

GIOVANI ALMEIDA CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Engenheiro-Agrônomo

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

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 e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA

1976

A minha mãe *(In memoriam)*

A meu pai

A meus irmãos

A minha esposa

Aos meus filhos

O F E R E Ç O

e

D E D I C O

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

- Ao Eng<sup>o</sup>-Agr<sup>o</sup> Jarbas Elias da Rosa Oiticica, Diretor da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Alagoas, pela oportunidade que me proporcionou à fazer o Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas;
- Ao Prof. Francisco de Assis Ferraz de Mello, pela orientação firme e constante durante a realização do presente trabalho;
- Aos Colegas Murilo Lins Marinho e José Clovis de Andrade, pelo apoio e estímulo;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida durante o curso;
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e especialmente ao Departamento de Solos e Geologia;
- Aos funcionários da Biblioteca Central da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", especialmente a Elisabeth, Luiz Carlos e Sonia Sabino.

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

## Í N D I C E

|                                    | Página |
|------------------------------------|--------|
| 1 - INTRODUÇÃO .....               | 1      |
| 2 - REVISÃO DE LITERATURA .....    | 3      |
| 3 - MATERIAIS E MÉTODOS .....      | 8      |
| 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 14     |
| 4.1 - Solo Artemis .....           | 19     |
| 4.1.1 - Teores de carbono .....    | 19     |
| 4.1.2 - Teores de nitrogênio ..... | 20     |
| 4.1.3 - Relação C/N .....          | 21     |
| 4.2 - Solo Formigueiro .....       | 32     |
| 4.2.1 - Teores de carbono .....    | 32     |
| 4.2.2 - Teores de nitrogênio ..... | 33     |
| 4.2.3 - Relação C/N .....          | 33     |
| 4.3 - Solo Quebra Dente .....      | 44     |
| 4.3.1 - Teores de carbono .....    | 44     |
| 4.3.2 - Teores de nitrogênio ..... | 45     |
| 4.3.3 - Relação C/N .....          | 45     |
| 5 - RESUMO E CONCLUSÕES .....      | 57     |
| 6 - SUMMARY .....                  | 60     |
| 7 - LITERATURA CITADA .....        | 63     |

## 1 - INTRODUÇÃO

Existe na camada arável dos solos, uma razão mais ou menos constante entre os seus teores de carbono e nitrogênio, definida como "Relação C/N" e que permanece frequentemente em torno de 10 a 12:1, nos solos normais.

Nos vegetais esta relação varia amplamente, indo de 20:1 nas leguminosas, a 90:1 nos tecidos palhentos, enquanto nos microorganismos de decomposição permanece ao redor de 10:1.

Quando se pretende fornecer nutrientes minerais à uma cultura através da incorporação ao solo de resíduos orgânicos, a relação C/N destes resíduos deve ser conhecida, uma vez que a mineralização dos elementos nele contidos só ocorrerá a partir do momento em que essa relação atingir um determinado valor que é chamado "ponto crítico".

Jensen, citado por PINCK *et al.* (1946) afirma que este valor nos materiais vegetais frescos incorporados a solos alcalinos é 20 a 25 e a solos ácidos 13 a 18 e atribui isto à diferença entre as mais altas necessidades de nitrogênio por parte dos fungos os quais predominam em solos ácidos.

O espaço de tempo compreendido entre a aplicação ao solo de resíduos orgânicos com baixos teores de N e o momento em que sua relação C/N atinge o ponto crítico, é caracterizado por um déficit de nutrientes minerais, principalmente o nitrogênio, uma vez que foram imobilizados pelos microorganismos de decomposição.

A duração desse período depende de vários fatores como, a relação C/N do material, microorganismos envolvidos, nutrientes disponíveis, umidade, temperatura, pH, aeração, etc. e a maioria dos dados de que se dispõe sobre o assunto diz respeito a solos de climas temperados e portanto não totalmente válidos para nossas condições.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a decomposição de restos de cultura de milho (*Zea mays* L.) de alta relação C/N, incorporados a três solos arenosos do Município de Piracicaba (SP) com e sem adição de nitrogênio, medindo-se o tempo gasto em sua decomposição através da determinação dos teores de carbono, e da relação C/N, dos solos utilizados.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

A incorporação ao solo de matéria orgânica exerce sobre as culturas aí implantadas, influências significativas, uma vez que sua mineralização as beneficiará em maior ou menor grau, quer pela formação de humus ou pela liberação de nutrientes, principalmente o nitrogênio.

