

Os solos diferenciaram-se entre si quanto ao teor de cobre disponível, pelo teste de Duncan a nível de 1% (Tabela 91). A Terra Roxa apresentou maior teor de cobre disponível, seguindo-se Latossolo Vermelho-Escuro e a Areia Lavada com teores respectivamente menores. Ao se avaliar o efeito do solos separadamente para cada dose de turfa,

constatou-se que foi significativo em todos os casos pelo teste de Duncan (Tabelas 92, 93, 94 e 95), com médias maiores para a Terra Roxa e menores para a Areia Lavada. Essas diferenças, à semelhança do ocorrido para o conteúdo total de cobre no solo, certamente, devem-se a própria natureza dos solos, e não ao conteúdo de cobre levado ao solo juntamente com as turfas.

Tabela 91.Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliada pelo teste Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	17,6	a	A
Latossolo V.E.	36	1,4	b	B
Areia Lavada	36	0,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 92.Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, dentro da dose zero t/ha, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	16,6	a	A
Latossolo V.E.	9	1,4	b	B
Areia Lavada	9	0,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 93.Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl
0,1 N, dentro da dose 15 t/ha, avaliada pelo
teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	17,8	a	A
Latossolo V.E.	9	1,4	b	B
Areia Lavada	9	0,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 94.Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl
0,1 N, dentro da dose 30 t/ha, avaliada pelo
teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	18,4	a	A
Latossolo V.E.	9	1,4	b	B
Areia Lavada	9	0,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 95.Quantidade de cobre em ppm extraído com HCl
0,1 N, dentro da dose 45 t/ha, avaliada pelo
teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	9	17,9	a	A
Latossolo V.E.	9	1,3	b	B
Areia Lavada	9	0,4	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Outro fator que mostrou efeito significativo sobre o teor de cobre extraído com HCl 0,1N foram as doses de turfa (Tabela 96). As doses de 15, 30 e 45 t/ha

Tabela 96. Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	27	6,7	a	A
45 t/ha	27	6,5	a	A
15 t/ha	27	6,5	a	A
0 t/ha	27	6,1	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

diferenciaram-se da dose de zero, evidenciando que a adição de turfa aos solos influenciou a quantidade do elemento extraído. É importante salientar que a extração com HCl 0,1N não correspondeu à extração pela planta, em termos de concentração, pois esse parâmetro, conforme já visto, não foi significativamente influenciado pelas doses de turfa (Tabela 4). Porém, se a extração com HCl 0,1 N for comparada com a quantidade total de cobre absorvida pela planta (Tabela 12), pode dizer-se que o extrator utilizado mostra-se eficiente para as doses mais altas.

Nota-se que o efeito da dose de turfa sobre o conteúdo de cobre extraído com HCl 0,1N assemelhou-se ao verificado sobre o conteúdo de cobre total, apresentando-se significativamente diferente entre a dose zero e as demais doses (Tabelas 86 e 96). Quando da utilização da Terra Roxa Estruturada (Tabela 97), o teor de cobre extraído com HCl 0,1N nas terras tratadas com 30 t/ha de turfa foi superior aos obtidos com as demais doses, inclusive com a de 45

t/ha; uma explicação para essa discrepância não pôde ser encontrada com a utilização do Latossolo Vermelho-Escuro e a Areia Lavada (Tabelas 98 e 99), as doses não diferenciaram-se entre si.

Tabela 97.Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, na Terra Roxa Estruturada, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	18,4	a	A
45 t/ha	9	17,9	b	A
15 t/ha	9	17,8	b	A
0 t/ha	9	16,6	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 98.Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, no Latossolo Vermelho-Escuro, avaliado pelo teste de Duncan

Dose	Num. rep.	Médias	5%	1%
30 t/ha	9	1,4	a	A
0 t/ha	9	1,4	a	A
15 t/ha	9	1,4	a	A
45 t/ha	9	1,3	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

Tabela 99. Efeito das doses de turfa na quantidade de cobre em ppm extraído com HCl 0,1 N, na Areia Lavada, avaliado pelo teste de Duncan

Doses	Num. rep.	Médias	5%	1%
0 t/ha	9	0,4	a	A
15 t/ha	9	0,4	a	A
30 t/ha	9	0,4	a	A
45 t/ha	9	0,4	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

É possível que os resultados encontrados neste experimento tenham sido nivelados ou limitados, não somente pela ocorrência da baixa mineralização das turfas, conforme discutido anteriormente, mas também pela falta de condições ideais para o crescimento das plantas de arroz. A impossibilidade da manutenção da temperatura ideal para um perfeito desenvolvimento das plantas, em suas diversas fases de crescimento, pode ter sido um fator limitante, pois, o arroz de sequeiro, caso do cultivar IAC-165, segundo FERREIRA et alii (1983), deve manter-se, nos períodos de germinação, perfilhamento e amadurecimento, com temperatura ótima na faixa de 20° a 35°C, 25° a 31°C e 20° a 25°C, e com temperaturas mínimas e máximas em torno de 10° e 45°C, 9° e 33°C, 12° e 33°C, respectivamente. A Figura 10 mostra que as temperaturas mínimas e máximas no período da germinação, primeira semana, ficaram em torno de 17° e 32°C; no perfilhamento, iniciado na sétima

semana, 10° e 39°C; no amadurecimento, últimas semanas, entre 16° e 44°C.

Figura 10. Temperaturas máximas e mínimas observadas durante o período de desenvolvimento do experimento.

Assim, nota-se que as temperaturas ocorridas durante o experimento não foram as ideais para o desenvolvimento das plantas em nenhuma das etapas. Essa limitação experimental pode ter levado as plantas a absorverem quantidades semelhantes de cobre, devido a um possível impedimento no desenvolvimento normal do potencial genético da variedade de arroz escolhida, provocando um nivelamento dos resultados.

4.4. Avaliação da disponibilidade de zinco para as plantas de arroz pela análise do solo

4.4.1. Concentração de zinco total no solo

Com relação ao conteúdo total de zinco nos solos, a análise de variância (Tabela 100) mostrou efeito significativo apenas para os solos, fenômeno esse, provavelmente, ligado a diferenças entre os solos utilizados quanto à fertilidade, conforme discutiu-se anteriormente.

