

DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SOLOS ARGILOSOS MEDIDA PELO TEOR DE CARBONO E RELAÇÃO C/N

BOANERGES FREIRE DE AQUINO

Engenheiro - Agrônomo

Professor Assistente da Escola Superior de Agricultura de Mossoró

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos • Nutrição de Plantas

PIRACICABA
1976

Aos meus pais e irmãos

OFEREÇO E DEDICO.

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

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró, em especial ao Dr. Jerônimo Vingt-un Rosado Maia, Diretor.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, pela permanente e segura orientação.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em especial ao Departamento de Solos e Geologia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida tornando possível este trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

I N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 - Solo Série Iracema	19
4.1.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e Relação C/N	19
4.2 - Solo Série Luiz de Queiroz	31
4.2.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e Relação C/N	31
4.3 - Solo Série Guamium	47
4.3.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e Relação C/N	47
5. RESUMO E CONCLUSÕES	58
6. SUMMARY AND CONCLUSIONS	60
7. LITERATURA CITADA	62

1. INTRODUÇÃO

Quando resíduos orgânicos são adicionados ao solo e, conseqüentemente, submetidos ao ataque dos microrganismos, uma complexa cadeia de reações ocorre. Os organismos do solo, principalmente os heterotróficos, atacam os resíduos decompondo seus constituintes. Da decomposição dos materiais orgânicos, os microrganismos têm sua fonte primária de energia e nutrientes e um rápido crescimento de sua população é verificado. Quando a exaustão destes materiais é atingida, a população microbiana declina e a mineralização dos seus tecidos predomina sobre a sua formação.

Parte do carbono adicionado ao solo é evoluído como CO_2 , enquanto que outra parte é utilizada na síntese dos constituintes celulares dos microrganismos envolvidos na decomposição. A evolução de CO_2 pode ser utilizada como medida da taxa e extensão da decomposição, sendo que o volume total liberado depende da natureza do material, dos microrganismos envolvidos e das condições de decomposição. Paralela à síntese dos tecidos microbianos ocorre assimila

ção de nitrogênio, principalmente, e outros nutrientes.

O nitrogênio requerido pelos microrganismos ao longo do processo de decomposição é, a priori, fornecido pelo material orgânico. Contudo, se este não o contém em quantidades suficientes para atender às necessidades dos organismos decompositores, algum nitrogênio é imobilizado de fontes disponíveis do solo.

Daqui decorre a real possibilidade de, em certas circunstâncias, quando materiais pobres em nitrogênio são incorporados ao solo, ocorrer temporária deficiência de nitrogênio inorgânico.

É perfeitamente conhecido que quando resíduos orgânicos provenientes de plantas jovens e suculentas são incorporados ao solo, se decompõem rapidamente e liberam uma considerável porção de seu nitrogênio em poucos dias. Ao contrário, quando os resíduos adicionados provêm de plantas maduras, sua decomposição é vagarosa e comumente retardam o desenvolvimento da cultura, que por acaso aí se desenvolva, se suplementar fornecimento de nitrogênio não for efetuado. Sem adição suplementar de nitrogênio os resíduos orgânicos de alta relação C/N podem permanecer no solo num estágio de parcial decomposição. PINCK et al (1946 b) advogam que, em condições de clima temperado, relações C/N em torno de 28 a 35 são adequadas para uma normal decomposição, uma vez que o conteúdo de nitrogênio é suficiente para tal.

A decomposição de resíduos orgânicos, dos quais é originária a matéria orgânica do solo, é acompanhada por um estreitamento da relação C/N do solo. Quando a taxa de decomposição diminui e o equilíbrio está próximo de ser alcançado, a relação C/N normalmente atinge valores estáveis. Durante o curso da decomposição, o nitrogênio que permanece integrado aos resíduos, vai se tornando cada vez menos disponível.

Os aspectos referentes às interrelações entre os ciclos do carbono e do nitrogênio no solo têm sido objetos de intensivos estudos e estão amplamente discutidos nos trabalhos de WAKSMAN (1952), NORMAN (1943) e BROADBENT (1968).

O presente trabalho tem os seguintes objetivos: a) fornecer informações acerca da decomposição de resíduos orgânicos (palha de milho) de alta relação C/N, incorporados a três solos argilosos do município de Piracicaba, avaliando-se a taxa de decomposição mediante determinações dos teores de carbono e da relação C/N dos referidos solos; b) demonstrar a influência do nitrogênio, incorporado ao solo sob forma de sulfato de amônio, na taxa de decomposição dos resíduos orgânicos incorporados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A importância da matéria orgânica no solo é múltipla: constitui fonte contínua de nutrientes para o desenvolvimento das plantas; modifica, por vários caminhos, a natureza física e química do solo; regula e determina a natureza da população microbiana e sua atividade através do suprimento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, tornando o solo um meio favorável para seu desenvolvimento.

Um fato comumente constatado é o decréscimo no nível de matéria orgânica do solo sob cultivo. Com o objetivo de contornar tal problema, é bastante difundido o uso de algumas práticas. Entre elas citam-se o plantio de culturas especiais a serem incorporadas ao solo, adições de resíduos orgânicos (restos de cultura, esterco, etc.) e introdução de matéria orgânica humificada. Adição de fertilizantes minerais pode também resultar numa elevação do nível de matéria orgânica do solo, uma vez que nestas condições um marcante aumento nas quantidades de resíduos de plantas deposita

dos no solo é verificado.

Quando os resíduos chegam ao solo, um rápido processo de decomposição toma lugar, pelo qual é seguido de consumo de oxigênio, libertação de calor, evolução de CO_2 e amônia, se o material é rico em nitrogênio e um escurecimento do material residual.

As taxas de decomposição da matéria orgânica em solos de regiões tropicais são mais elevadas do que em solos de regiões de clima temperado. JENNY et al (1949) em estudos comparativos em solos da Colômbia, Costa Rica e Califórnia, adicionaram plantas de alfafa e observaram que os valores absolutos de perdas de carbono eram altos, porém eram mais altos nos solos tropicais do que nos temperados. Embora os resultados da decomposição da alfafa tenham fornecido conclusivas informações sobre o efeito do clima na taxa de decomposição, não forneceram, por outro lado, direta indicação que justifique os mais altos níveis de matéria orgânica e nitrogênio comumente verificados nos solos tropicais.

Um dos mais importantes fatores que afetam a atividade microbiana é o suprimento de energia. Outros fatores tais como aeração, suprimento de água no solo, temperatura, pH e o suprimento de nutrientes são importantes, contudo, o suprimento de energia é muito frequentemente o fator limitante. Para a grande maioria dos microrganismos o suprimento de energia é fornecido pelos resíduos de plantas e animais.

PEEVY e NORMAN (1948) reportaram que a composição dos materiais de plantas, especialmente o conteúdo de lignina, influencia materialmente a quantidade e as propriedades dos resíduos decompostos. Dextrose e celulose desapareceram mais rapidamente do que outros materiais estudados, mesmo no caso em que nitrogênio suplementar foi adicionado.

A decomposição, algumas vezes, libera nitrogênio. O requisito básico é uma fonte orgânica que possua uma relação C/N suficientemente estreita. WAKSMAN (1942) trabalhando com plantas de centeio de várias idades, a fim de obter materiais de diferentes relações C/N (plantas jovens comumente possuem mais altos teores de nitrogênio do que plantas maduras) encontrou que plantas com relações C/N mais estreitas se decompõem cerca de 50% mais rápidas do que aquelas com largas relações C/N e, conseqüentemente, pobres em nitrogênio.

RUBINS e BEAR (1942) conduzindo estudos em laboratório sobre a nitrificação em solo barro-arenoso com adições de diversos materiais orgânicos e fertilizante nitrogenado, obtendo desta forma diferentes C/N, verificaram que à medida que crescia a relação C/N dos materiais eram anotados decréscimos na percentagem de nitrogênio sob forma de nitratos dentro do solo. Tais decréscimos não foram uniformes entre os materiais e isto relacionava-se às suas naturezas químicas. Resultados semelhantes foram previamente obtidos por MARTIN (1925).

PINCK et al (1946 a) em experimentos em casa de vegetação estudaram os efeitos de adubações verdes (plantas de sorgo) e de fertilizante nitrogenado sobre a recuperação de nitrogênio por cinco sucessivas culturas de sorgo, bem como sobre o conteúdo de carbono do solo. Constataram, entre outros resultados, que quando relações C/N eram menores do que aproximadamente 35, algum nitrogênio era liberado, ao passo que quando superiores a este nível o nitrogênio era inativado. Observaram que a um dado nível de nitrogênio, a percentagem de carbono retido no solo aumentou com a maturidade dos materiais adicionados. Onde nitrogênio suplementar não era adicionado, uma unidade de carbono aplicada como planta jovem aumentou o carbono residual do solo em cerca de 75% a mais do que a mesma quantidade de carbono aplicada como planta madura. Isto é atribuído ao aumento de resíduos radiculares produzido pela maior quantidade de nitrogênio da planta jovem. Onde material verde mais uréia eram adicionados, a recuperação de nitrogênio pelas plantas decrescia marcadamente com o aumento do C/N do material. Resultados similares foram obtidos por PINCK et al (1946 b). PINCK et al (1948) em trabalho sob condições semelhantes aos anteriores, além de confirmarem novamente seus prévios resultados, constataram que todos os tipos de materiais de plantas e fontes de nitrogênio baixaram a relação C/N do solo, indicando que a adição de uma fonte de energia facilmente disponível aumenta a oxidação do carbono nativo.

WAKSMAN e TENNEY (1927) estabeleceram, estudando a decomposição de plantas de centeio, que 1,7% de nitrogênio era adequado para as necessidades dos microrganismos e que na decomposição de resíduos de plantas que continham menos de 1,7% ocorreu um período crítico antes que amônia fosse liberada.

Parbery e Swaby, citados por BROADBENT e NORMAN (1946), estudaram as taxas de liberação de nitrogênio de um grande número de materiais orgânicos adicionados ao solo, e encontraram que, no curso de uma estação, suficiente nitrogênio para as necessidades das culturas era liberado dos materiais que continham, inicialmente, teores de nitrogênio superiores a 2,5%. Nenhuma liberação ocorreu dos materiais com menos de 1,5%.

STOJANOVIC e BROADBENT (1956) trabalhando em laboratório com solos sob controle de temperatura, umidade e aeração, adicionaram 1 g de palha de trigo mais 40 ppm de nitrogênio de duas fontes - amoniacal e nítrica - a 100 g de solo. Entre o segundo e sexto dia, 95% do nitrogênio amoniacal foi imobilizado, correspondendo a 38 lbs/acre/dia, enquanto que a mineralização foi de 18 lbs/acre/dia. Quando utilizada a fonte nítrica, a imobilização atingiu 99% ou 56 lbs/acre/dia, e a mineralização 34 lbs/acre/dia. Verificaram que igualmente na decomposição de um material com elevado nível de nitrogênio, tal como folha de milho, a imobilização foi de significativa magnitude.

HILTBOLD et al (1950) utilizando ^{15}N em resíduos orgânicos (palha de milho e alfafa) e fertilizante nitrogenado, aplicados a solos barro-siltosos, obtiveram, entre outros, os seguintes resultados: a) após 73 dias de incubação, as mais largas quantidades de fertilizante nitrogenado, que permanecia sob forma mineral, eram encontrados nos solos que não tinham recebido tratamentos ou que tinham recebido alfafa; b) a imobilização era maior onde adições de palha de milho foram efetuadas; c) a mineralização nos solos que não tinham recebido tratamentos era duas vezes a imobilização, indicando que para cada duas partes de nitrogênio amonificado da matéria orgânica do solo, uma era reutilizada pela microflora.

PINCK et al (1950) em experimentos em laboratório sobre formação de húmus em solo barro-siltoso, adicionaram materiais de plantas de vários graus de maturidade e conteúdos de nitrogênio. Deixados para decompor por um período de um ano, obtiveram as seguintes conclusões: a) ao contrário do que é comumente aceito, o carbono de plantas verdes suculentas é retido pelo solo em quase tão alto grau quanto aquele de plantas maduras; b) os resultados alcançados não justificam a premissa de que adições suplementares de nitrogênio são necessárias para reter o carbono durante o processo de formação de húmus no solo. O principal efeito do nitrogênio sob tais condições é acelerar o processo de formação do húmus e satisfazer as necessidades das plantas, se presentes. Onde o nitrogênio é deficiente

te, resíduos orgânicos tendem a permanecer em uma condição de parcial decomposição; c) a retenção de carbono num solo normal depende primariamente da natureza química do material adicionado e não da sua relação C/N.

BROADBENT e BARTHOLOMEW (1948) trabalhando com palha de aveia no solo verificaram que aumentando-se a quantidade de resíduos adicionados aumentava a taxa de decomposição da matéria orgânica já presente no solo, ao passo que, relação inversamente proporcional era encontrada entre a taxa de decomposição do resíduo e a quantidade adicionada.

ALLISON e KLEIN (1962) estudando a decomposição de palha de trigo (com 0,44% de nitrogênio, mas elevada para 2% pela adição de nitrato) no solo, observaram que a máxima imobilização líquida se dava aos 20 dias e alcançava 1,7% do peso da palha usada. Imediatamente seguindo a máxima imobilização, a mineralização tornou-se dominante e liberação de nitrogênio ocorreu. Ao final de 75 dias o nitrogênio imobilizado tinha decrescido para 1,1%. A quantidade de nitrogênio requerida pelos microrganismos que decompõem os materiais de plantas é dependente da composição do material e da taxa de decomposição. Este último fato foi também estabelecido por WAKSMAN e TENNEY (1927), RICHARDS e NORMAN (1931) e RUBINS e BEAR (1942).