Esta liberação entretanto é vagarosa, principalmente quando o material utilizado tem uma alta relação C/N e a ele não são adicionados fertilizantes químicos nitrogenados ; em caso contrário a liberação poderá ser menos lenta, não obstante o nitrogênio suplementar ser rapidamente imobilizado.

Em ensaios conduzidos em casa de vegetação e utilizando <sup>15</sup>N , STEWART *et al.* (1963) incorporaram ao solo (barro siltíco) palha cuja relação C/N era 80 e adicionaram nitrogênio na forma de KNO<sub>3</sub> na proporção de 1 mg de N para 100 mg de palha.

Após nove dias de incubação quando o nível de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> era ainda alto, adicionaram ao solo sacarose como nova fonte de carbono na proporção de 30 mg para cada mg do nitrogênio adicionado e quatro dias depois 78% do nitrato havia sido imobilizado.

Bremner & Shaw , citados por STEWART *et al.* (1963) prepararam um composto com palha de trigo e  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  cuja relação C/N era 10,5 e incorporando este composto ao solo encontraram que apenas 11% do seu nitrogênio total estava mineralizado, após 80 dias de incubação.

ALLISON *et al.* (1963) estudando a decomposição de 28 espécies de madeiras trituradas em solo barro arenoso, verificaram que naquelas em que a decomposição foi rápida, a imobilização máxima de nitrogênio foi aos 40 dias após o início da incubação, ao passo que nas de decomposição lenta foi entre 80 a 160 dias.

Para muitos pesquisadores só a matéria orgânica de relação C/N estreita deve ser aplicada ao solo a fim de que não seja provocado um déficit de nitrogênio sobre as culturas.

Crowther & Bould, citados por HARMSSEN & VAN SCHREVEN (1955) entretanto, afirmam que ela deve ser adicionada tanto quanto possível e se necessário não decomposta, pois o suprimento de nitrogênio deve ser feito pela aplicação de fertilizantes nitrogenados.

O nitrogênio é, segundo ALEXANDER (1961) , o nutriente básico para o crescimento microbiano e para a degradação da matéria orgânica adicionada ao solo ; se o seu conteúdo no substrato é alto e rapidamente utilizável, os microorganismos satisfazem suas necessidades a partir desta fonte e quantidades adicionais são desnecessárias e se o substrato é pobre, a decomposição é vagarosa e será estimulada pelo nitrogênio adicional.

PINCK *et al.* (1946) baseados em dados experimentais afirmam que usando-se adequada quantidade de nitrogênio comercial, resíduos de culturas não decompostos e ricos em carbono, podem ser utilizados

vantajosamente para a manutenção da matéria orgânica do solo sem injúria para as culturas.

SALOMON (1953) estudando os efeitos de incorporação de pinho e carvalho em pedaços de aproximadamente 1/4 de polegada, verificou que 100 e 150 libras de  $N-NO_3$  são suficientes para neutralizar o efeito depressivo de 10 ton. de pinho sobre as culturas de beterraba e espinafre, respectivamente.

Parbery & Swaby, citados por BROADBENT & NORMAN (1946), estudaram a velocidade de liberação de nitrogênio a partir de ampla variedade de matéria orgânica adicionada ao solo e encontraram que no curso de uma estação, nitrogênio suficiente para as necessidades da cultura era liberado apenas de materiais que tinham um conteúdo inicial de nitrogênio superior a 2,5% e que nenhuma liberação ocorreu de materiais com menos de 1,5%.

WAKSMAN & TENNEY (1927) afirmam que 1,7% de nitrogênio em material vegetal é adequado para as necessidades microbianas e que na decomposição de resíduos de plantas contendo menor teor do que aquele, existe um período de atraso antes da liberação da amônia.

SMITH & DOUGLAS (1968) estudando a decomposição de palha de três variedades de trigo provenientes de culturas que haviam recebido três diferentes níveis de adubação nitrogenada (0,89 e 268 kg de N/ha) constataram que em duas variedades a decomposição não aumentou com o aumento da adubação nitrogenada e que na terceira a decomposição foi ligeiramente mais rápida com nitrogênio.

PARKER (1962) comparando a decomposição de resíduos de milho em solo (barro siltico) aplicado superficialmente e incorporado encontrou que no primeiro caso o conteúdo de nitrogênio não se modifi-

cou e a relação C/N caiu de 57 para 30 enquanto no segundo, 65% do resíduo se decompôs em 140 dias e a relação C/N caiu de 57 para 22.