Tabela 100. Análise de variância para concentração de zinco total no solo

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	415168,41	207584,20	11264,96	0,00001
TURFA	2	14,471	7,235	0,392	0,68226
DOSES	3	13,639	4,546	0,246	0,86420
SOL*TUR	4	59,653	14,913	0,809	0,52526
SOL*DOS	6	24,304	4,050	0,219	0,96804
TUR*DOS	6	57,553	9,592	0,520	0,79240
SOL*TUR*DOS	12	128,759	10,729	0,582	0,84977
RESIDUO	72	1326,774	18,427		
TOTAL	107	416793,573			

MEDIA GERAL = 62,1

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 6,9%

A Terra Roxa Estruturada, pelo teste de Duncan (Tabela 101), mostrou-se com maior quantidade de

zinco, seguindo-se o Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Lavada.

Tabela 101.Concentração total de zinco em ppm nos solos, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	149,0	a	A
Latossolo V.E.	36	28,9	b	B
Areia Lavada	36	8,5	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

4.4.2. Zinco extraído com HCl 0,1N

A análise de variância (Tabela 102) mostrou que a concentração de zinco extraído com HCl 0,1 N foi influenciada somente pelos solos, fato semelhante ao obtido para a concentração de zinco total.

O teste de Duncan (Tabela 103) revelou que a Terra Roxa Estruturada apresentou maior quantidade de zinco solúvel em HCl 0,1 N, seguida pelo Latossolo Vermelho-Escuro e Areia Lavada.

Tabela 102.Análise de variância para a quantidade de zinco extraído dos solos com HCl 0,1 N

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	846,177	423,088	3512,183	0,00001
TURFA	2	0,124	0,062	0,518	0,60302
DOSES	3	0,916	0,305	2,536	0,06231
SOL*TUR	4	0,107	0,026	0,223	0,92292
SOL*DOS	6	0,337	0,056	0,467	0,83145
TUR*DOS	6	0,078	0,013	0,108	0,99377
SOL*TUR*DOS	12	0,866	0,072	0,599	0,83616
RESIDUO	72	8,673	0,120		
TOTAL	107	857,282			

MEDIA GERAL = 4,3

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 7,9%

Tabela 103.Quantidade de zinco em ppm extraído com HCl 0,1 N, avaliada pelo teste de Duncan

Solo	Num. rep.	Médias	5%	1%
Terra Roxa Est.	36	8,3	a	A
Latossolo V.E.	36	2,6	b	B
Areia Lavada	36	2,2	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

4.5. Avaliação das plantas de arroz à aplicação das turfas

Embora não fosse o principal objetivo do presente trabalho, salienta-se que se obteve respostas bem definidas do arroz IAC-165 quando da aplicação de doses crescentes de turfa, tanto para a produção de matéria seca

da parte aérea, quanto para o peso de panículas (Tabela 104).

Em relação à produção de tecido na parte aérea, a análise de variância (Tabela 105) mostra efeitos significativos para todas as causas de variação, desde os solos até a interação solo x turfa x dose, a maioria ao nível de 1%, quando avaliadas pelo teste de Duncan. Resultado semelhante ocorreu em relação ao peso das panículas (Tabela 77).

Apesar da ocorrência de baixa mineralização nas turfas aplicadas, conforme discutiu-se em 4.1.1, é possível que esses materiais tenham liberado macronutrientes, provavelmente o nitrogênio, em quantidade suficiente para que ocorressem incrementos na produção. Não se pode descartar a possibilidade de a turfa ter contribuído para o desenvolvimento da planta ao melhorar importantes propriedades físicas e químicas do solo, como: aeração, retenção de água, retenção de cátions, tamponamento, etc..

O efeito das diferentes turfas, aplicadas em diferentes doses sobre a produção de matéria seca na parte aérea das plantas e panículas (Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16), mostra uma melhor resposta quando da aplicação da turfa 1, em relação às turfas 2 e 3. Esse resultado deve-se, provavelmente, à maior taxa de mineralização da referida turfa, caracterizada anteriormente através da

Tabela 104. Produção de matéria seca e panículas das plantas de arroz, cultivadas em diferentes solos, tratadas com doses crescentes de turfas, e pH

Tratamento (1)	matéria seca parte aérea	panícula	pH
	g	g	
T1	40,14	12,52	5,80
T2	1,35	---	5,79
T3	1,16	---	5,69
AR-D1-T1	2,76	1,09	5,54
AR-D1-T2	2,76	1,00	5,57
AR-D1-T3	2,89	0,95	5,61
AR-D2-T1	4,79	2,00	5,62
AR-D2-T2	3,50	1,24	5,63
AR-D2-T3	3,47	1,41	5,64
AR-D3-T1	5,54	2,27	5,68
AR-D3-T2	3,93	1,17	5,68
AR-D3-T3	4,10	1,86	5,72
AR-TESTE	2,42	0,92	5,07
LE-D1-T1	8,99	4,26	5,83
LE-D1-T2	9,05	4,03	5,84
LE-D1-T3	8,99	3,94	5,79
LE-D2-T1	9,46	3,73	5,80
LE-D2-T2	9,12	4,25	5,78
LE-D2-T3	9,09	4,48	5,84
LE-D3-T1	9,82	4,23	5,78
LE-D3-T2	9,20	4,09	5,82
LE-D3-T3	8,97	3,94	5,81
LE-TESTE	9,03	3,66	5,85
TR-D1-T1	11,90	4,49	5,86
TR-D1-T2	11,66	4,27	5,83
TR-D1-T3	10,95	4,45	5,85
TR-D2-T1	12,44	4,73	5,80
TR-D2-T2	11,42	4,35	5,82
TR-D2-T3	11,44	4,66	5,83
TR-D3-T1	12,92	4,91	5,84
TR-D3-T2	11,51	4,78	5,92
TR-D3-T3	11,93	4,56	5,93
TR-TESTE	11,37	4,49	5,97

(1) T1: turfa 1; T2: turfa 2; T3: turfa 3

AR: Areia Lavada; LE: Latossolo Vermelho-Escuro;

TR: Terra Roxa Estruturada

D1: dose 15 t/ha; D2: dose 30 t/ha; D3: dose 45 t/ha

Obs: Os resultados representam a média de 3 vasos

Tabela 105. Análise de variância para a matéria seca da parte aérea das plantas de arroz sem a panícula

CAUSAS DA VAR.	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
SOLO	2	1293,822	646,911	10822,154	0,00001
TURFA	2	7,335	3,667	61,361	0,00001
DOSES	3	18,956	6,318	105,705	0,00001
SOL*TUR	4	1,074	0,286	4,491	0,00303
SOL*DOS	6	10,181	1,696	28,387	0,00001
TUR*DOS	6	5,857	0,976	16,332	0,00001
SOL*TUR*DOS	12	1,941	0,161	2,706	0,00477
RESIDUO	72	4,303	0,059		
TOTAL	107	1343,473			

MEDIA GERAL = 8,0

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO = 3,0%

Figura 11. Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na areia lavada.