ALLISON e CLOVER (1960) estudando a decomposição de

resíduos de madeira em solo barro-arenoso, pobre em nitrogênio, verificaram que adições de nitrogênio, suficiente para elevar o teor a uma faixa de 0,75 - 1,00%, eram adequadas para uma máxima velocidade de decomposição. Esta faixa variava com a habilidade do solo em suprir nitrogênio. Ao final de 160 dias 58% do carbono da madeira tinha sido liberado como CO_2 . O valor correspondente para palha de trigo era 64%.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Três solos argilosos do município de Piracicaba (SP), classificados por RANZANI et al (1966), foram utilizados neste ensaio. Suas características se encontram nos Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 - Classificação dos solos utilizados

Unidade	Classificação
Série Iracema	Orthic Haplacrox
Série Luiz de Queiroz	Ultic Ultustalf
Série Guamium	Orthic Haplacrox

Quadro 2 - Análises químicas dos solos

Solo	%C*	%N	pH (H ₂ O)	PO ₄ ⁻³	eq.mg.trocável/100g T.F.S.A.				
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺
Iracema	2,12	0,23	5,4	0,009	0,12	3,76	0,24	1,36	7,00
Luiz de Queiroz	1,85	0,19	5,8	0,027	0,20	6,08	0,08	1,12	3,44
Guamium	1,97	0,17	5,3	0,010	0,51	2,48	0,32	0,56	6,17

* O teor de carbono foi determinado por via seca.

Quadro 3 - Análises granulométricas dos solos

SOLO	FRAÇÃO DO SOLO (%)						
	Argila	Silte	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina
Iracema	41,5	36,2	-	1,5	4,2	9,5	7,1
Luiz de Queiroz	32,7	34,2	0,1	1,9	6,5	12,6	12,0
Guamium	55,3	25,6	-	1,5	4,2	8,7	4,7

As análises cujos resultados são apresentados nos Quadros 1 e 2, foram efetuadas segundo metodologia descrita por BLACK (1965).

Observando-se o Quadro 2, verifica-se que todos os solos, utilizados neste ensaio, possuem teores altos de carbono (acima de 1,4%) e de nitrogênio (acima de 0,14%), segundo o critério geral de interpretação para os solos do Estado de São Paulo citado por CATANI et al (1955).

Pelos resultados das análises granulométricas, apresentadas no Quadro 3, os solos das Séries Iracema e Guamium são, segundo o diagrama textural do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, argilosos. Enquanto que a Série Luiz de Queiroz é barro-argiloso.

O ensaio foi conduzido dentro de um delineamento inteiramente casualizado, constando, para cada solo, de 4 tratamentos e 4 repetições. As especificações podem ser observadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Solos e Tratamentos Utilizados

SÉRIE IRACEMA	SÉRIE LUIZ DE QUEIROZ	SÉRIE GUAMIUM
TRATAMENTO	TRATAMENTO	TRATAMENTO
A: Solo+Matéria Orgânica*	A ₁ : Solo+Matéria Orgânica	A ₂ : Solo+Matéria Orgânica
B: Solo+Matéria Orgânica+50kg N/ha	B ₁ : Solo+Matéria Orgânica+50kg N/ha	B ₂ : Solo+Matéria Orgânica+50kg N/ha
C: Solo+Matéria Orgânica+100kg N/ha	C ₁ : Solo+Matéria Orgânica+100kg N/ha	C ₂ : Solo+Matéria Orgânica+100kg N/ha
D: Solo+Matéria Orgânica+150kg N/ha	D ₁ : Solo+Matéria Orgânica+150kg N/ha	C ₂ : Solo+Matéria Orgânica+150kg N/ha

* As quantidades de matéria orgânica são constantes e correspondem a 50 ton/ha.

Os solos foram coletados da camada superficial a uma profundidade de aproximadamente 20 cm. Após destorroamento, foram peneirados em peneira de malha com abertura de 20 mm.

O resíduo orgânico usado era constituído de restos de cultura de milho (folhas e caules). Estes foram triturados em moinho Wiley e passados em tela com malha de abertura de 2 mm. A trituração dos resíduos permite um maior contato com as partículas do solo e uma maior exposição ao ataque dos microrganismos, fatos já previamente constatados por SIMS e FREDERICK (1970) e ALLISON (1973).

A quantidade de matéria orgânica usada em todos os tratamentos foi de 50 t de matéria seca/ha. A fonte de nitrogênio usada foi sulfato de amônio e as doses para os tratamentos estão discriminadas no Quadro 4. O sulfato de amônio foi escolhido como fonte de nitrogênio por dois motivos principais: a) diminuir os riscos de movimentação deste nutriente para camadas abaixo da superfície e b) por ser preferencialmente utilizado, pelo menos nos primeiros estágios da decomposição da matéria orgânica, pelos microrganismos, assim comprovado nos ensaios de RICHARDS e SHRIKHANDE (1935), JANSSON e CLARK (1952), JANSSON et al (1955), WINSOR e POLLARD (1956) e WOJCIK-WOJTKOWIAK (1972).

Os cálculos das quantidades de matéria orgânica e de nitrogênio foram feitos baseados na densidade aparente de cada solo.

As determinações das densidades aparentes foram efetuadas segundo metodologia descrita por RANZANI e KIEHL (1958), sendo 1.354, 1.328 e 1.208 para as Séries Iracema, Luiz de Queiroz e Guamium, respectivamente.

Os solos, depois de bem misturados com o resíduo orgânico e sulfato de amônio (no caso dos tratamentos que o receberam), foram colocados em vasos plásticos, recebendo cada um 2 kg de solo. O ensaio foi instalado em condições ambientais ao abrigo da chuva. A umidade foi mantida a um nível de 70% da água retida a 1/3 de atmosfera. Esta faixa foi considerada ideal por Waksman e Purvis, citado por WAKSMAN (1952), ALEXANDER (1961) e ALLISON (1973). A água retida a 1/3 atm foi determinada segundo metodologia descrita por SCARDUA (1974).

O período de incubação foi de 70 dias e se estendeu entre os meses de março, abril e maio.

As amostras, coletadas semanalmente para análises, eram representativas de todo o perfil do solo contido nos vasos. Eram deixadas para secar (em estufa a 70°C por 24 horas), acondicionados em pequenos recipientes de vidro, bem fechados, e mantidos em baixas temperaturas (aproximadamente 0°C) até o momento das análises.

O carbono do solo foi determinado por método gasométrico (via seca) em aparelho de LINDBERG cuja marcha de determinação

é descrita por CATANI et al (1964) trabalhando em aparelho similar.

O nitrogênio total foi determinado pelo clássico método KJELDAHL, modificado de acordo com MELLO et al (1966).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos experimentos onde a evolução de CO₂ é usada como medida da taxa e extensão da decomposição de resíduos orgânicos adicionados, uma substancial fração de CO₂ evoluído é inquestionavelmente devido à decomposição da matéria orgânica já presente no solo. Disto conclui-se que a relativa taxa de decomposição é uma função não somente da quantidade e qualidade de resíduos adicionados, mas também da quantidade e do tipo de matéria orgânica nativa. Tais fatos estão comprovados nos trabalhos de BROADBENT e NORMAN (1946); BROADBENT (1947); BROADBENT e BARTHOLOMEW (1948) e PINCK et al (1951).

O comportamento geral das evoluções dos teores de carbono, nitrogênio total e da relação C/N por todo o período de incubação, pode ser visto nos Quadros 6, 7 e 8, respectivamente, para os solos das séries Iracema, Luiz de Queiroz e Guanium.

Nota-se que o solo controle, nas três séries, que representa o solo que não recebeu tratamento, a não ser a manutenção

de água, apresenta decréscimos nos teores de carbono. Isto indica que algum nitrogênio disponível presente foi suficiente para subsidiar alguma decomposição.

4.1 - Solo Série Iracema

4.1.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e Relação C/N

Pelos Quadros 9, 10 e 11, nota-se que houve diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de carbono, de nitrogênio total e entre as relações C/N do solo, tanto em relação aos tratamentos como em relação aos blocos (épocas de amostragens).

Na Figura 1 verifica-se que em todos os tratamentos ocorreram decréscimos nos teores de carbono do solo. Contudo os decréscimos são mais acentuados entre os tratamentos que receberam nitrogênio suplementar. Entre estes, os decréscimos se acentuam à medida que crescem as doses do nutriente adicionado.

Para todos os tratamentos verifica-se também que os teores de carbono caíram mais rapidamente no início, alcançando um máximo ao redor dos 28 dias e a partir daí mais vagarosamente. A partir dos 42 dias o carbono tende a uma estabilização exceto o solo

Quadro 6 - Evolução dos teores de carbono, nitrogênio total e da relação C/N durante o período de incubação

Solo Série Iracema		Percentagem Encontrada		
Dias após a Incubação	Tratamento	C**	N**	C/N
0	Solo Controle*	2,12	0,23	9,22
	A	3,16	0,23	13,73
	B	3,30	0,25	13,20
	C	3,22	0,24	13,41
	D	3,27	0,24	13,62
7	Solo Controle	2,07	0,23	9,00
	A	3,01	0,23	13,08
	B	2,95	0,24	12,29
	C	3,03	0,24	12,62
	D	2,83	0,24	11,79
14	Solo Controle	1,93	0,23	8,39
	A	2,91	0,23	12,65
	B	2,77	0,25	11,08
	C	2,73	0,24	11,37
	D	2,53	0,25	10,12
21	Solo Controle	1,83	0,23	7,96
	A	2,88	0,24	12,00
	B	2,68	0,25	10,72
	C	2,61	0,25	10,44
	D	2,30	0,25	9,20
28	Solo Controle			
	A	1,82	0,23	7,91
	B	2,86	0,24	11,91
	C	2,51	0,26	9,65
	D	2,42	0,25	9,68
		2,03	0,26	7,80

* O termo "Solo Controle" refere-se ao solo que não recebeu tratamento, apenas a manutenção de umidade.

** Média de 4 repetições.

/Cont.

/Cont.

Dias após Incubação	Série a	Tratamento	Percentagem Encontrada		
			C**	N**	C/N
35		Solo Controle	1,81	0,23	7,87
		A	2,86	0,24	11,91
		B	2,36	0,26	9,07
		C	2,38	0,25	9,52
		D	1,80	0,25	7,20
42		Solo Controle	1,79	0,24	7,46
		A	2,68	0,24	11,16
		B	2,28	0,25	9,12
		C	2,26	0,24	9,41
		D	1,77	0,24	7,37
49		Solo Controle	1,80	0,23	7,83
		A	2,73	0,23	11,86
		B	2,29	0,24	9,54
		C	2,09	0,24	8,70
		D	1,71	0,24	7,12
56		Solo Controle	1,81	0,24	7,54
		A	2,74	0,24	11,41
		B	2,30	0,24	9,58
		C	2,01	0,24	8,37
		D	1,70	0,23	7,39
63		Solo Controle	1,81	0,23	7,87
		A	2,74	0,24	11,41
		B	2,27	0,24	9,45
		C	2,01	0,24	8,37
		D	1,69	0,24	7,04
70		Solo Controle	1,79	0,23	7,78
		A	2,65	0,24	11,04
		B	2,28	0,24	9,50
		C	2,02	0,24	8,41
		D	1,69	0,24	7,04

Quadro 7 - Evolução dos teores de carbono, nitrogênio total e da relação C/N durante o período de incubação

Solo Série Luiz de Queiroz		Porcentagem Encontrada		
Dias após a incubação	Tratamento	C**	N**	C/N
0	Solo Controle*	1,85	0,19	9,74
	A ₁	2,59	0,20	12,95
	B ₁	2,43	0,21	11,57
	C ₁	2,50	0,21	11,90
	D ₁	2,44	0,21	11,61
7	Solo Controle	1,71	0,20	8,55
	A ₁	2,44	0,21	11,61
	B ₁	2,32	0,20	11,60
	C ₁	2,12	0,21	10,09
	D ₁	2,06	0,21	9,80
14	Solo Controle	1,69	0,20	8,45
	A ₁	2,40	0,21	11,42
	B ₁	2,07	0,21	9,85
	C ₁	1,92	0,20	9,60
	D ₁	1,73	0,21	8,23
21	Solo Controle	1,63	0,20	8,15
	A ₁	2,20	0,21	10,47
	B ₁	2,00	0,21	9,52
	C ₁	1,81	0,22	8,22
	D ₁	1,71	0,22	7,77
28	Solo Controle	1,49	0,19	7,84
	A ₁	2,04	0,21	9,71
	B ₁	1,93	0,22	8,77
	C ₁	1,79	0,22	8,13
	D ₁	1,56	0,23	6,78

* O termo "Solo Controle" refere-se ao solo que não recebeu tratamento, apenas a manutenção de umidade.

** Média de quatro repetições

/Cont.

/Cont.

Solo Série Luiz de Queiroz		Percentagem Encontrada		
Dias após a Incubação	Tratamento	C**	N**	C/N
35	Solo Controle	1,50	0,20	7,50
	A1	1,93	0,20	9,65
	B1	1,95	0,21	9,28
	C1	1,72	0,21	8,19
	D1	1,49	0,22	6,77
42	Solo Controle	1,33	0,20	6,65
	A1	1,87	0,20	9,35
	B1	1,79	0,21	8,52
	C1	1,73	0,21	8,23
	D1	1,39	0,21	6,61
49	Solo Controle	1,35	0,20	6,75
	A1	1,74	0,20	8,70
	B1	1,67	0,21	7,95
	C1	1,60	0,21	7,61
	D1	1,40	0,21	6,66
56	Solo Controle	1,35	0,18	7,50
	A1	1,77	0,20	8,85
	B1	1,64	0,20	8,20
	C1	1,44	0,21	6,85
	D1	1,41	0,20	7,05
63	Solo Controle	1,31	0,19	6,89
	A1	1,68	0,21	8,00
	B1	1,62	0,20	8,10
	C1	1,41	0,20	7,05
	D1	1,44	0,20	7,20
70	Solo Controle	1,33	0,19	7,00
	A1	1,64	0,20	8,20
	B1	1,53	0,20	7,65
	C1	1,38	0,20	6,90
	D1	1,43	0,20	7,15

Quadro 8 - Evolução dos teores de carbono, nitrogênio total e da relação C/N durante o período de incubação

Solo Série Guamium		Porcentagem Encontrada		
Dias após a Incubação	Tratamento	C**	N**	C/N
0	Solo Controle*	1,97	0,17	11,59
	A ₂	2,70	0,18	15,00
	B ₂	2,71	0,18	15,05
	C ₂	2,74	0,17	16,11
	D ₂	2,72	0,18	15,11
7	Solo Controle	1,86	0,17	10,94
	A ₂	2,58	0,18	14,33
	B ₂	2,48	0,18	13,77
	C ₂	2,36	0,17	13,88
	D ₂	1,89	0,18	10,50
14	Solo Controle	1,80	0,17	10,59
	A ₂	2,42	0,18	13,44
	B ₂	1,79	0,18	9,94
	C ₂	1,81	0,18	10,05
	D ₂	1,70	0,18	9,44
21	Solo Controle	1,77	0,17	10,41
	A ₂	2,33	0,19	12,26
	B ₂	1,74	0,19	9,15
	C ₂	1,62	0,19	8,52
	D ₂	1,60	0,19	8,42
28	Solo Controle	1,73	0,17	10,18
	A ₂	2,31	0,20	11,55
	B ₂	1,68	0,20	8,40
	C ₂	1,55	0,20	7,75
	D ₂	1,50	0,20	7,50

* O termo "Solo Controle" refere-se ao solo que não recebeu tratamento, apenas a manutenção de umidade.