PINCK *et al.* (1948) fizeram a incorporação de resíduos de gramíneas (Millet) de três diferentes idades a um solo areno-barrento e constataram que o resíduo mais novo e, portanto, com menor relação C/N teve melhor efeito no fornecimento de nitrogênio às culturas alí instaladas, enquanto o mais velho foi o que menos forneceu.

BROADBENT & NORMAN (1946) incorporaram palha de aveia e nitrato de cálcio a um solo e constataram que pequenas quantidades de nitrogênio eram liberadas dois meses após a mistura nos solos, quando o teor do elemento era 0,94% do peso da palha, mas quando o teor subiu para 1,34% quantidades apreciáveis foram liberadas.

MARTIN (1925) estudando a decomposição de matéria orgânica em solo barrento, incorporou a este solo, palha de trigo correspondente a 1, 2, 3 e 4 ton. por acre e concluiu que quanto maior é a quantidade de palha aplicada maior é o declínio do nitrato no solo.

ALLISON & KLEIN (1962) estudando o mesmo processo em solo barro-arenoso, usaram palha de trigo com 0,44% de nitrogênio (elevada para 2% pela adição de  $\text{NaNO}_3$ ) e verificaram que a imobilização máxima deste elemento ocorreu aos 20 dias e era paralela à evolução de  $\text{CO}_2$ . Imediatamente após a imobilização máxima a mineralização tornou-se dominante e ocorreu a liberação do nitrogênio.

MILLAR *et al.* (1936) concluíram através de dados experimentais que materiais ricos em nitrogênio deixam mais carbono no solo que os pobres. Incorporando ao solo sete materiais com relação C/N

variando de 32 a 77 constataram que após 190 dias, 80% do carbono havia sido perdido e com outros cinco materiais com relação C/N menor do que 23, no mesmo período, 68% do carbono estava perdido.

Em experimentos conduzidos em casa de vegetação, TURK & MILLAR (1936) chegaram a mesma conclusão ao incorporar palha e trevo doce, constatando que no fim do experimento, 75% do carbono da palha havia se perdido e do trevo doce apenas 66%.

PINCK *et al.* (1950) incorporaram ao solo plantas verdes de aveia e após um ano verificaram que 34% do carbono permanecia no solo; quando incorporaram palha de trigo acompanhada de uréia para dar a este material a mesma relação C/N do anterior, constataram que após o mesmo período 38% do carbono permanecia no solo. Quando os produtos incorporados foram plantas verdes de soja e milho seco o teor de carbono que permaneceu no solo foi 28 e 38% respectivamente, diante do que afirmam que a porcentagem de carbono que fica no solo após um longo período de decomposição é determinada principalmente pela sua composição e não apenas pela sua relação C/N.

BROADBENT & BARTOLOMEW (1948) incorporaram palha de aveia aos níveis de 100, 400 e 1.600 mg em 25 g de terra (barro sil<sub>1</sub>tico) em frascos de vidro e verificaram que a velocidade de decomposição é inversamente proporcional à quantidade de palha adicionada. À palha foi adicionado nitrogênio correspondente a 2% do seu peso e fósforo correspondente a 1%.

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados três solos do Município de Piracicaba (SP) , classificados por RANZANI *et al.* (1966) e mostrados no Quadro I .

QUADRO I - Solos utilizados

| Unidades           | Classificação       |
|--------------------|---------------------|
| Série Artemis      | Orthic Typochrult   |
| Série Formigueiro  | Cumulic Ochraqult   |
| Série Quebra Dente | Ochrultic Typustalf |

Foram coletadas amostras dos horizontes superficiais até a profundidade de 20 a 25 cm , secadas ao ar e peneirados em peneira de malha de 2 mm .

As análises químicas e granulométricas foram feitas no Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz

de Queiroz" de acordo com a metodologia descrita por BLACK *et al.* (1965), e os resultados estão nos Quadros II e III respectivamente.