Figura 12. Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na areia lavada.

Figura 13. Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas no Latossolo Vermelho-Escuro.

Figura 14. Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas no Latossolo Vermelho-Escuro.

Figura 15. Produção de matéria seca pela parte aérea das plantas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na Terra Roxa Estruturada.

Figura 16. Produção de panículas de arroz, com a aplicação de doses crescentes de turfas na Terra Roxa Estruturada.

liberação de CO_2 (Figuras 1 e 2) liberando para o solo maior quantidade de macronutrientes; é o caso do nitrogênio e do fósforo, encontrados na turfa 1 em maior quantidade (Tabela 1).

Quando da utilização da Areia Lavada (Figuras 11 e 12), a resposta foi mais evidente do que nos casos em que se utilizou terra devido às limitadas condições de fertilidade daquele substrato.

Estes dados levam a considerar que, embora os resultados mostrados neste trabalho não empolguem em

relação ao cobre e o zinco, outros fatores merecem estudos mais criteriosos.

4.6. Comportamento das plantas de arroz cultivadas nas turfas

Os resultados obtidos nos tratamentos contendo apenas turfas permitiram verificar o comportamento das plantas de arroz quando cultivadas nesse substrato orgânico. Em relação à produção de matéria seca da parte aérea, sem panícula, a turfa 1 destacou-se das demais, com produção média de 40,14g contra 1,35g e 1,16g das turfas 2 e 3, respectivamente, (Tabela 104).

A produção de grãos, caracterizada pelo peso das panículas, apresentou resultados mais contrastantes. Na turfa 1 foi de 12,52g e nas turfas 2 e 3 não houve produção de grãos. Na Tabela 1, observa-se que o fósforo e o potássio apresentam-se em quantidades superiores na turfa 1, porém, provavelmente o potássio esteja limitando a produção para as turfas 2 e 3, já que os conteúdos de fósforo nestas, 2 e 3 ppm respectivamente, são suficientes para suprir as necessidades das plantas. Outras explicações para o ocorrido, analisando-se as respostas das análises de rotina (Tabela 1), são improváveis, pois adicionou-se cálcio em quantidade elevada, quando da calagem, a qual, além de suprir o referido elemento, deve ter eliminado a

toxidez de alumínio que, por estar mais alto na turfa 1, poderia ter comprometido a produção nesse substrato.

4.7. Conteúdo de metais tóxicos nas turfas

A preocupação deste trabalho, com relação à existência de metais tóxicos nas turfas utilizadas, justifica-se pela possibilidade de contaminação dos produtos agrícolas.

A grande maioria dos metais pesados ingeridos pelo ser humano apresenta efeitos cumulativos, ou seja, raramente causam problemas imediatos mas, com o tempo tornam-se extremamente perigosos. Quando da adição ao solo de adubos orgânicos provenientes de resíduos urbanos, há possibilidade da adição de quantidades elevadas de alguns destes metais, os quais, normalmente, provêm de despejos industriais. Mesmo assim, a legislação atual não obriga ao produtor ou ao consumidor destes adubos, a confeccionar um laudo analítico para constatar eventual existência destes contaminantes, em quantidade preocupante.

Considerando-se a origem das turfas, a princípio poder-se-ia dizer que contaminações com metais tóxicos não ocorrem neste material. Porém, como a turfa pode ser topógena, ou seja, encontrar-se sob o efeito das águas dos rios muitas vezes poluídas com quantidades não

raramente elevadas desses elementos, o seu emprego deve ser acompanhado de cuidados especiais.

No caso das águas do rio Paraná e seus afluentes, local de onde retiraram-se as turfas em estudo (Apêndice 3), metais, caso do mercúrio, aportam pela atividade antrópica, ou seja; aplicação de defensivos agrícolas mercuriais e exploração de ouro nos garimpos, entre outros. LENZI et alii (1991), analisando material recolhido do leito dos rios Paraná e Baía, encontraram em determinadas amostras concentrações de mercúrio de até 0,395 ppm; para o cromo, chumbo e cádmio, as determinações atingiram valores de até 70,9; 15,5 e 2,20 ppm, respectivamente.

A análise de cromo, cádmio e chumbo nas turfas estudadas não revelaram teores detectáveis desses metais, mostrando que esses materiais não apresentam problemas para a sua utilização agrícola, pelo menos até o presente momento.

5. CONCLUSÕES

5.1. Avaliando-se a disponibilidade do cobre, pela análise das plantas, depreende-se que:

a) A natureza (profundidade) das turfas e as diferentes doses desse material, aplicadas ao solo, não influenciaram a concentração de cobre na parte aérea e nos grãos de arroz.

b) A turfa 1 (0-20 cm), aplicada ao solo proporcionou maior quantidade total de cobre na planta que a turfa 2 (90-100 cm), e essa, maior que a turfa 3 (140-150 cm). A turfa 1 apresentou maior capacidade em acumular cobre nas plantas, quando da aplicação das doses maiores (30 e 45 t/ha).

5.2. Avaliando-se a disponibilidade do zinco, pela análise das plantas, depreende-se que:

a) A natureza das turfas não influenciou a concentração de zinco na parte aérea das plantas. As doses

de 15 ou 30 t/ha de turfa aumentaram o teor de zinco na parte aérea das plantas. Nos grãos, o teor de zinco não foi influenciado pela natureza (profundidade) da turfa ou por suas doses.

b) Quanto a natureza (profundidade), a Turfa 1 (0-20 cm) destacou-se das demais, principalmente quando se utilizou Areia Lavada. Doses crescentes de turfa apresentaram incrementos significativos na quantidade total de zinco absorvido pelas plantas.