** Média de quatro repetições.

/Cont.

/Cont.

Solo Série Guanium		Percentagem Encontrada		
Dias após a Incubação	Tratamento	C**	N**	C/N
35	Solo Controle	1,64	0,18	9,11
	A2	2,00	0,19	10,52
	B2	1,63	0,20	8,15
	C2	1,51	0,19	7,94
	D2	1,34	0,20	6,70
42	Solo Controle	1,64	0,17	9,65
	A2	1,97	0,18	10,94
	B2	1,62	0,18	9,00
	C2	1,43	0,18	7,94
	D2	1,25	0,19	6,57
49	Solo Controle	1,60	0,18	8,88
	A2	1,90	0,18	10,55
	B2	1,50	0,18	8,33
	C2	1,46	0,18	8,11
	D2	1,23	0,18	6,83
56	Solo Controle	1,61	0,17	9,47
	A2	1,74	0,18	9,66
	B2	1,53	0,18	8,50
	C2	1,44	0,17	8,47
	D2	1,20	0,18	6,66
63	Solo Controle	1,56	0,17	9,18
	A2	1,73	0,18	9,61
	B2	1,52	0,18	8,44
	C2	1,45	0,17	8,52
	D2	1,20	0,18	6,66
70	Solo Controle	1,53	0,16	9,56
	A2	1,70	0,18	9,44
	B2	1,47	0,17	8,64
	C2	1,38	0,18	7,66
	D2	1,21	0,18	6,72

controle (estabilizou-se praticamente aos 28 dias) e o referente ao tratamento solo + matéria + 100 kg N/ha (estabilizou-se apenas depois dos 56 dias).

A significação estatística entre os tratamentos, aplicando-se o teste de TUKEY, é apresentada no Quadro 12. Apesar de entre o tratamento solo + matéria orgânica + 50 kg N/ha não ter se verificado significação estatística, vê-se que ao final do período de incubação as diferenças entre as percentagens de carbono residual (Quadro 13) são marcantes.

Quadro 9 - Análise de variância para o carbono - Solo Série Iracema

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	2,904573	0,968191	31,5303**
Blocos ¹	10	5,239307	0,523930	17,0624**
Resíduo	30	0,921202	0,030706	
Total	43	9,065081		

C.V. = 7,0535

¹ Representam as épocas de amostragens

Quadro 10 - Análise de variância para o nitrogênio total - Solo Série
Iracema

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	0,000679	0,000226	10,5287**
Blocos ¹	10	0,001100	0,000110	5,1129**
Resíduo	30	0,000645	0,000021	
Total	43	0,002425		

C.V. = 1,9127

¹ Representam as épocas de amostragens.

Quadro 11 - Análise de variância para a relação C/N - Solo Série
Iracema

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	61,379478	20,459826	45,3886**
Blocos ¹	10	93,674797	9,367479	20,7810**
Resíduo	30	13,523098	0,450769	
Total	43	168,577373		

C.V. = 6,5427

¹ Representam as épocas de amostragens.

Quadro 12 - Significação estatística entre os teores médios de carbono de cada tratamento. Solo Série Iracema.

Tratamento	A (2,8381)	B (2,5445)	C (2,4345)	D (2,1199)
A(2,8381)		**	**	**
B(2,5445)			n.s.	**
C(2,4345)				

Teste de Tukey 5% = 0,2034 ** Significativo a 1%
 1% = 0,2536 * Significativo a 5%
 n.s. não significativo

Quadro 13 - Nitrogênio adicionado e percentagem de carbono que permaneceu no solo após 70 dias de incubação - Solo Série Iracema

Tratamento	N adicionado (kg/ha)	% C do Solo após dias de Incubação		% C em Relação ao Total Inicial após 70 Dias
		0	70	
A	0	3,16	2,65	83,9
B	50	3,30	2,28	69,0
C	100	3,22	2,02	62,7
D	150	3,27	1,69	51,6

Pode-se observar na Figura 2 que os teores de nitrogênio total em todos os tratamentos foram praticamente constantes durante todo o período de incubação. Apenas ocorreram pequenos picos aos 28 dias, coincidindo com as máximas taxas de decréscimos de carbono (Figura 1). Pelo Quadro 14 observa-se significação estatística somente entre o tratamento A e os demais B, C e D, que receberam nitrogênio suplementar. Aqui há indício de que uma maior imobilização ocorreu aos 28 dias (picos na Figura 2) e está relacionada com a adição de Nitrogênio. Os picos se acentuaram à medida que cresceram as doses de nitrogênio adicionadas.

Quadro 14 - Significação estatística entre os teores médios de nitrogênio total de cada tratamento - Solo Série Iracema

Tratamento	Tratamento	A (0,2363)	B (0,2472)	C (0,2427)	D (0,2436)
	A(0,2363)		**	*	**
	B(0,2472)			n.s.	n.s.
	C(0,2427)				n.s.

Teste de Tukey 5% = 0,0053 ** significativo a 1%

1% = 0,0067 * significativo a 5%

n.s. não significativo

A Figura 3 revela que em todos os tratamentos os processos de decomposição da matéria orgânica são acompanhados de estreitamento da relação C/N do solo. Os valores destas relações em todos os tratamentos se estreitaram mais rapidamente no período inicial da incubação até os 28 dias, passando daí a se estreitarem mais moderadamente, tendendo a uma estabilização já no final do período. Em relação ao tratamento A (solo + matéria orgânica), os demais tratamentos B, C e D, que receberam doses crescentes de nitrogênio suplementar, apresentaram, durante todo o período de incubação, relações C/N mais estreitas.

Estas relações se estreitaram mais acentuadamente à medida que cresceram as doses de nitrogênio aplicadas (Figura 3).

Pelo Quadro 15 observa-se uma não significação estatística (teste de Tukey) entre os tratamentos B (solo + matéria orgânica + 50 kg N/ha) e C (solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha) apesar de no final do período de incubação ter ocorrido uma nítida diferença entre suas relações C/N (Figura 3).

Pelo fato dos teores de nitrogênio total terem permanecido praticamente constantes durante o período de incubação, deduz-se que as adições de N mineral intensificaram a decomposição da matéria orgânica, ocasionando maiores perdas de carbono do solo e, conseqüentemente, maiores estreitamentos das relações C/N do solo. Este fato está

comprovado nos trabalhos de NORMAN (1943), HOPKINS (1948) e ALLISON (1973).

Quadro 15 - Significação estatística entre as relações C/N médias de cada tratamento ao final do experimento. Solo Série Iracema

Tratamento	A (12,0202)	B (10,2932)	C (10,0316)	D (8,7017)
A(12,0202)		**	**	**
B(10,2932)			n.s.	**
C(10,0316)				**

Teste de Tukey 5% = 0,7793 ** significativo a 1%

1% = 0,9716 * significativo a 5%

n.s. não significativo

4.2 - Solo Série Luiz de Queiroz

4.2.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e

Relação C/N

Examinando-se os Quadros 16, 17 e 18, pode-se constatar que ocorreram diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de carbono, entre os teores de nitrogênio total e

solo série "Iracema"

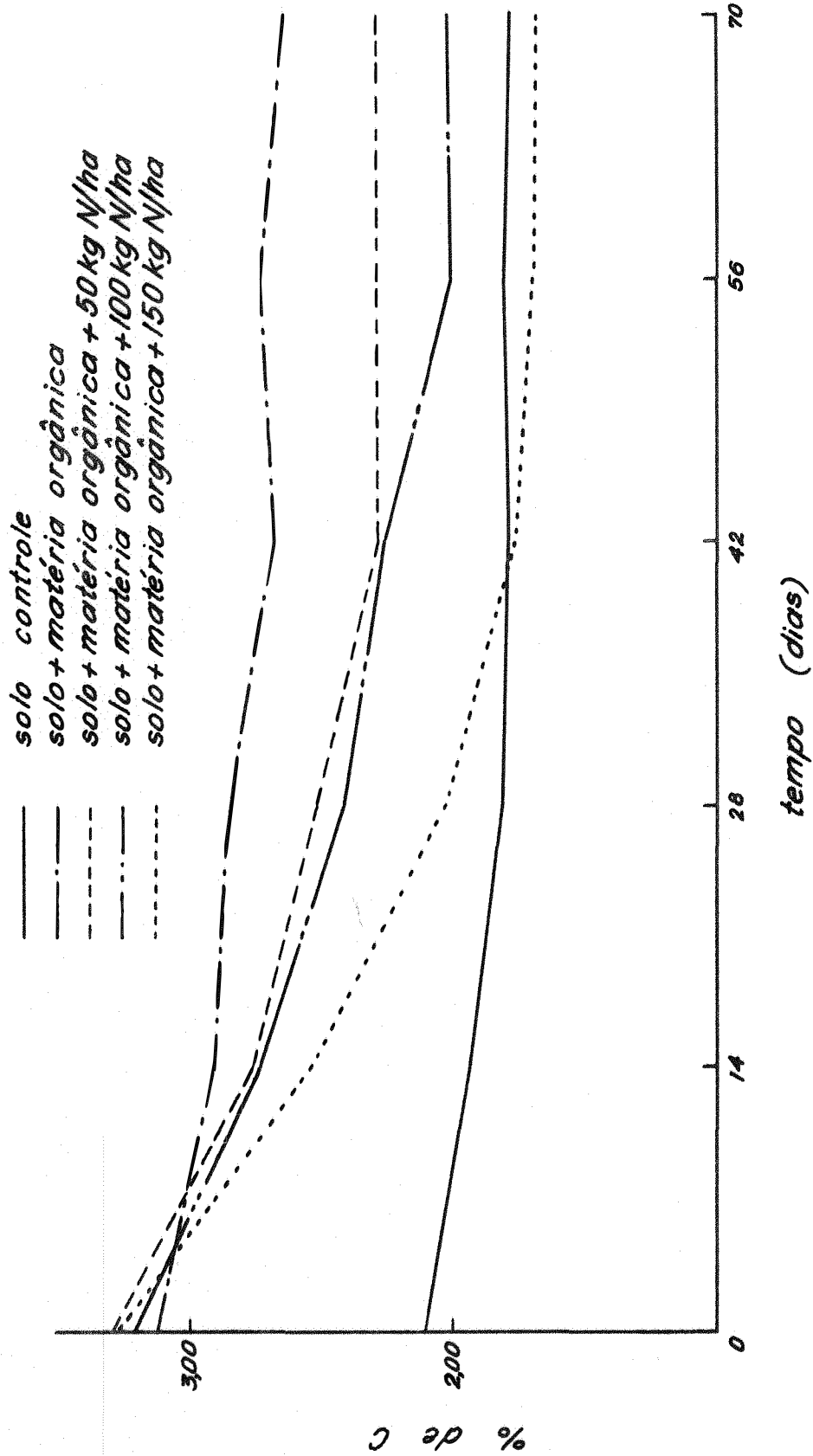


Fig. 1 - Evolução dos teores de carbono (C)

solo série "Iracema"

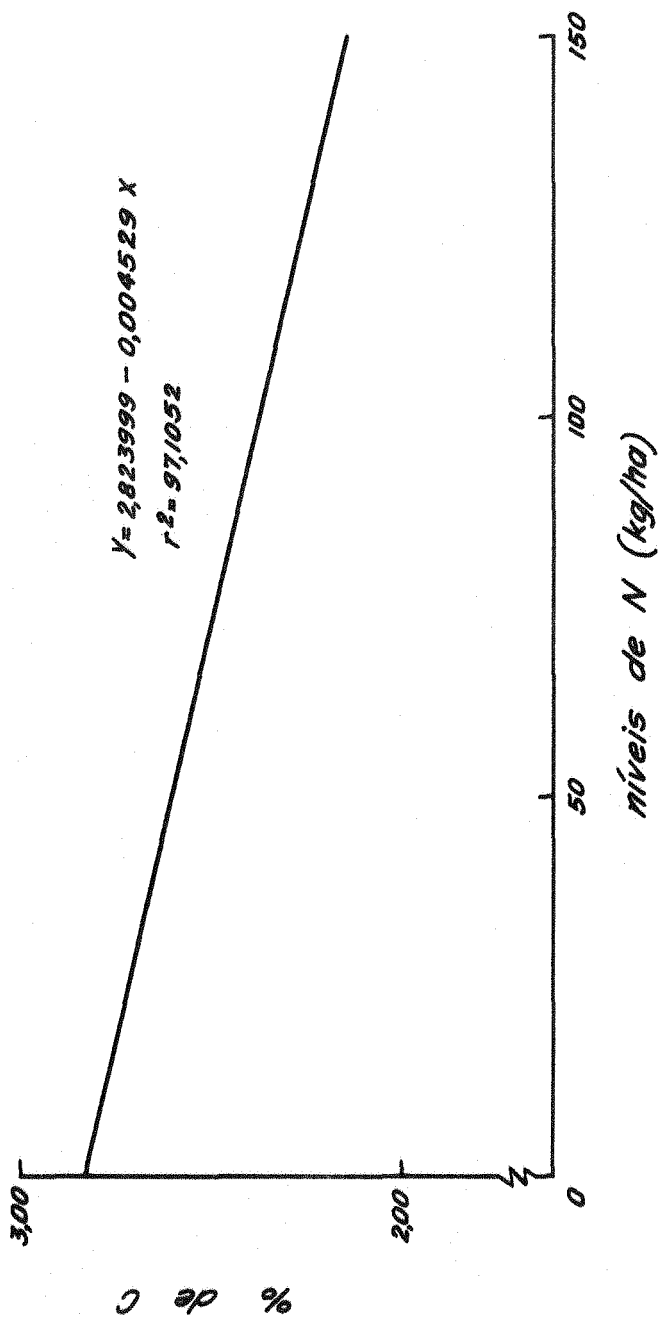


Fig. 1a - Equação de regressão do carbono do solo em função dos níveis de nitrogênio adicionado

solo série "Iracema"