5.3. Avaliando-se a disponibilidade do cobre, pela análise do solo, depreende-se que:

a) A aplicação de 15, 30 ou 45 t/ha de turfa aumentou a quantidade de cobre total, sem influência da natureza (profundidade) da turfa.

b) A aplicação de 15, 30 ou 45 t/ha de turfa, independentemente de sua natureza (profundidade), aumentou o cobre extraído com HCl 0,1N, para a Terra Roxa Estruturada; nos demais solos o efeito das doses não foi significativo.

5.4. Avaliando-se a disponibilidade de zinco, pela análise do solo, depreende-se que:

a) A natureza (profundidade) ou dose de turfa, não influenciou a concentração total de zinco ou o extraído com HCl 0,1N dos solos.

5.5. Avaliando-se o comportamento das plantas à aplicação das turfas, depreende-se que:

A aplicação de doses crescentes de turfa causou respostas positivas das plantas em relação a produção de matéria seca e grãos, com maior resposta quando da aplicação da turfa 1 (0-20 cm).

5.6. Avaliando-se o comportamento das plantas cultivadas nas turfas, depreende-se que:

a) As plantas cultivadas na turfa 1 (0-20 cm) produziram, em sua parte aérea, cerca de trinta vezes mais matéria seca que as cultivadas nas turfas 2 e 3 (90-100 e 140-150 cm), com produção de grãos apenas nas plantas da turfa 1.

5.7. Avaliando-se o conteúdo de elementos tóxicos nas turfas, depreende-se que:

As turfas estudadas não apresentaram concentrações mensuráveis dos elementos pesados como: cromo, cádmio e chumbo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAWAY, W. H. Agronomic controls over the environmental cycling trace elements. Advances in Agronomy, New York, 20: 235-74, 1968.
- ANDRIESSE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras. In: Simpósio nacional de solos orgânicos, Curitiba, 1984. Anais, Curitiba, MA/PROVARZEAS-EMBRATER SEAG/PARANA-ACARPA, 1984. p. 11-33.
- BAUER, A. & LINDSAY, W.L. The effect of soil temperature on the availability of indigenous soil zinc. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 29: 413-16. 1965.
- BINGHAM, F.T. Relation between phosphorus and micronutrients in plants. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 27: 389-91. 1969.
- BINGHAM, F. T. & GARBER, M. J. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23: 296-98. 1960.

- CARDOSO, A. Caracterização e classificação dos solos orgânicos. In: Simpósio nacional de solos orgânicos, Curitiba, 1984. Anais. Curitiba, MA/PROVARZEAS-EMBRATER SEAG/PARANA-ACARPA, 1984. p. 55-62.
- CERRI, C. C. Física de solos, comportamento e transformações da matéria orgânica. In: Simpósio nacional de solos orgânicos. Curitiba, 1984. Anais. Curitiba, MA/PROVARZEAS-EMBRATER SEAG/PARANA-ACARPA, 1984. p. 71-6.
- CERRI, C. C.; EDUARDO, B. de P.; CHONE, T.; ANDREUX, F. Matéria orgânica no solo. Piracicaba, ESALQ-CENA, s.d. 39p. (manual de aulas práticas)
- CHAUDHRY, F. M. & LONERAGAN, J. F. Effects of nitrogen, copper and zinc nutrition of wheat plants. Australian of Agriculture Research, Melbourne, 21: 865-79, 1970.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Manual de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.
- FASSBENDER, H. W. Química del suelos. Turrialba, Matilde de La Cruz, 1975. 397p.
- FARNHAM, R. S. & FINNEY, G. R. Classification and properties of organic soils. Advances in Agronomy, New York, 17: 115-62. 1965.

- FERREIRA, M. E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. Cultura do arroz de sequeiro. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato (EUA), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA), 1983. 81p.
- FREAR, D. S. H. Tratado de química agrícola. Buenos Aires, Salvat, 1956. V2, p. 382-98.
- FULLER, O. & FERNANDES, G. Importância do uso da turfa na produção agrícola do cerrado. Mineração Metalúrgica, Rio de Janeiro, 49(468): 56-7, 1985.
- HODGSON, J. F.; GEERING, H. R.; NORVELL, W. A. Micronutrient cation complexing in soil solution: partition between complexed and uncomplexed forms by solvent extraction. Soil Science Society of América Proceedings, Madison, 29: 665-69, 1965.
- HODGSON, J. F.; LINDSAY, W. L.; TRIERWEILIER, J. F. Micronutrient cation complexing in soil solution: II complexing of zinc and cooper in displaced solution from calcareous soil. Soil Science of America Proceeding, Madison, 30: 723-26, 1966.
- JONES JR., J. B. Plant tissue analysis for micronutrient. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 14, p. 329-41, 1972.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Livroceres Ltda, 1985. 492p.

- KRAUSCOFF, K. B. Geochemistry of micronutrients. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 2, p. 7-36, 1972.
- LANTMANN, A. F. Avaliação da disponibilidade de zinco do solo para o milho. Porto Alegre, 1979. 84p. (Mestrado - Agronomia/ UFRGS)
- LENZI, E.; LUCHESE, E.B.; RAUBER, T.; OLIVEIRA, M.A.; LANZIANI, A. Estudo preliminar da dinâmica de elementos inorgânicos tóxicos no remanso formado pelo rio Baía, afluente do rio Pananá, região de Porto Rico - PR. In: 3º Encontro nacional de estudos sobre o meio ambiente, Londrina, 1991. Anais. Londrina, SEDU UEL UEM UNESP CNPq SUREHMA, 1991. V. 2, P. 455-468.
- LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. J.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, Cap. 3, p. 41-57, 1972.
- LOPES, A. S. Solos sob cerrados; características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da potassa & Fosfato (E.U.A.), Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA), 1983. 162p.
- LUCAS, R. E. & KNEZEK, B. D. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. J.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science Society of America, Cap. 12, p. 265-83, 1972.