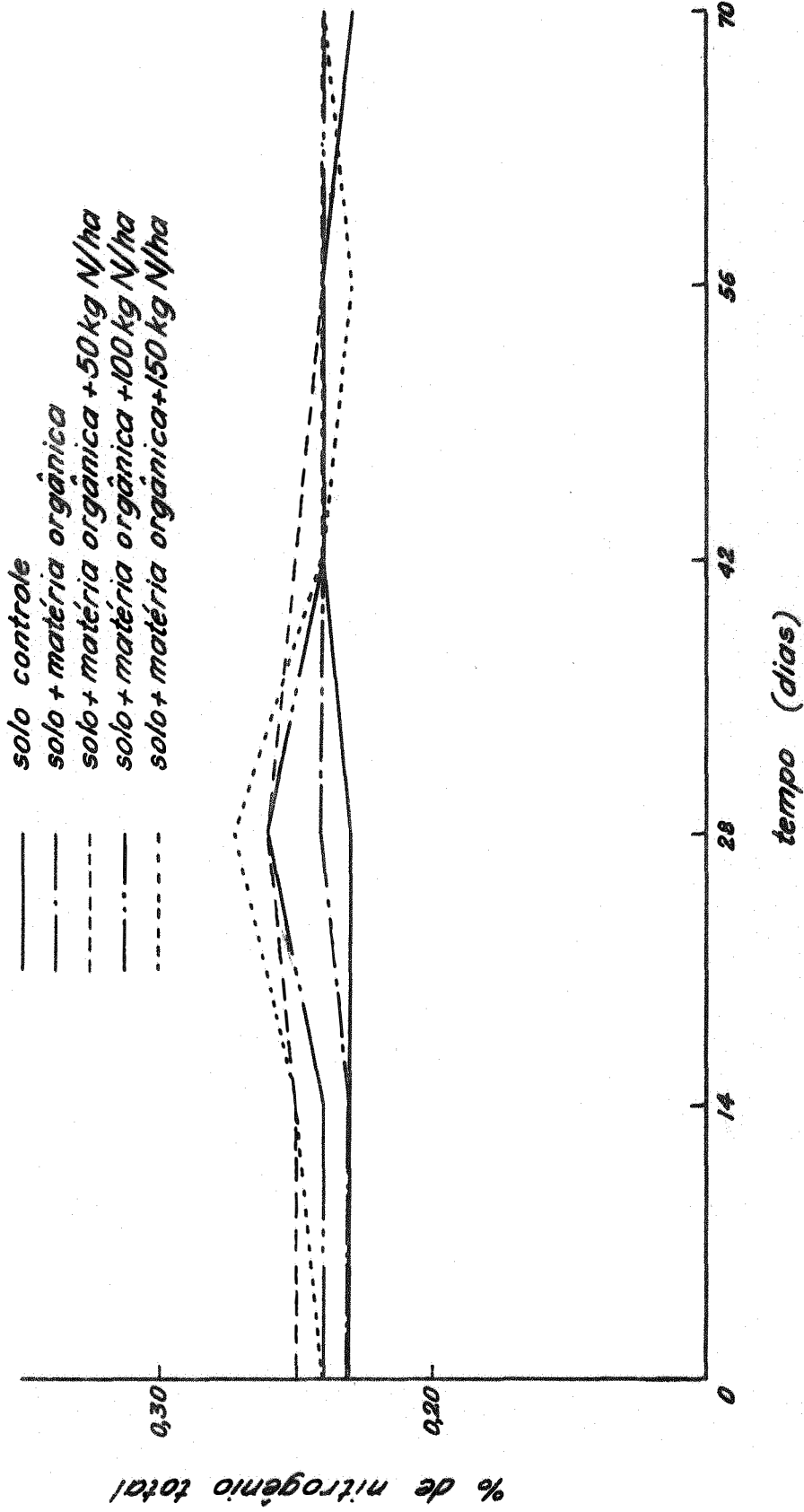


Fig. 2 - Evolução dos teores de nitrogênio total

solo série "Iracema"

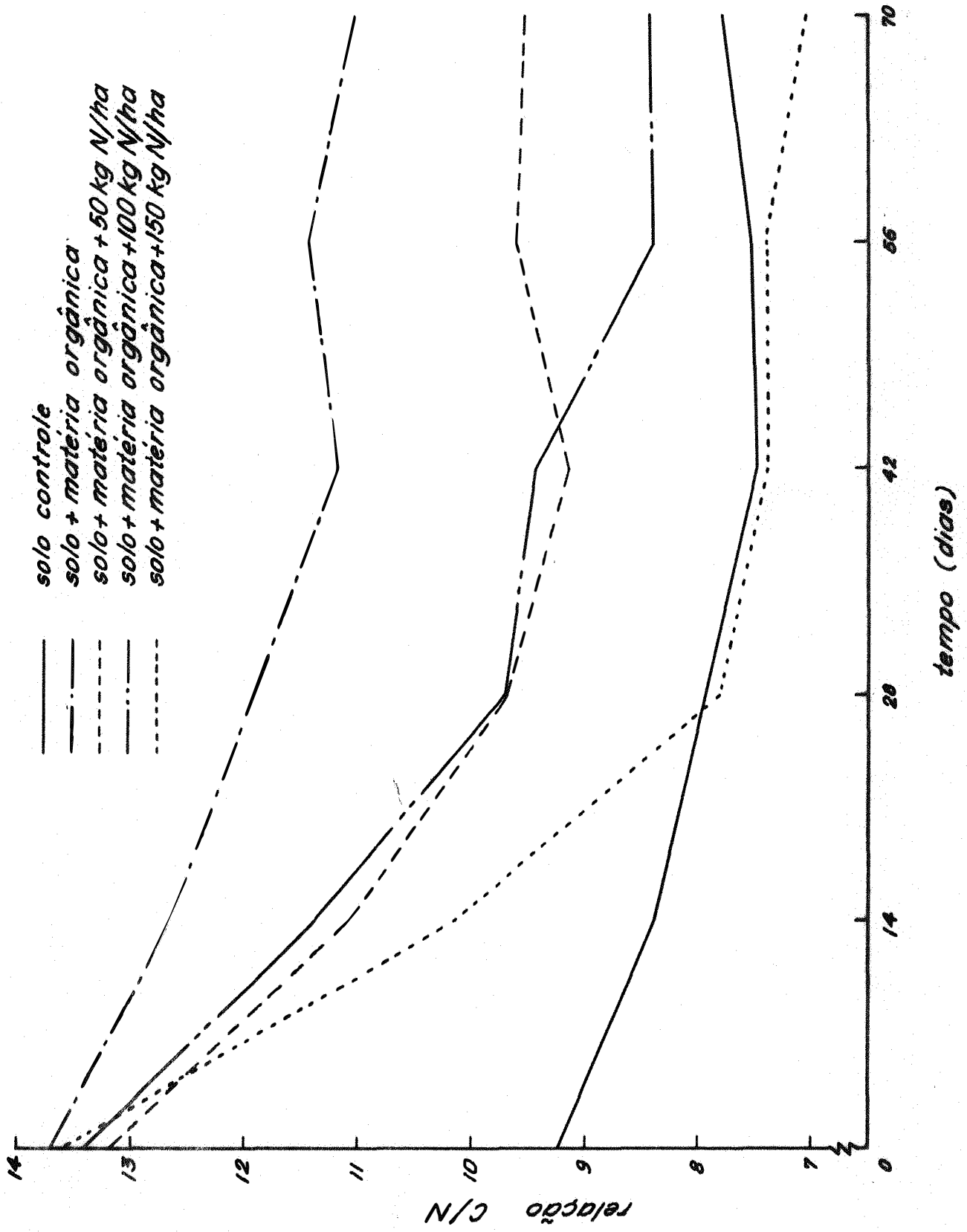


Fig. 3 - Evolução da relação C/N

solo série "Iracema"

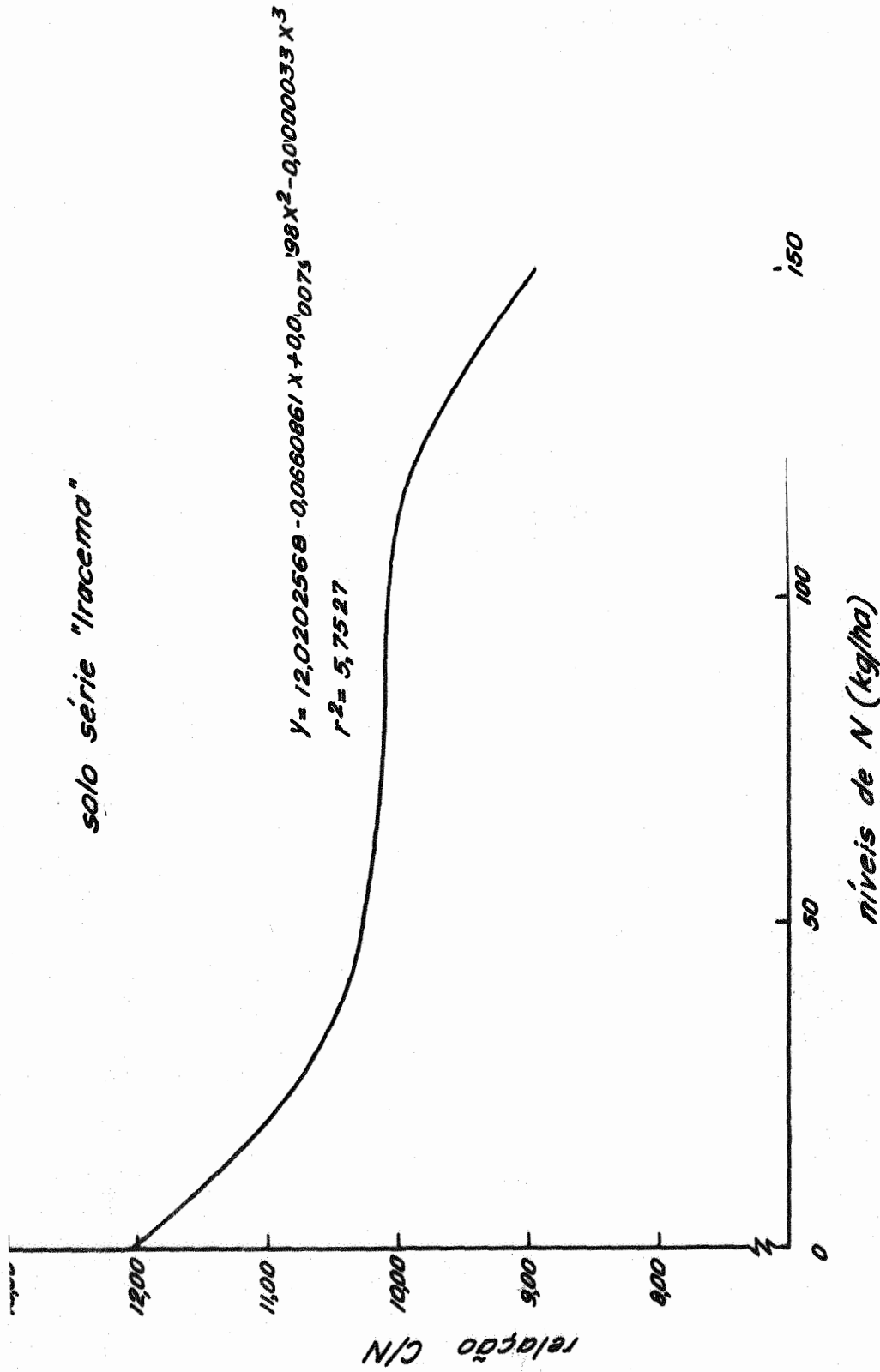


Fig. 3a - Equação de regressão da relação C/N do solo em função dos níveis de nitrogênio adicionado

entre os valores das relações C/N do solo, tanto em relação aos tratamentos como em relação aos blocos (épocas de amostragens).

Quadro 16 - Análise de variância para o carbono - Solo Série Luiz de Queiroz

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	0,923572	0,307857	43,4311**
Blocos ¹	10	3,962674	0,396267	55,9036**
Resíduo	30	0,212651	0,007088	
Total	43	5,098898		

C.V. = 4,5887

¹ Representam as épocas de amostragens.

Quadro 17 - Análise de variância para o nitrogênio total - Solo Série Luiz de Queiroz

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	0,000243	0,000081	3,1109**
Blocos ¹	10	0,001290	0,000129	4,9538**
Resíduo	30	0,000781	0,000026	
Total	43	0,002315		

C.V. = 2,4547

¹ Representam as épocas de amostragens

Quadro 18 - Análise de variância para a relação C/N - Solo Série
Luiz de Queiroz

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	27,670732	9,223577	44,4193**
Blocos ¹	10	85,615373	8,561537	41,2310**
Resíduo	30	6,229436	0,207647	
Total	43	119,515543		

C.V. = 5,1612

¹ Representam as épocas de amostragens

Na Figura 4 observa-se que de maneira semelhante à série Iracema, os teores de carbono decresceram mais rapidamente à medida que cresceram as doses de N mineral aplicadas. Para todos os casos verifica-se um decréscimo inicial rápido seguido de um mais moderado e finalmente uma tendência a estabilização. Em todos os tratamentos os decréscimos de carbono praticamente se estabilizaram a partir dos 42 dias de incubação, inclusive o solo controle, exceto o tratamento solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha que se estabilizou apenas a partir dos 56 dias. No Quadro 19, onde são apresentadas as significações estatísticas entre os teores médios de carbono de cada tratamento, vê-se que se verificou significância estatística ao nível de 1% (teste Tukey) entre todos os tratamentos.

Aqui, como no solo Série Iracema, evidencia-se a influência do nitrogênio suplementar em acelerar as perdas de carbono do solo.

Quadro 19 - Significação estatística entre os teores médios de carbono de cada tratamento - Solo Série Luiz de Queiroz

Tratamento	A ₁ (2,0272)	B ₁ (1,9045)	C ₁ (1,7654)	D ₁ (1,6441)
A ₁ (2,0272)		**	**	**
B ₁ (1,9045)			**	**
C ₁ (1,7654)				**

Teste de Tukey 5% = 0,0977 ** significativo a 1%

1% = 0,1218 * significativo a 5%

n.s. não significativo

Quadro 20 - Nitrogênio adicionado e percentagem de carbono que permaneceu no solo após 70 dias de incubação - Solo Série Luiz de Queiroz

Tratamento	N adicionado (kg/ha)	% C do solo após dias de incubação		% C em relação ao inicial após 70 dias
		0	70	
A ₁	0	2,59	1,64	63,3
B ₁	50	2,43	1,53	62,9
C ₁	100	2,50	1,38	55,2
D ₁	150	2,44	1,43	58,6

A evolução dos teores de nitrogênio total no solo Série Luiz de Queiroz (Figura 5) se comportou de maneira semelhante ao da Série Iracema. Novamente ocorreram pequenos picos aos 28 dias de incubação, coincidindo com um período logo após a rápida taxa de perda de carbono. Os picos se acentuaram à medida que cresceram as doses de nitrogênio adicionadas, indicando que uma maior imobilização neste período está relacionada às adições de N mineral.

Quadro 21 - Significação estatística entre os teores médios de Nitrogênio total de cada tratamento - Solo Série Luiz de Queiroz

Tratamento	A ₁ (0,2045)	B ₁ (0,2072)	C ₁ (0,2090)	D ₁ (0,2109)
A ₁ (0,2045)		n.s.	n.s.	*
B ₁ (0,2072)			n.s.	n.s.
C ₁ (0,2090)				n.s.

Teste de Tukey 5% = 0,0059 ** significativo a 1%

1% = 0,0073 * significativo a 5%

n.s. não significativo

Durante todo o período de incubação, a decomposição da matéria orgânica foi acompanhada por estreitamentos das relações C/N de todos os tratamentos.

De uma maneira geral as relações C/N de todos os tratamentos do solo Série Luiz de Queiroz (Figura 5) se comportaram analogamente às do solo Série Iracema, corroborando as considerações já discutidas. Examinando-se o Quadro 22 constata-se significações estatísticas ao nível de 1% (teste de Tukey) entre todos os tratamentos, exceto entre os tratamentos C₁ (solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha) e D₁ (solo + matéria orgânica + 150 kg N/ha) que foi a 5%.

Quadro 22 - Significação estatística entre as relações C/N médias de cada tratamento - Solo Série Luiz de Queiroz

Tratamento	Tratamento	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
		(9,9034)	(9,1851)	(8,4380)	(7,7891)
A ₁ (9,9034)			**	**	**
B ₁ (9,1851)				**	**
C ₁ (8,4380)					*

Teste de Tukey 5% = 0,5289 ** significativo a 1%

1% = 0,6594 * significativo a 5%

n.s. não significativo

solo série "Luiz de Queiroz"

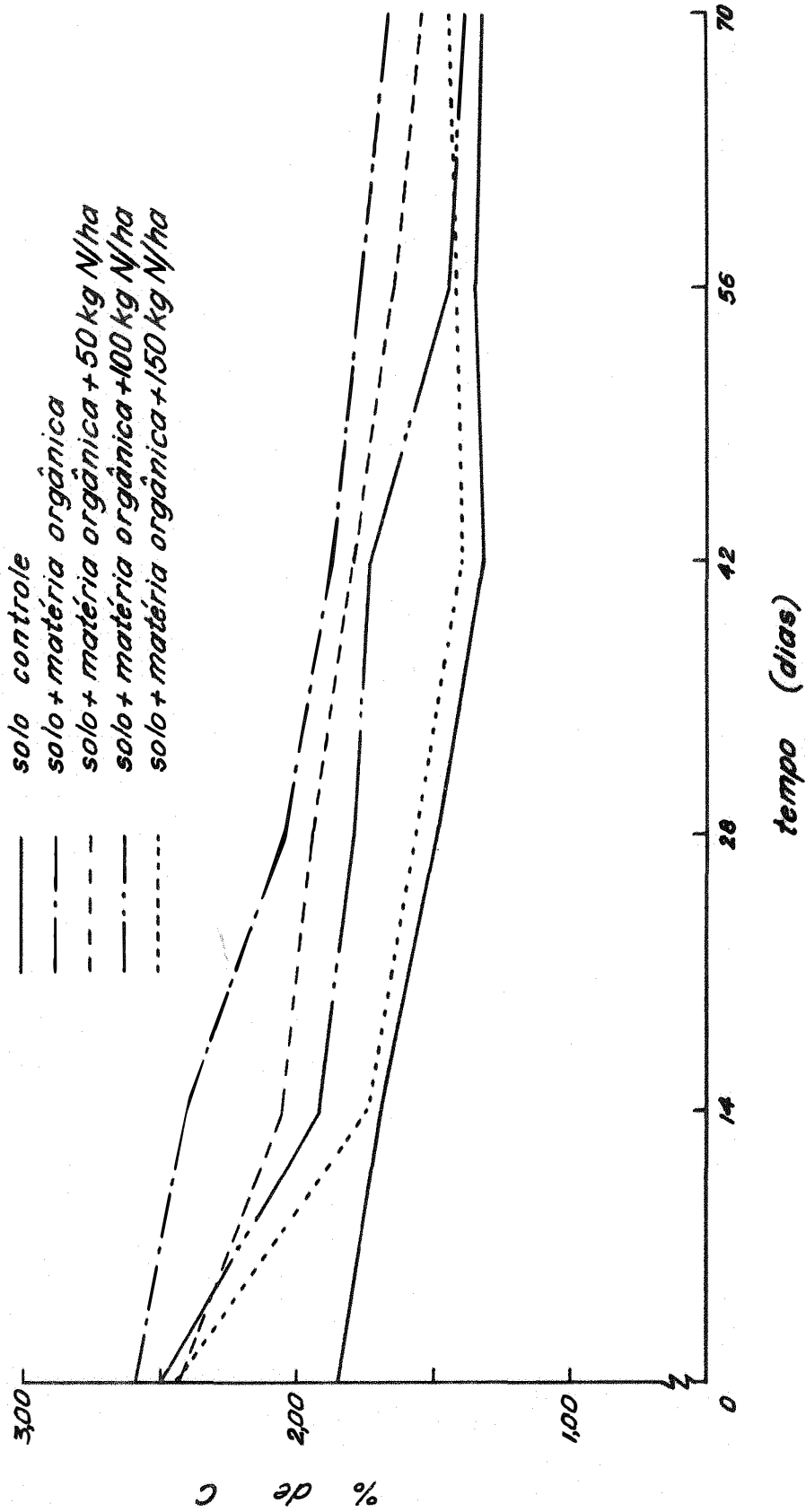


Fig. 4 - Evolução dos teores de carbono (C)

solo série "Luiz de Queiroz"

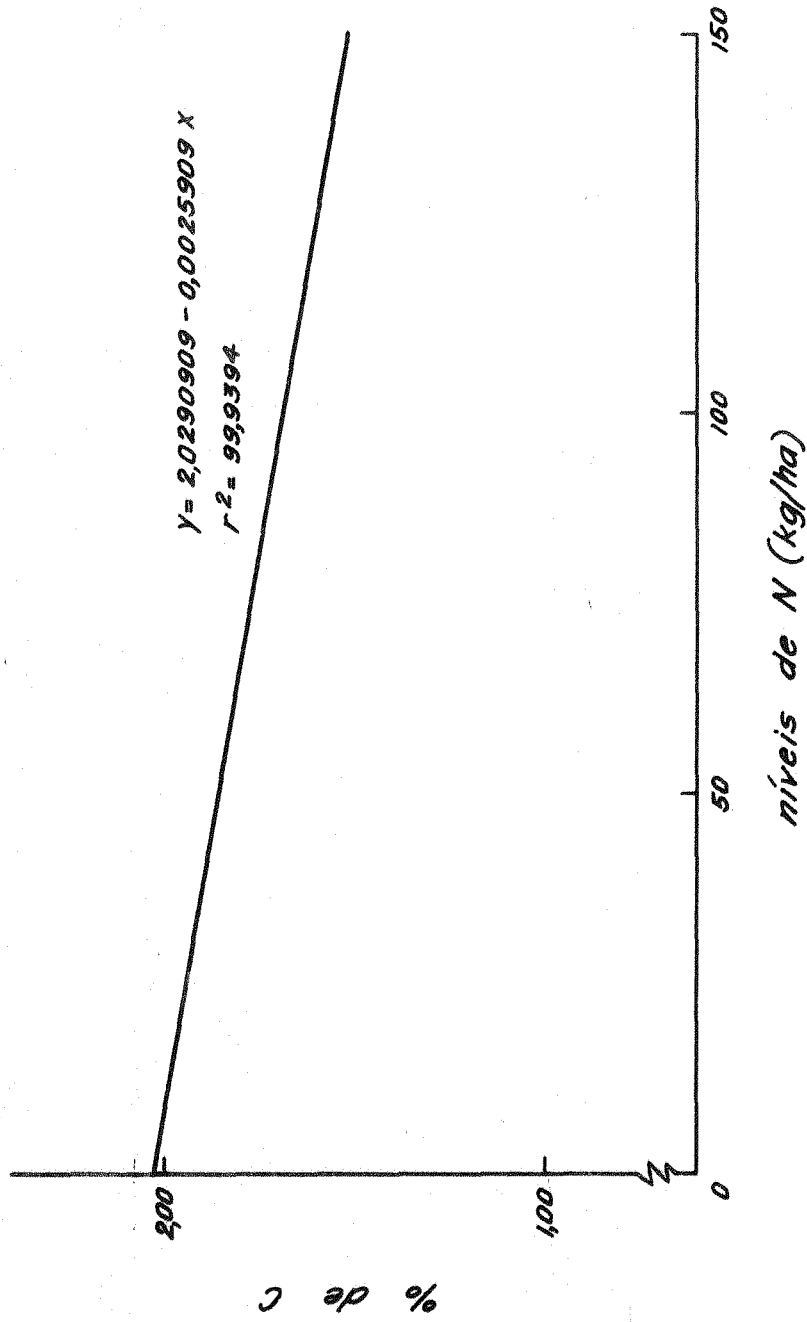


Fig. 4a - Equação de regressão do carbono (C) do solo em função dos níveis de nitrogênio (N) adicionado

solo série "Luiz de Queiroz"