- LUCHESI, E. B. Disponibilidade do cobre e zinco para as plantas nos solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1985. 106p. (Mestrado - Agronomia/UFRGS)
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola nutrição e plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1976. 528 p.
- MCLAREN, R. G. & CRAWFORD, D. V. Studies on soil copper. II The specific absorption of copper by soils. Journal of Soil Science, London, 24: 443-45, 1973.
- MELA MELA, P. Tratado de edafologia. Madrid, Editorial Dossat S.A., 1954. 582 p.
- MEURER, E. J. Influência da calagem e da adubação fosfatada na produção e na absorção de Zn pelo milho em quatro solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1969. 67p. (Mestrado - Agronomia/UFRGS).
- MURPHY, L. S. & WALSH, L. M. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 15, p. 347-81, 1972.
- NELSON, J. L.; BOAWN, L. C.; VIETS, F. G. JR. A methods for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and "titratable alkalimetry" values Soil Science, Baltimore, 88: 275-83, 1959.
- NOGUEIRA, O. L.; PAIVA, J. B.; CRISOSTOMO, L. A. Deficiências de micronutrientes essenciais e toxidez de alumínio e manganês em feijão de corda. Pesquisa

- Agropecuária Brasileira. Brasília, 17(5): 663-69, 1982.
- OLSEN, S. R. Micronutrients interations. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 11, p. 243-61, 1972.
- PRICE, C. A.; CLARK, H. E.; FUNKHOUSER, E. A. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 10, p. 231-39, 1972.
- QUAGLIANO, J. V. & VALLARINO, L. M. Química. 3ª. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1979. 855p.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato (E.U.A). Instituto Internacional da Potassa (SUIÇA), 1981. 142p.
- SANCHEZ, P.A. Soil organic mater. In: SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropic. New York, John Wiley & Sons, Cap. V, 162-221, 1976.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análises Químicas em plantas. Piracicaba, Livrocerees Ltda, 1974. 56p.
- STEVENSON, F. J. & ARDAKANI, M. S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Science of America, Cap. 5, p. 79-110, 1972.

- SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 1973. 317 p.
- TECNOTEMA. Diagnóstico preliminar das ocorrências de turfa no Estado do Paraná, bloco 3, baixo Ivaí. Curitiba, Mineropar, 1982. 93p. (Relatório)
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 139p.(Boletim técnico, 5)
- TERMAN, G. L.; ALLEN, S. E.; BRADFORD, B. N. Reponse of corn to zinc as affected by nitrogen and phosphorus fertilizers. Soil Science of America Proceedings, Madison, 30(1): 119-24, 1966.
- TISDALE, S. L. & NELSON, W. L. Fertilidad del suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simon, 1970.
- TUCKER, T. C. & KURTZ, L. T. A comparasion of several chemical methods with the Bio-assay procedure for extracting zinc from soils. Soil Science Society Proceeding. Madison, 19: 477-81, 1955.
- VIETS, F. G.; BOAWN, L. C.; CRAWFORD, C. L. The effect of nitrogen and types of nitrogen carrier on plant uptake of indigenous and applied zinc. Soil Science society of America proceedings. Madison, 21(2): 181-97, 1971.
- VOLKWEISS, S. J. Influência do calcário no pH, alumínio, manganês e zinco em 19 solos do Rio Grande do

Sul e suas relações com o rendimento e absorção do
manganês e zinco pelo milho. Porto Alegre, 1970. 92p.
(Mestrado - Agronomia/UFRGS)

Apêndice 1. Produção de matéria seca e de panículas, concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos, das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades

trata- mento (1)	mat. seca part. aérea	paní- cula	cobre			zinco		
			conc.	quant.	conc.	conc.	quant.	conc.
			part. aérea	parte aérea	grãos	part. aérea	parte aérea	grãos
	g	g	ppm	µg	ppm	ppm	µg	ppm
T1	41,17	12,13	4,3	177,0	3,2	128,0	5269,8	75,0
T1	40,85	12,38	4,7	192,0	3,8	118,2	4828,5	69,3
T1	38,40	13,05	5,0	192,0	3,5	123,5	4742,4	77,2
T2	1,31	—	4,2	5,5	—	173,0	226,6	—
T2	1,29	—	4,3	5,2	—	182,2	235,0	—
T2	1,45	—	4,7	6,8	—	163,7	237,4	—
T3	1,28	—	4,3	5,5	—	182,0	233,0	—
T3	1,16	—	4,0	4,6	—	170,2	197,4	—
T3	1,05	—	4,7	4,9	—	143,8	151,0	—
AR-TESTE	2,44	0,90	6,2	15,1	5,3	238,0	580,7	83,7
AR-TESTE	2,48	0,91	5,7	14,1	5,7	228,8	567,4	78,8
AR-TESTE	2,33	0,96	4,7	10,9	4,2	227,0	528,9	77,2
AR-D1-T1	2,80	1,26	5,2	14,6	6,3	243,2	681,0	80,2
AR-D1-T1	2,76	1,09	6,0	16,6	5,3	270,5	746,6	87,3
AR-D1-T1	2,73	0,92	5,7	15,6	5,8	247,2	674,8	79,5
AR-D2-T1	4,72	1,97	6,8	32,1	6,2	244,2	1152,6	85,3
AR-D2-T1	4,84	2,10	5,8	28,1	5,3	217,0	1050,3	78,7
AR-D2-T1	4,81	1,93	5,5	26,5	5,2	244,2	1174,6	82,3
AR-D3-T1	5,43	2,32	6,3	34,2	4,3	252,2	1369,4	78,6
AR-D3-T1	5,69	2,12	7,0	39,8	5,7	219,7	1250,1	82,3
AR-D3-T1	5,49	2,37	5,8	31,8	5,3	232,8	1278,1	82,7
AR-TESTE	2,44	0,90	6,2	15,1	5,3	238,0	580,7	83,7
AR-TESTE	2,48	0,91	5,7	14,1	5,7	228,8	567,4	78,8
AR-TESTE	2,33	0,96	4,7	10,9	4,2	227,0	528,9	77,2
AR-D1-T2	2,88	1,04	5,8	16,7	5,2	218,0	627,8	91,2
AR-D1-T2	2,68	1,02	6,2	16,6	4,8	233,7	626,3	87,2
AR-D1-T2	2,71	0,95	5,5	14,9	5,7	223,0	604,3	80,0
AR-D2-T2	3,60	1,28	5,0	18,0	4,7	232,8	838,1	79,7
AR-D2-T2	3,30	1,12	5,7	18,8	6,2	235,7	777,8	83,4
AR-D2-T2	3,50	1,33	6,2	21,7	5,2	263,2	921,2	79,8
AR-D2-T3	3,84	1,16	4,8	18,4	6,2	252,8	970,7	89,8
AR-D2-T3	3,91	1,00	6,3	24,6	5,5	243,7	952,9	78,7
AR-D2-T3	4,03	1,35	5,3	21,4	4,7	223,2	899,5	82,0
AR-TESTE	2,44	0,90	6,2	15,1	5,3	238,0	580,7	83,7
AR-TESTE	2,48	0,91	5,7	14,1	5,7	228,8	567,4	78,8

(continua)

Apêndice 1. Produção de matéria seca e de panículas, concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos, das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades (continuação)

trata- mento (1)	mat. seca part. aérea	paní- cula	cobre			zinco		
			conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos	conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos
AR-TESTE	2,33	0,96	4,7	10,9	4,2	227,0	528,9	77,2
AR-D1-T3	2,86	1,09	6,3	18,0	4,2	243,2	695,5	77,8
AR-D1-T3	2,94	1,05	6,5	19,1	5,3	262,7	772,3	82,3
AR-D1-T3	2,88	0,72	5,7	16,4	5,5	232,8	670,4	84,2
AR-D2-T3	3,51	1,50	5,3	18,6	6,2	252,5	886,3	83,5
AR-D2-T3	3,29	1,33	5,2	17,1	5,7	218,7	719,5	87,3
AR-D2-T3	3,61	1,39	6,2	22,4	5,2	243,9	880,5	80,0
AR-D3-T3	4,05	1,98	5,2	21,1	4,8	213,7	865,5	79,0
AR-D3-T3	4,17	1,86	6,3	26,3	6,2	243,8	1016,6	78,3
AR-D3-T3	4,08	1,73	4,8	19,6	5,8	257,2	1049,4	83,2
LE-TESTE	9,04	3,37	11,0	99,4	6,2	162,0	1464,5	74,3
LE-TESTE	9,06	3,77	10,8	97,8	7,3	142,5	1291,1	73,8
LE-TESTE	8,98	3,85	10,5	94,3	5,8	137,8	1237,4	70,2
LE-D1-T1	9,04	4,11	9,5	85,9	7,2	153,0	1383,1	68,7
LE-D1-T1	9,04	4,38	10,3	93,1	6,3	162,2	1466,3	72,8
LE-D1-T1	8,91	4,28	9,7	86,4	6,2	151,0	1345,4	71,3
LE-D2-T1	9,59	3,88	11,3	108,4	6,8	148,0	1419,3	75,3
LE-D2-T1	9,60	3,86	11,0	105,6	6,3	163,2	1566,7	68,7
LE-D2-T1	9,20	3,46	9,8	90,2	6,7	162,0	1490,4	70,2
LE-D3-T1	10,45	4,38	11,3	118,1	6,0	162,2	1695,0	68,2
LE-D3-T1	9,47	3,87	11,0	104,2	7,0	143,0	1354,2	74,3
LE-D3-T1	9,54	4,44	9,3	88,7	5,8	147,7	1409,1	71,5
LE-TESTE	9,04	3,37	11,0	99,4	6,2	162,0	1464,5	74,3
LE-TESTE	9,06	3,77	10,8	97,8	7,3	142,5	1291,1	73,8
LE-TESTE	8,98	3,85	10,5	94,3	5,8	137,8	1237,4	70,2
LE-D1-T2	8,96	4,15	11,0	98,6	5,8	163,5	1465,0	64,5
LE-D1-T2	9,05	3,84	10,2	92,3	6,3	173,2	1567,5	71,0
LE-D1-T2	9,15	4,09	10,5	96,1	6,8	161,0	1473,2	68,2
LE-D2-T2	9,33	4,40	10,3	96,1	7,2	157,3	1467,6	72,3
LE-D2-T2	9,02	4,01	10,2	92,0	7,3	148,0	1335,0	77,2
LE-D2-T2	9,01	4,35	9,7	87,4	5,8	163,2	1470,4	69,0
LE-D3-T2	9,37	4,02	10,2	95,6	5,7	127,8	1197,5	66,8
LE-D3-T2	9,26	4,24	10,5	97,2	6,7	148,7	1376,9	70,8
LE-D3-T2	8,98	4,02	9,8	88,0	6,5	154,0	1382,9	73,0
LE-TESTE	9,04	3,37	11,0	99,4	6,2	162,0	1464,5	74,3
LE-TESTE	9,06	3,77	10,8	97,8	7,3	142,5	1291,1	73,8

(continua)

Apêndice 1. Produção de matéria seca e de panículas, concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos, das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades (continuação)