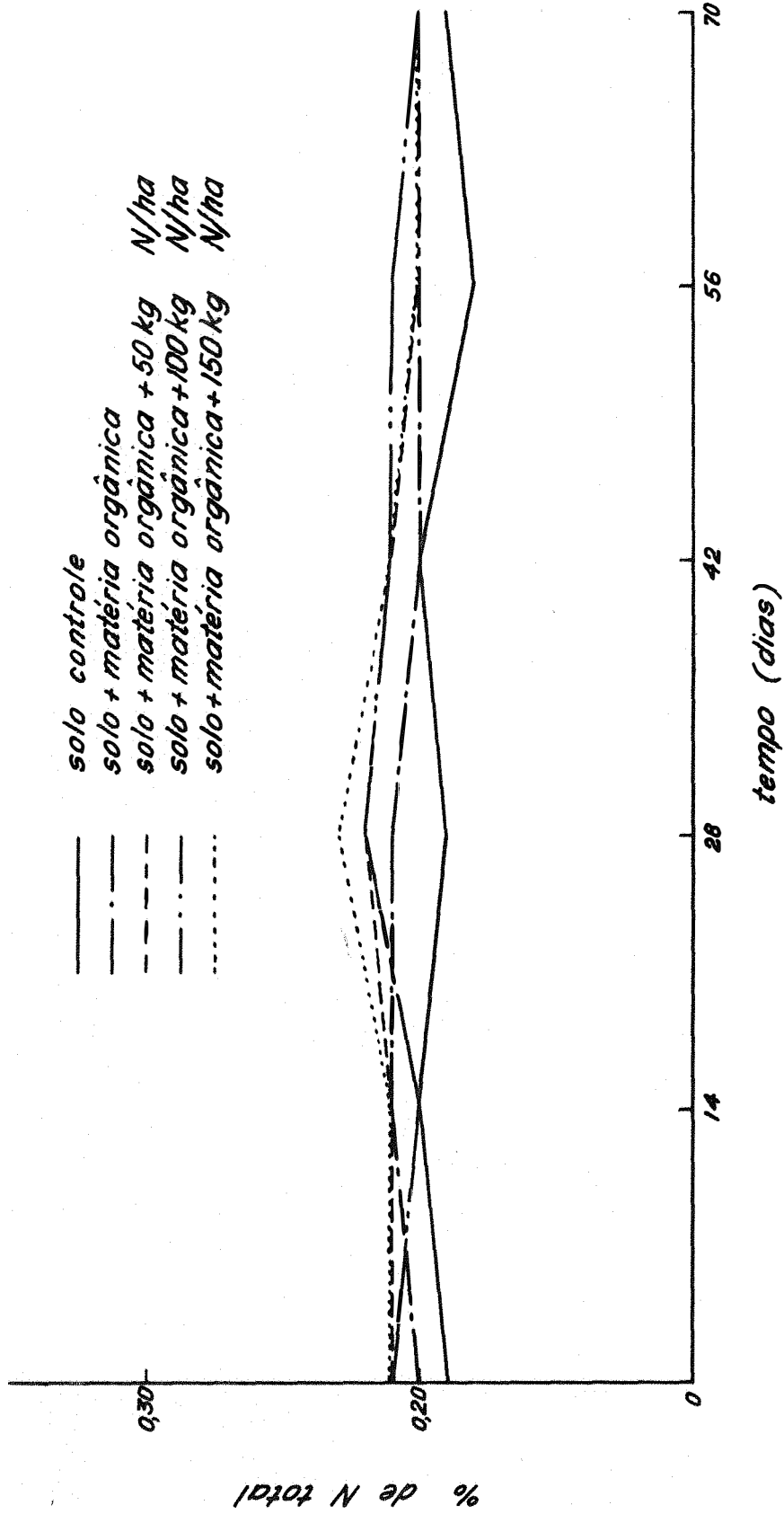


Fig.5 - Evolução dos teores de nitrogênio (N) total

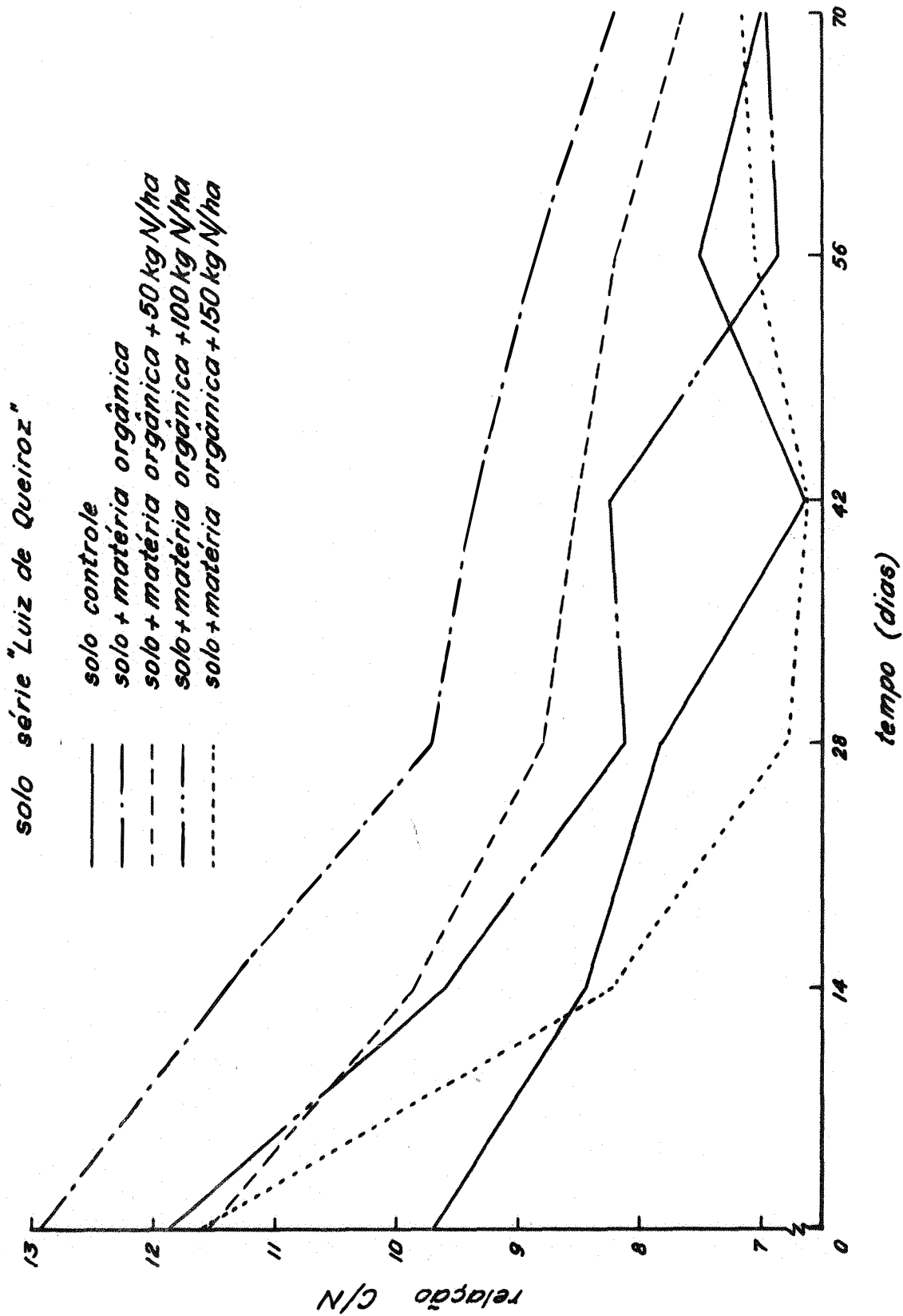


Fig. 6 - Evolução da relação C/N

solo série "Luiz de Queiroz"

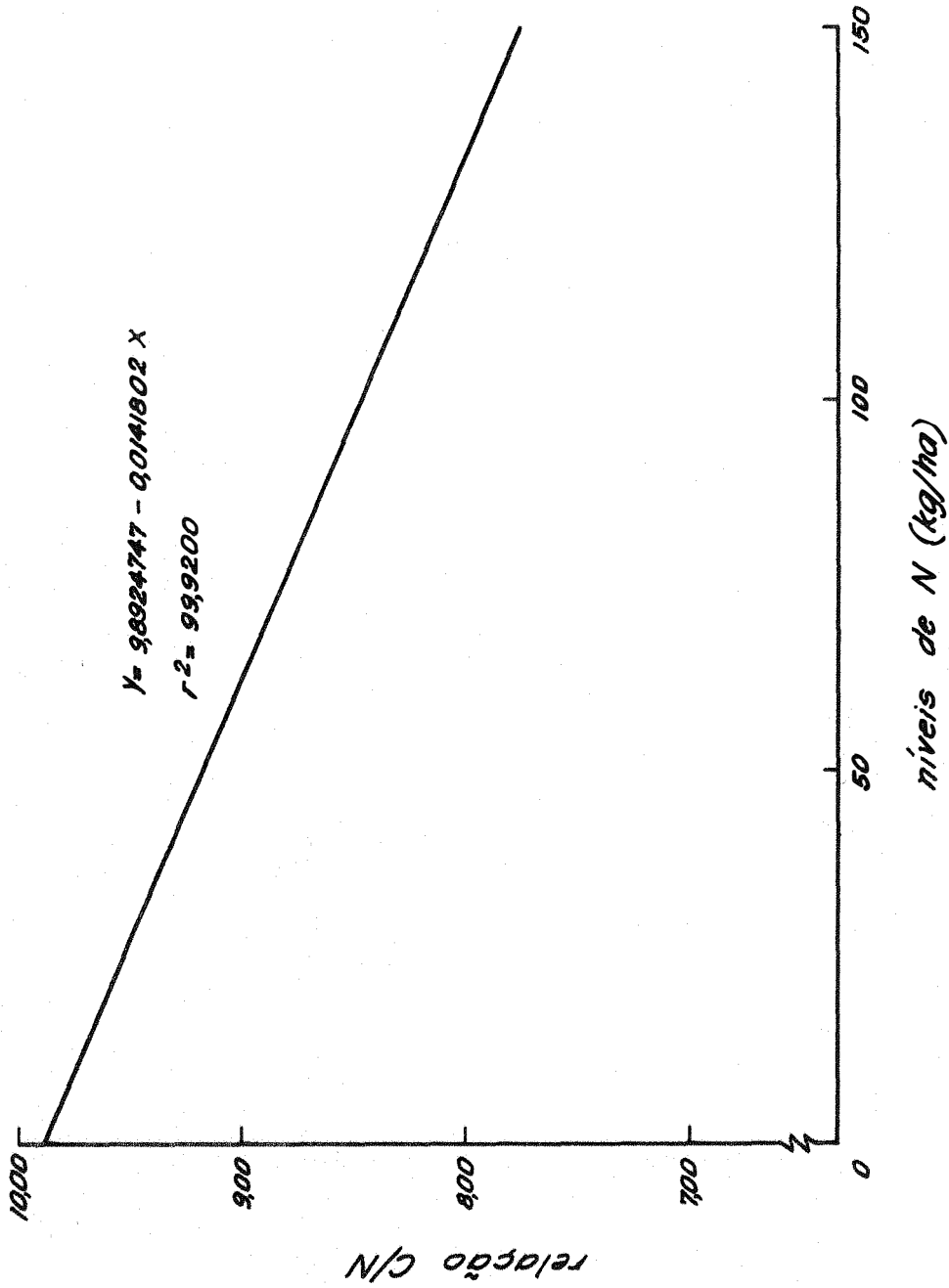


Fig. 6a - Equação de regressão da relação C/N do solo em função dos níveis de nitrogênio adicionado

4.3 - Solo Série Guanium

4.3.1 - Comportamento do Carbono, Nitrogênio Total e Relação C/N

Foram encontradas diferenças significativas ao nível de 1% (teste F) entre os teores de carbono, entre os teores de nitrogênio total e entre os valores das relações C/N do solo, tanto em relação aos tratamentos como em relação aos blocos (épocas de amostragens).

Quadro 23 - Análise de variância para o carbono - Solo Série Guanium

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	2,056274	0,685424	41,3841**
Blocos ¹	10	6,559924	0,655992	39,6070**
Resíduo	30	0,496875	0,016562	
Total	43	9,113073		

C.V. = 7,2006

¹ Representam as épocas de amostragens.

Quadro 24 - Análise de variância para o nitrogênio total - Solo Série Guamium

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	0,000172	0,000057	4,5787**
Blocos ¹	10	0,002604	0,000260	20,7117**
Resíduo	30	0,000377	0,000012	
Total	43	0,003154		

C.V. = 1,93

¹ Representam as épocas de amostragens.

Quadro 25 - Análise de variância para a relação C/N - Solo Série Guamium

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Teste F
Tratamentos	3	60,650852	20,216950	33,2391**
Blocos ¹	10	223,937446	22,393744	36,8180**
Resíduo	30	18,246795	0,608226	
Total	43	302,835094		

C.V. = 7,9636

¹ Representam as épocas de amostragens.

Entre todos os solos estudados, o solo série Guamium foi o que mais marcadamente revelou a influência das adições de N mineral na velocidade de perda do carbono do solo. Como é vastamente comprovado na literatura, o período inicial de decomposição é mais acelerado e coincide com a atividade máxima da população microbiana, que se verifica logo após a adição de resíduos orgânicos ao solo. Na Figura 7 visualiza-se claramente, neste período, uma nítida diferença nas taxas de liberação do carbono entre o tratamento solo + matéria orgânica e os demais, que receberam nitrogênio suplementar. Este período crítico alcançou um máximo aos 14 dias, passando em seguida a configurar taxas de perdas mais moderadas, alcançando uma estabilização a partir dos 42 dias. Apesar de no período inicial, o solo com matéria orgânica diferir acentuadamente daqueles com matéria orgânica mais nitrogênio suplementar, observa-se que à medida que se aproxima do final do período de incubação os teores de carbono residual (Quadro 27) tendem a se igualarem. Isto está de acordo com o que postularam PINCK et al (1950) ao afirmarem que o N suplementar constitui um fator de aceleração da decomposição da matéria orgânica. No Quadro 26 observa-se uma não significância estatística (teste de Tukey) somente entre os tratamentos B₂ (solo + matéria orgânica + 50 kg N/ha) e C₂ (solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha), apesar de no período crítico inicial, todos os tratamentos que receberam N mineral terem apresentado equivalentes taxas de perdas de carbono.

Quadro 26 - Significação estatística entre os teores médios de carbono de cada tratamento - Solo Série Guanium

Tratamento	Tratamento	A2 (2,1254)	B2 (1,7881)	C2 (1,7045)	D2 (1,5309)
	A2(2,1254)		**	**	**
	B2(1,7881)			n.s.	**
	C2(1,7045)				*

Teste de Tukey 5% = 0,1493

** significativo a 1%

1% = 0,1862

* significativo a 5%

n.s. não significativo

Quadro 27 - Nitrogênio adicionado e percentagem de carbono que permaneceu no solo após 70 dias de incubação - Solo Série Guanium

Tratamento	N adicionado (kg/ha)	% de C do solo após dias de incubação		% de C em relação ao inicial após 70 dias
		0	70	
A2	0	2,70	1,70	62,9
B2	50	2,71	1,47	54,2
C2	100	2,74	1,38	50,3
D2	150	2,72	1,21	44,4

Pela Figura 8 podemos verificar que o comportamento do nitrogênio total durante todo o período de incubação foi similar aos demais solos. Novamente pequenos picos ocorreram aos 28 dias, sendo que no presente caso todos os tratamentos apresentaram grandezas de acréscimos equivalentes, exceto o solo controle. No Quadro 28 constata-se que, com exceção dos tratamentos C e D, todos os outros não apresentaram significância estatística (teste de Tukey) entre si. Os picos verificados aos 28 dias indica que neste período uma maior imobilização ocorreu. Contudo, em virtude de todos os tratamentos terem apresentado picos equivalentes, não se pode visualizar a influência dos diferentes níveis do N mineral aplicado.

Quadro 28 - Significação estatística entre os teores médios de nitrogênio total de cada tratamento. Solo Série Guanium.

Tratamento	A ₂ (0,1836)	B ₂ (0,1836)	C ₂ (0,1799)	D ₂ (0,1854)
A ₂ (0,1836)		n.s.	n.s.	n.s.
B ₂ (0,1836)			n.s.	n.s.
C ₂ (0,1799)				**

Teste de Tukey 5% = 0,0041 ** significativo a 1%

1% = 0,0051 * significativo a 5%

n.s. não significativo

De maneira similar aos demais solos, as relações C/N do solo Série Guamium (Figura 9) se estreitaram à medida que o processo de composição se desenvolvia e foram mais acentuados no período inicial de incubação até os 28 dias, passando a estreitamentos mais moderados e alcançando uma estabilização ao final do período de incubação. Ficou demonstrado novamente a influência do nitrogênio nas taxas de perdas do carbono e, conseqüentemente, nos maiores estreitamentos das relações C/N. Até os 28 dias os tratamentos solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha e solo + matéria orgânica + 150 kg N/ha apresentaram estreitamentos equivalentes para em seguida apresentarem comportamentos diferentes, evidenciando-se mais uma vez o efeito do N adicionado.

No Quadro 29 nota-se que, com exceção dos tratamentos C₂ (solo + matéria orgânica + 100 kg N/ha) e B₂ (solo + matéria orgânica + 50 kg N/ha), todos os outros apresentaram significações estatísticas (teste de Tukey) ao nível de 1%.