trata- mento (1)	mat. seca part. aérea	paní- cula	cobre			zinco		
			conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos	conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos
LE-TESTE	8,98	3,85	10,5	94,3	5,8	137,8	1237,4	70,2
LE-D1-T3	8,95	3,84	11,3	101,1	7,3	143,7	1286,1	73,0
LE-D1-T3	8,98	3,90	10,2	91,6	5,7	162,5	1459,3	68,0
LE-D1-T3	9,04	4,09	10,3	93,1	6,3	153,2	1384,9	69,7
LE-D2-T3	9,25	4,35	8,8	81,4	6,2	157,3	1455,0	69,7
LE-D2-T3	8,98	4,79	10,5	94,3	7,3	143,2	1285,9	73,8
LE-D2-T3	9,04	4,29	10,2	92,2	6,5	137,0	1247,5	70,2
LE-D3-T3	9,23	3,93	10,2	94,1	7,3	162,3	1498,0	75,0
LE-D3-T3	8,85	4,11	10,5	90,3	6,7	148,8	1316,9	71,2
LE-D3-T3	8,83	3,77	9,8	86,5	5,7	153,3	1353,6	69,3
TR-TESTE	11,31	4,39	14,3	167,7	9,2	143,7	1625,2	49,0
TR-TESTE	11,28	4,67	15,2	171,4	10,3	152,5	1720,2	53,2
TR-TESTE	11,52	4,42	14,8	170,5	10,7	148,2	1707,3	50,5
TR-D1-T1	11,64	4,10	15,2	176,9	10,2	163,0	1897,3	50,8
TR-D1-T1	12,29	4,52	15,8	194,2	9,8	154,8	1902,5	49,7
TR-D1-T1	11,77	4,85	15,0	176,6	10,3	149,3	1757,3	53,5
TR-D2-T1	12,27	4,50	16,8	206,1	11,2	154,7	1898,2	48,2
TR-D2-T1	12,40	4,67	15,2	188,5	10,2	152,2	1887,3	53,7
TR-D2-T1	12,64	5,02	15,0	189,6	10,7	148,7	1879,6	47,3
TR-D3-T1	12,73	5,00	16,7	212,6	9,7	148,7	1892,9	57,3
TR-D3-T1	13,15	4,75	14,2	186,7	10,2	153,0	2011,9	58,8
TR-D3-T1	12,87	4,99	15,7	202,1	10,0	162,5	2091,4	52,3
TR-TESTE	11,31	4,39	14,3	167,7	9,2	143,7	1625,2	49,0
TR-TESTE	11,28	4,67	15,2	171,4	10,3	152,5	1720,2	53,2
TR-TESTE	11,52	4,42	14,8	170,5	10,7	148,2	1707,3	50,5
TR-D1-T2	11,91	4,01	16,2	192,9	11,0	160,0	1905,6	58,7
TR-D1-T2	11,95	4,61	15,8	188,8	9,7	168,3	2011,2	49,2
TR-D1-T2	11,11	4,20	15,2	168,9	10,3	153,2	1702,1	55,2
TR-D2-T2	11,90	4,50	14,8	176,1	9,2	153,7	1829,0	52,0
TR-D2-T2	11,38	4,12	15,8	179,8	10,3	162,5	1849,2	53,2
TR-D2-T2	10,99	4,42	15,2	167,0	10,0	157,2	1727,6	50,3
TR-D3-T2	11,90	4,81	16,2	192,8	11,0	146,3	1740,9	47,8
TR-D3-T2	10,97	4,72	13,7	150,3	9,5	152,0	1667,4	54,3
TR-D3-T2	11,65	4,81	14,8	172,4	11,3	163,2	1901,3	52,0
TR-TESTE	11,31	4,39	14,3	167,7	9,2	143,7	1625,2	49,0
TR-TESTE	11,28	4,67	15,2	171,4	10,3	152,5	1720,2	53,2

(continua)

Apêndice 1. Produção de matéria seca e de panículas, concentração e quantidade total de cobre e zinco na parte aérea e concentração de cobre e zinco nos grãos, das plantas de arroz, cultivadas em diferentes substratos e tratadas com turfas provenientes de três profundidades (continuação)

trata- mento (1)	mat. seca part. aérea	paní- cula	cobre			zinco		
			conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos	conc. part. aérea	quant. parte aérea	conc. grãos
TR-TESTE	11,52	4,42	14,8	170,5	10,7	148,2	1707,3	50,5
TR-D1-T3	11,44	5,05	15,0	171,6	9,5	154,5	1767,5	60,2
TR-D1-T3	11,02	4,12	14,8	163,1	10,3	148,7	1638,7	51,2
TR-D1-T3	10,40	4,18	16,2	168,5	10,7	162,3	1687,9	53,0
TR-D2-T3	11,80	4,90	15,3	180,5	11,2	148,3	1749,9	49,2
TR-D2-T3	10,96	4,59	16,3	178,6	9,3	154,0	1687,8	58,7
TR-D2-T3	11,55	4,48	15,2	175,6	10,2	162,3	1874,6	52,3
TR-D3-T3	11,72	4,57	14,6	171,1	10,2	157,7	1848,2	59,2
TR-D3-T3	12,35	4,36	16,2	200,1	9,5	146,8	1812,9	48,3
TR-D3-T3	11,72	4,76	15,2	178,1	9,7	152,7	1789,6	54,7

(1) T1: turfa 1; T2: turfa 2; T3: turfa 3

AR: Areia Lavada; LE: Latossolo Vermelho-Escuro;

TR: Terra Roxa Estruturada

D1: dose 15 t/ha; D2: dose 30 t/ha; D3: dose 45 t/ha

Obs: Os resultados analíticos representam a média de 3 determinações

Apêndice 2. Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades

AMOSTRA (1)	Cu no solo (total)	Cu no solo HCl 0,1 N	Zn no solo (total)	Zn no solo HCl 0,1 N
	ppm	ppm	ppm	ppm
T1	18,7	0,55	41,8	11,9
T1	17,3	0,52	40,2	12,9
T1	22,5	0,57	38,7	10,7
T2	17,8	0,40	14,3	8,7
T2	13,2	0,43	15,2	9,2
T2	16,0	0,38	13,3	10,0
T3	15,8	0,37	15,3	10,2
T3	15,3	0,43	14,8	8,9
T3	14,2	0,38	12,2	9,3
AR-TESTE	12,7	0,50	9,0	2,2
AR-TESTE	11,5	0,38	9,3	2,0
AR-TESTE	10,7	0,43	8,0	2,1
AR-D1-T1	12,4	0,43	7,3	2,3
AR-D1-T1	13,2	0,42	8,2	2,0
AR-D1-T1	15,0	0,47	9,3	1,9
AR-D2-T1	13,0	0,45	9,2	2,3
AR-D2-T1	13,2	0,37	8,2	1,9
AR-D2-T1	10,8	0,48	8,5	2,7
AR-D3-T1	12,7	0,38	9,3	2,2
AR-D3-T1	12,5	0,50	7,7	2,0
AR-D3-T1	12,5	0,42	8,5	2,5
AR-TESTE	12,7	0,50	9,0	2,2
AR-TESTE	11,5	0,38	9,3	2,0
AR-TESTE	10,7	0,43	8,0	2,1
AR-D1-T2	11,7	0,38	8,7	2,3
AR-D1-T2	10,3	0,45	7,2	2,7
AR-D1-T2	12,5	0,47	9,3	2,2
AR-D2-T2	12,2	0,50	7,8	2,3
AR-D2-T2	10,3	0,38	9,2	2,1
AR-D2-T2	12,7	0,47	8,3	2,0
AR-D3-T2	11,0	0,40	7,3	2,2
AR-D3-T2	13,2	0,43	7,5	2,3
AR-D3-T2	10,8	0,45	8,2	2,3
AR-TESTE	12,7	0,50	9,0	2,2
AR-TESTE	11,5	0,38	9,3	2,0
AR-TESTE	10,7	0,43	8,0	2,1
AR-D1-T3	13,2	0,48	7,7	2,3
AR-D1-T3	12,0	0,38	8,5	2,5
AR-D1-T3	11,7	0,42	8,3	1,8
AR-D2-T3	11,7	0,37	8,2	2,9

(continua)

Apêndice 2. Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades (continuação)

AMOSTRA (1)	Cu no solo (total)	Cu no solo HCl 0,1 N	Zn no solo (total)	Zn no solo HCl 0,1 N
AR-D2-T3	11,2	0,42	9,3	2,3
AR-D2-T3	12,8	0,42	9,2	2,4
AR-D3-T3	12,5	0,42	9,3	2,7
AR-D3-T3	11,3	0,38	9,7	1,9
AR-D3-T3	10,2	0,47	8,3	2,4
LE-TESTE	29,8	1,47	27,3	2,4
LE-TESTE	32,3	1,28	29,5	2,9
LE-TESTE	31,0	1,48	30,0	2,2
LE-D1-T1	35,8	1,36	28,7	2,8
LE-D1-T1	37,2	1,43	29,3	2,3
LE-D1-T1	33,7	1,32	30,0	3,0
LE-D2-T1	32,2	1,47	29,3	2,5
LE-D2-T1	38,3	1,48	29,7	2,7
LE-D2-T1	33,7	1,32	27,3	2,9
LE-D3-T1	35,2	1,42	32,2	3,0
LE-D3-T1	30,7	1,40	27,8	2,6
LE-D3-T1	31,2	1,30	27,3	2,3
LE-TESTE	29,8	1,47	27,3	2,4
LE-TESTE	32,3	1,28	29,5	2,9
LE-TESTE	31,0	1,48	30,0	2,2
LE-D1-T2	35,5	1,45	31,0	3,1
LE-D1-T2	32,7	1,37	26,8	2,5
LE-D1-T2	37,2	1,48	28,8	2,2
LE-D2-T2	31,5	1,45	26,7	2,7
LE-D2-T2	35,7	1,48	30,2	2,3
LE-D2-T2	30,8	1,52	28,5	2,4
LE-D3-T2	33,5	1,33	26,8	2,7
LE-D3-T2	33,7	1,47	29,3	2,5
LE-D3-T2	37,2	1,42	29,7	2,3
LE-TESTE	29,8	1,47	27,3	2,4
LE-TESTE	32,3	1,28	29,5	2,9
LE-TESTE	31,0	1,48	30,0	2,2
LE-D1-T3	38,7	1,50	27,7	2,6
LE-D1-T3	38,5	1,37	31,2	2,7
LE-D1-T3	37,8	1,35	26,8	3,0
LE-D2-T3	35,5	1,50	31,0	2,7
LE-D2-T3	33,2	1,32	30,2	2,8
LE-D2-T3	36,7	1,38	30,0	2,6
LE-D3-T3	32,7	1,38	27,7	2,9
LE-D3-T3	30,2	1,43	29,0	2,7

(continua)

Apêndice 2. Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades (continuação)

AMOSTRA (1)	Cu no solo (total)	Cu no solo HCl 0,1 N	Zn no solo (total)	Zn no solo HCl 0,1 N
LE-D3-T3	35,2	1,38	28,7	2,3
TR-TESTE	300,7	16,30	147,0	8,2
TR-TESTE	315,5	16,20	142,2	7,8
TR-TESTE	297,8	17,30	153,5	8,3
TR-D1-T1	321,2	17,50	144,7	8,3
TR-D1-T1	308,3	20,30	154,5	8,7
TR-D1-T1	331,2	18,40	150,2	9,0
TR-D2-T1	332,8	19,30	137,8	9,1
TR-D2-T1	312,7	18,20	154,5	7,3
TR-D2-T1	330,5	19,50	143,7	8,5
TR-D3-T1	311,0	17,20	149,0	8,9
TR-D3-T1	317,8	16,80	147,3	7,8
TR-D3-T1	325,5	18,80	153,8	8,5
TR-TESTE	300,7	16,30	147,0	8,2
TR-TESTE	315,5	16,20	142,2	7,8
TR-TESTE	297,8	17,30	153,5	8,3
TR-D1-T2	305,7	17,20	157,4	7,9
TR-D1-T2	307,3	17,00	145,7	8,5
TR-D1-T2	319,5	18,70	142,8	8,3
TR-D2-T2	327,3	17,70	157,2	9,0
TR-D2-T2	312,7	18,20	150,0	8,3
TR-D2-T2	301,5	17,20	161,2	8,2
TR-D3-T2	343,7	19,20	159,3	8,3
TR-D3-T2	323,5	19,70	142,5	8,2
TR-D3-T2	320,0	17,20	154,0	8,7
TR-TESTE	300,7	16,30	147,0	8,2
TR-TESTE	315,5	16,20	142,2	7,8
TR-TESTE	397,8	17,30	153,5	8,3
TR-D1-T3	320,7	17,30	141,5	8,7
TR-D1-T3	308,7	17,00	162,7	7,8
TR-D1-T3	312,5	16,80	143,8	8,9
TR-D2-T3	335,6	17,00	142,5	7,9
TR-D2-T3	327,8	18,80	147,8	8,4
TR-D2-T3	312,5	20,00	158,5	8,3
TR-D3-T3	325,7	17,70	139,8	8,8

(continua)

Apêndice 2. Concentração de cobre e zinco total e extraídos com HCl 0,1 N, em amostras de turfa e de solos minerais tratados com diferentes doses de turfa provenientes de diferentes profundidades (continuação)

AMOSTRA (1)	Cu no solo (total)	Cu no solo HCl 0,1 N	Zn no solo (total)	Zn no solo HCl 0,1 N
TR-D3-T3	310,8	17,50	153,7	9,0
TR-D3-T3	308,9	17,00	142,5	8,2

(1) T1: turfa 1; T2: turfa 2; T3: turfa 3

AR: Areia Lavada; LE: Latossolo Vermelho-Escuro;

TR: Terra Roxa Estruturada

D1: dose 15 t/ha; D2: dose 30 t/ha; D3: dose 45 t/ha

Obs: Os resultados analíticos representam a média de 3 determinações