Quadro 29 - Significação estatística entre as relações C/N médias de cada tratamento. Solo Série Guamium

Tratamento \ Tratamento	A ₂ (11,5763)	B ₂ (9,7645)	C ₂ (9,5455)	D ₂ (8,2858)
A ₂ (11,5763)		**	**	**
B ₂ (9,7645)			n.s.	**
C ₂ (9,5455)				**

Teste de Tukey 5% = 0,9053 ** significativo a 1%
1% = 1,1286 * significativo a 5%
n.s. não significativo

solo série "Guamium"

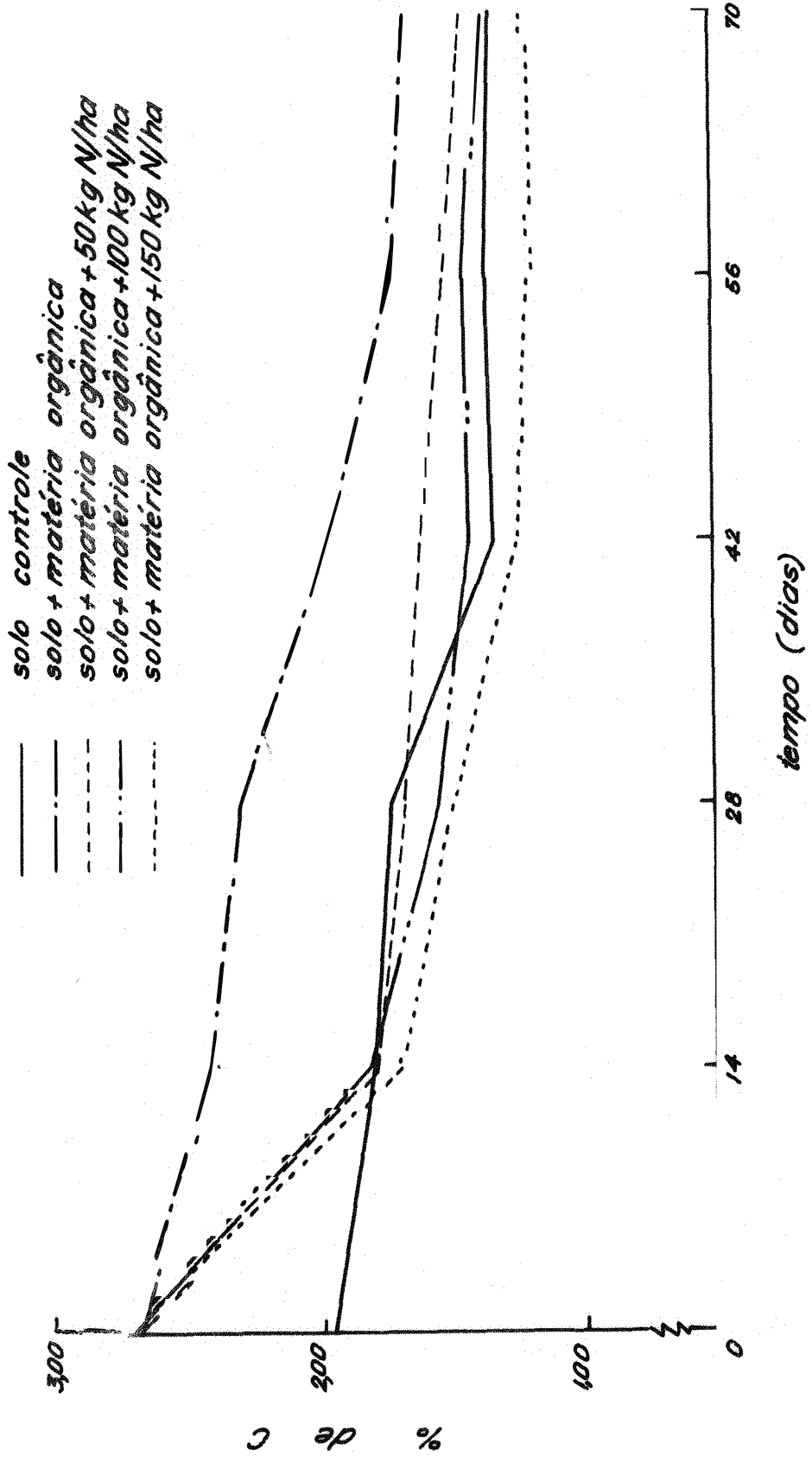


Fig. 7 - Evolução dos teores de carbono (C)

solo série "Guamium"

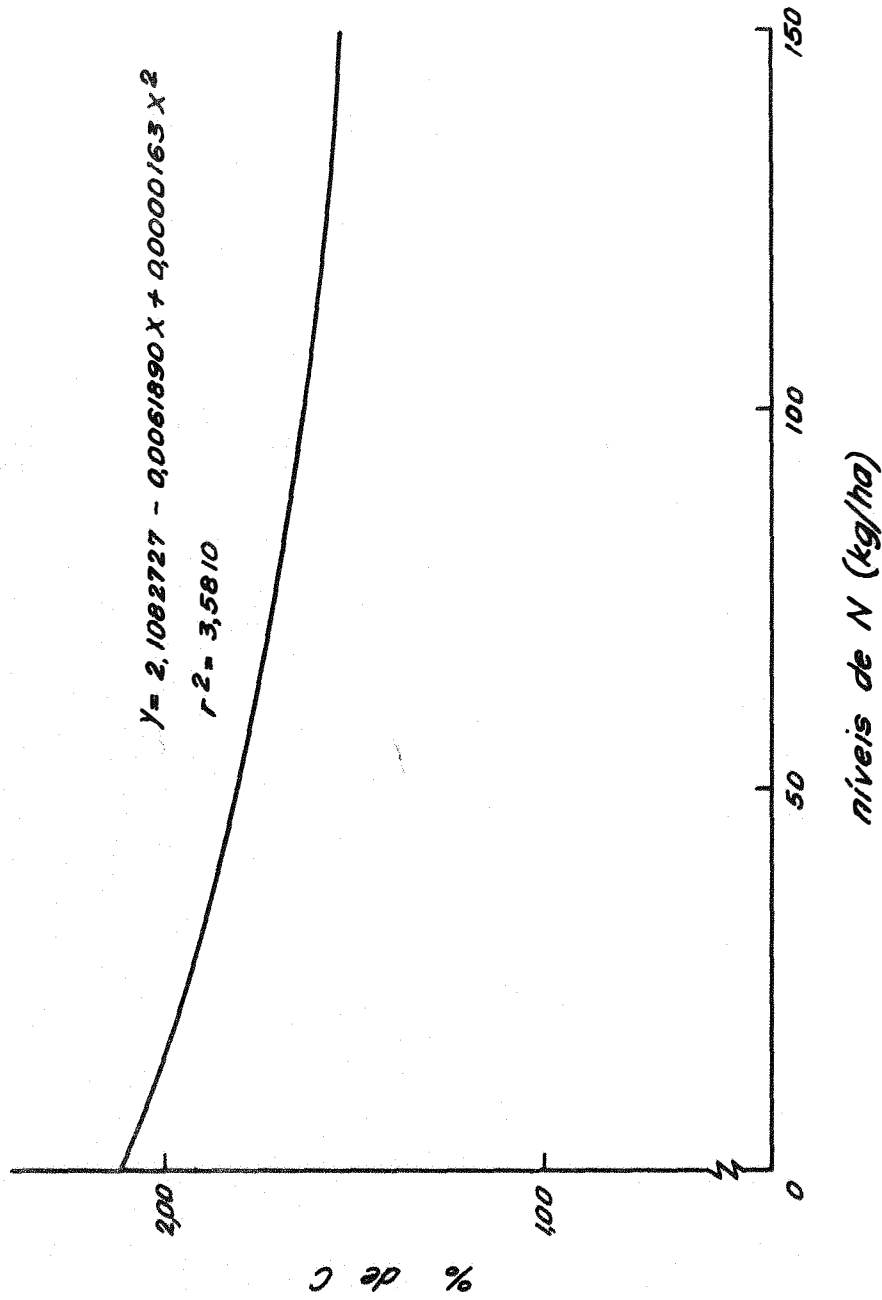


Fig. 7a - Equação de regressão do carbono do solo em função dos níveis de nitrogênio adicionado

solo série Guamium

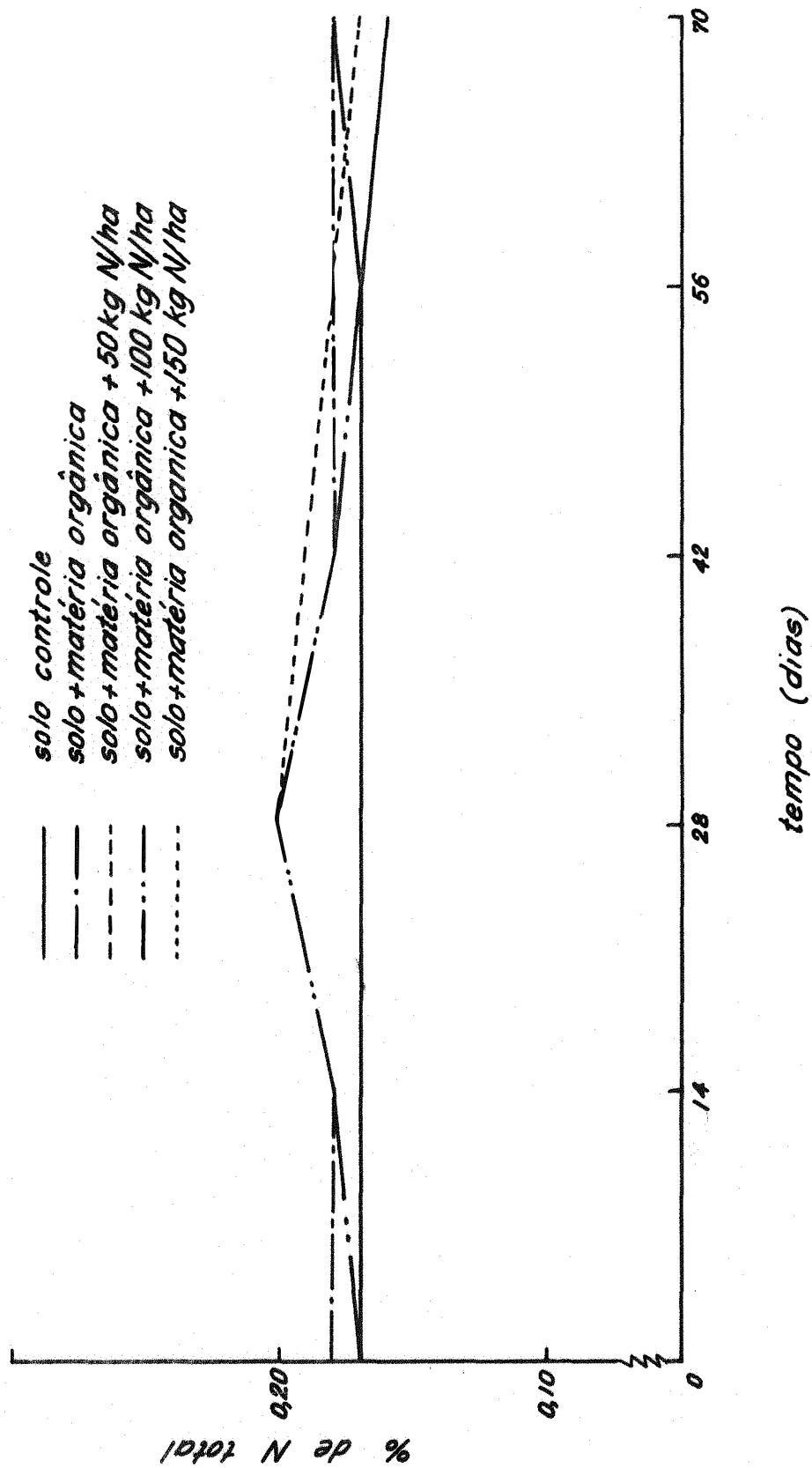


Fig. 8 - Evolução dos teores de nitrogênio total (N)

solo série "Guamium"

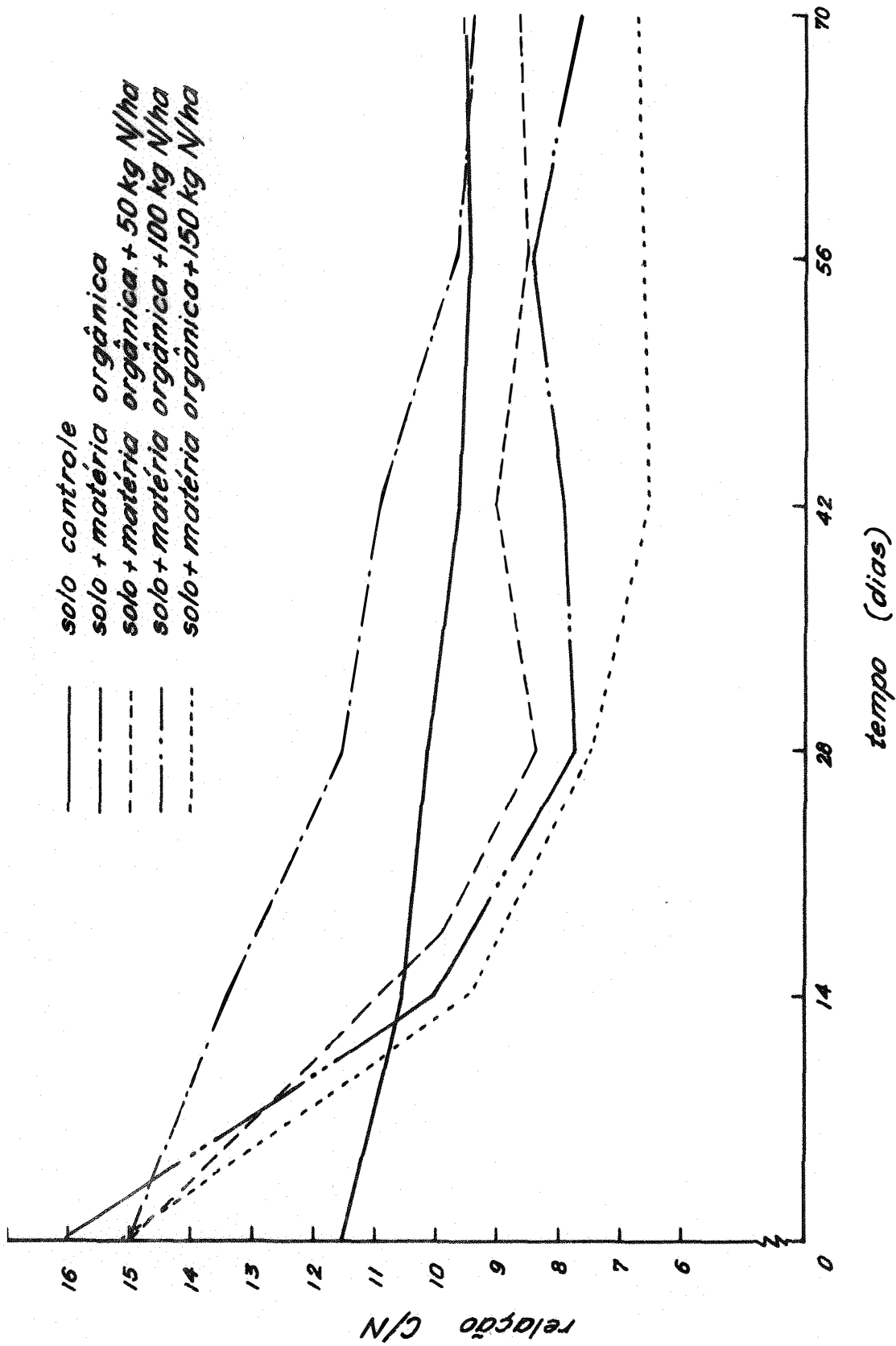


Fig. 9 - Evolução da relação C/N

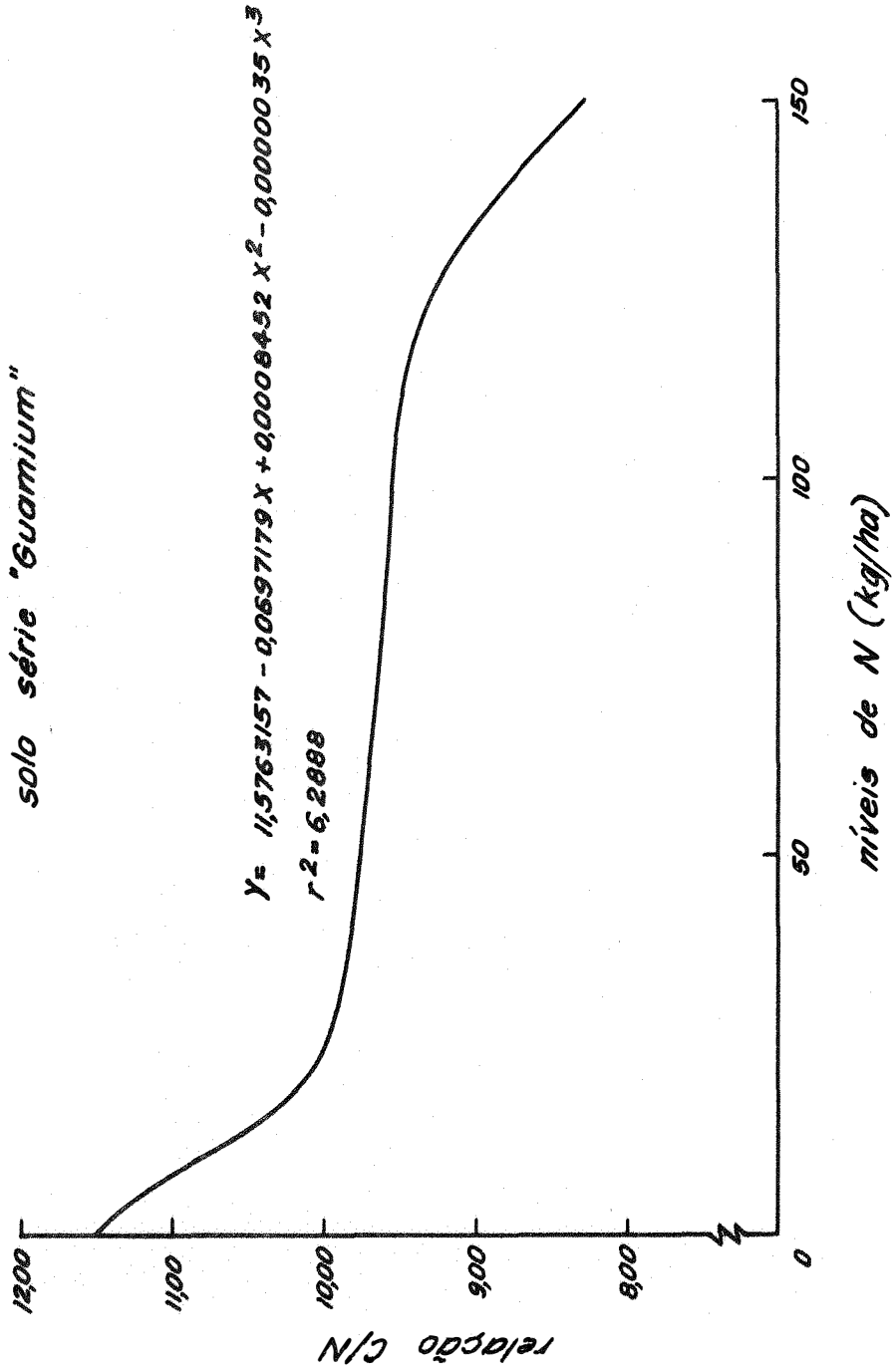


Fig. 9a - Equação de regressão da relação C/N do solo em função do nitrogênio adicionado

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O experimento foi conduzido em vasos utilizando-se três solos argilosos do município de Piracicaba, S.P. Objetivou fornecer informações sobre a decomposição de resíduos orgânicos (restos de cultura de milho aplicados na proporção de 50 ton/ha), bem como, a influência do nitrogênio (sob forma de sulfato de amônio, nos níveis de 0, 50, 100 e 150 kg N/ha) sobre as taxas de degradação do material orgânico adicionado. Foi instalado em condições ambientais ao abrigo da chuva. A avaliação da decomposição foi feita mediante determinações dos teores de carbono e das relações C/N dos solos, durante todo o período de incubação (70 dias). As amostras foram coletadas e analisadas semanalmente. A umidade foi mantida a um nível de 70% da água retida a 1/3 atm.

O trabalho permitiu as seguintes conclusões:

1 - Em todos os solos estudados a adição de nitrogênio mineral acelerou as perdas de carbono do solo, constatando-se um efeito mais acentuado no período inicial de incubação.

2 - A adição de nitrogênio afetou os teores de carbono residual ao final do período de incubação (70 dias). Níveis crescentes de nitrogênio adicionado redundaram, ao final do período, em menores teores de carbono deixados no solo.

3 - Em todos os solos estudados a adição de nitrogênio afetou o comportamento das relações C/N. Por todo o período de incubação os tratamentos que receberam N mineral apresentaram relações C/N mais estreitas. No período inicial a velocidade de estreitamento dos valores estava relacionada à quantidade de N aplicada.

4 - Há um forte indício de que pequenos acréscimos no N total (com picos aos 28 dias) em todos os solos, estão relacionados à adição de nitrogênio mineral.

5 - Para os solos estudados e dentro de um período de incubação de 70 dias, a evolução dos teores de carbono e a evolução das relações C/N podem ser tomadas como parâmetros na avaliação das taxas de decomposição da matéria orgânica.

6. SUMMARY

The experiment was conducted in pots using three clayish soils from The municipal district of Piracicaba, S.P. The Objective of this work was to obtain information on the decay of organic residue (corn culture trash applied at the proportion of 50 ton/ha) and the influence of nitrogen (in the form of ammonium sulphate at the levels of 0, 50, 100 and 150 kg N/ha) on the added organic material rate of decay. The experiment was installed at room conditions and protected from rain. The evaluation of the decay was made by determinations of the carbon content and of the C/N ratio of the soils during the incubation period (70 days). The samples were collected and analyzed weekly. The moisture of the soils was maintained at the level of 70% of the water retained at 1/3 atm.

The work presented the following conclusions:

1 - The addition of mineral nitrogen in the soils accelerated the losses of carbon from the soils, showing a greater effect during the initial incubation period.

2 - The addition of nitrogen effected the content of residual carbon in the final incubation period (70 days). Increasing levels of added nitrogen lowered the remaining carbon content in the soil at the end of the incubation period.

3 - The addition of nitrogen effected the reaction of the C/N ratios in all the studied soils. The treatments that received mineral nitrogen showed closer C/N ratios during the incubation period. The amount of mineral nitrogen applied was related to the narrowing speed of the values in the initial incubation period.

4 - There is a strong indication that little increments of the total nitrogen (with peaks at the 28th day) are related to the addition of mineral nitrogen in all the soils.

5 - The evolution of the carbon content and of the C/N ratios can be taken as parameters in the evaluation of the organic material rates of decay for the studied soils and within an incubation period of 70 days.

7 - LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York, John Wiley. 472 p.
- ALLISON, F.E. e COVER, R.G. 1960. Rates of decomposition of short leaf pine sawdust in soil at various levels of nitrogen and lime. Soil Sci. 89:194-201.
- ALLISON, F.E. e KLEIN, C.J. 1962. Rates of immobilization and release of nitrogen following additions of carbonaceous materials and nitrogen to soils. Soil Sci. 93:383-386.
- ALLISON, F.E. 1973. Soil organic matter and its role in crop production. New York, Elsevier, 673p.
- BLACK, C.A. 1965. Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. of Agronomy, 29 V (Agronomy, 9).

- BROADBENT, F.E. e NORMAN, A.G. 1946. Some factors affecting the availability of the organic nitrogen in soil - A preliminary report. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 11:264-267.
- BROADBENT, F.E. 1947. Nitrogen release and carbon loss from soil organic matter during decomposition of added plant residues. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12:246-249.
- BROADBENT, F.E. e BARTHOLOMEW, W.V. 1948. The effect of quantity of plant material added to soil on its rate of decomposition. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 13:271-274.
- BROADBENT, F.E. 1968. Turnover of nitrogen in soil organic matter. Em: Study week on organic matter and soil fertility. John Wiley, New York.
- CATANI, R.A.; GALLO, J.R. e GARGANTINI, H. 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol. Inst. Agron. de Campinas, nº 69. 20p.
- CATANI, R.A.; BITTENCOURT, V.C. e BARRICHELLO, L.E. 1964. Estado atual da determinação do carbono no solo II. Em solos contendo 0,2 e 4% de carbono. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 21:116-125.
- JANSSON, S.L. e CLARK, F.E. 1952. Losses of nitrogen during decomposition of plant material in the presence of inorganic nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 16:330-334.

- JANSSON, S.L.; HALLAM, M.J. e BARTHOLOMEW, W.V. 1955. Preferential utilization of ammonium over nitrate by microorganisms in the decomposition of oat straw. Plant and Soil 6:382-390.
- HILTBOLD, A.E.; BARTHOLOMEW, W.V. e WERKMAN, C.H. 1950. The use of tracer techniques in the simultaneous measurement of mineralization and immobilization of nitrogen in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 15:166-173.
- HOPKINS, D.P. 1948. Chemicals humus and the soil. London, Faber and Faber. 278p.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P. e BINGHAM, F.T. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Sci. 68:419-432.
- MARTIN, T.L. 1925. Effect of straw on accumulation of nitrates and crop growth. Soil Sci 20:159-164.
- MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S.; PORTA, A. e FERRAZ, V. 1966. Uma adaptação do método Kjeldhal para a determinação do nitrogênio do solo envolvendo o uso de um microdestilador. Revta. Agric. Piracicaba, 41:117-119.
- NORMAN, A.G. 1943. Organic matter in soils. Yb. Agric. 499-510.

- PEEVY, W.J. e NORMAN, A.G. 1948. Influence of composition of plant materials on properties of the decomposed residues. Soil Sci. 65: 209-226.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E. e GADDY, V.L. 1946 a. Greenhouse experiments on the effect of green manures upon nitrogen recovery and soil carbon content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 10:230-234.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E. e GADDY, V.L. 1946 b. The nitrogen requirement in the utilization of carbonaceous residues in soil. Jour. Am. Soc. of Agronomy 38:410-420.
- PINCK, L.A. 1948. The effect of green manure crops of varying carbon-nitrogen ratios upon nitrogen availability and soil organic matter content. Jour. Am. Soc. of Agronomy 40:237-248.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E. e SHERMAN, M.S. 1950. Maintenance of soil organic matter: II. Losses of carbon and nitrogen from young and mature plant materials during decomposition in soil. Soil Sci. 69: 391-401.
- PINCK, L.A. e ALLISON, F.E. 1951. Maintenance of soil organic matter: III. Influence of green manures on the release of native soil carbon. Soil Sci. 71:67-75.

- RANZANI, G. e KIEHL, E.J. 1958. Prática de solos. Piracicaba, S.P., 40p.
- RANZANI, G.; FREIRE, O. e KINJO, T. 1966. Carta de solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. ESALQ-USP, Piracicaba, S.P., 85p.
- RICHARDS, E.H. e NORMAN, A.G. 1931. The biological decomposition of plant materials. V - Some factors determining the quantity of nitrogen immobilized during decomposition of plant materials. Biochem. Journ. 25: 1769-1778.
- RICHARDS, E.H. e SHRIKHANDE, J.G. 1935. The preferential utilization of different forms of inorganic nitrogen in the decomposition of plant materials. Soil Sci. 39:1-8.
- RUBINS, E.J. e BEAR, F.E. 1942. Carbon-nitrogen ratios in organic fertilizer materials in relation to the availability of their nitrogen. Soil Sci. 54:411-423.
- SCARDUA, R. 1974. Irrigação. Piracicaba, S.P., Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 246p.
- SIMS, J.L. e FREDERICK, L.R. 1970. Nitrogen immobilization and decomposition of corn residue in soil and sand as affected by residue particle size. Soil Sci. 109:355-361.

STOJANOVIC, B.J. e BROADBENT, F.E. 1956. Immobilization and mineralization rates of nitrogen during decomposition of plant residues in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20:213-218.

WAKSMAN, S.A. e TENNEY, F.G. 1927. The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: II. Influence of age of plant upon the rapidity and nature of its decomposition rye plants. Soil Sci. 24:317-333.

WAKSMAN, S.A. 1942. The microbiologist looks at soil organic matter. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 7:16-21.

WAKSMAN, S.A. 1952. Soil microbiology. John Wiley, New York, p.125-165.

WINSOR, G.W. e POLLARD, A.G. 1956. Carbon-nitrogen relationships in soil. I - The immobilization of nitrogen in the presence of carbon compounds. Jour. Sci. Food Agric. 7:134-141.

WOJCIK-WOJTKOWIACK, D. 1972. The transformation of nitrogen and carbon in the soil during humification of straw labelled with ^{15}N . Plant and Soil 36:261-270.