QUADRO II - Análise química dos solos

| Solos        | C %  | N %  | pH  | PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> | eq. mg. trocável/100 g T.F.S.A. |                  |                  |                  |                |
|--------------|------|------|-----|-------------------------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
|              |      |      |     |                               | K <sup>+</sup>                  | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Al <sup>++</sup> | H <sup>+</sup> |
| Artemis      | 0,51 | 0,07 | 5,6 | 0,04                          | 0,04                            | 1,06             | 0,34             | 0,16             | 2,43           |
| Formigueiro  | 0,51 | 0,07 | 5,8 | 0,22                          | 0,33                            | 1,62             | 0,07             | 0,13             | 2,69           |
| Quebra Dente | 0,30 | 0,04 | 5,4 | 0,14                          | 0,60                            | 0,64             | 0,16             | 0,29             | 2,69           |

QUADRO III - Análise granulométrica dos solos

| Solos        | Frações do solo (%) |       |                    |              |             |            |                  |
|--------------|---------------------|-------|--------------------|--------------|-------------|------------|------------------|
|              | Argila              | Silte | Areia muito grossa | Areia grossa | Areia média | Areia fina | Areia muito fina |
| Artemis      | 6,3                 | 12,5  | 0,9                | 0,7          | 1,6         | 53,9       | 24,1             |
| Formigueiro  | 10,3                | 12,6  | 0,1                | 0,8          | 18,1        | 38,4       | 19,7             |
| Quebra Dente | 8,2                 | 5,0   | 0,5                | 0,8          | 17,1        | 43,4       | 25,0             |

Verifica-se pelo Quadro II que os solos Artemis e Formigueiro tem um teor de matéria orgânica superior a 0,8% (C x 1,7) considerado médio de acordo com CATANI *et al.* (1955) enquanto o teor do solo Quebra Dente é inferior a 0,8% e, portanto, considerado baixo. Quanto aos teores de nitrogênio são todos inferiores a 0,080% , considerados baixos, ainda de acordo com CATANI *et al.* (1955).

Pelos dados do Quadro III , verifica-se que todos os solos têm teores de argila inferiores a 12,5% e são, de acordo com MEDINA (1971), considerados arenosos.

A matéria orgânica utilizada neste trabalho foi obtida de restos de cultura de milho (*Zea mays* L.) , sendo aproveitados o caule e as folhas que foram triturados em máquina forrageira e posteriormente em moinho Wiley com tela de 2 mm , a fim de possibilitar maior contacto com o solo e facilitar sua decomposição, de acordo com o que postulam ALLISON (1973) e SIMS & FREDERICK (1970).

Usou-se um delineamento inteiramente casualizado que consistiu de 15 tratamentos e 4 repetições, de acordo com PIMENTEL GOMES (1970).

- Tratamento A : Solo Artemis
- Tratamento B : Solo Artemis + Matéria Orgânica
- Tratamento C : Solo Artemis + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha
- Tratamento D : Solo Artemis + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha
- Tratamento E : Solo Artemis + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha
- Tratamento F : Solo Formigueiro
- Tratamento G : Solo Formigueiro + Matéria Orgânica
- Tratamento H : Solo Formigueiro + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha
- Tratamento I : Solo Formigueiro + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha
- Tratamento J : Solo Formigueiro + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha

Tratamento K : Solo Quebra Dente  
Tratamento L : Solo Quebra Dente + Matéria Orgânica  
Tratamento M : Solo Quebra Dente + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha  
Tratamento N : Solo Quebra Dente + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha  
Tratamento O : Solo Quebra Dente + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha

A matéria orgânica foi usada ao nível de 50 toneladas de matéria seca por hectare e a fonte de nitrogênio utilizada foi sulfato de amônio.

O fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal foi em consequência de serem melhores seus efeitos sobre a decomposição da matéria orgânica adicionada, de acordo com resultados obtidos por JANSOON *et al.* (1955) ; PIETERS (1927) e WOJCIK-WOJTKONIAK (1972).

O ensaio foi instalado em vasos plásticos que foram pesados e numerados ; cada vaso recebeu 2 kg de solo.

As quantidades de matéria orgânica e sulfato de amônio correspondentes a cada solo, foram calculadas considerando-se a densidade aparente do mesmo, sendo esta determinada de acordo com RANZANI & KIEHL (1958) e obtidos os valores de 1,426 , 1,490 e 1,691 g/cm<sup>3</sup> para Artemis , Formigueiro e Quebra Dente respectivamente.

A matéria orgânica e o sulfato de amônio foram adicionados ao solo, misturados e transferidos para os vasos plásticos, que foram distribuídos sobre uma mesa, à sombra e em ambiente aberto.

Os dados médios de temperatura, fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", são apresentados no Quadro IV .

QUADRO IV - Dados médios de temperatura, durante o período do experimento

| Mês                | Março | Abril | Maio | Junho |
|--------------------|-------|-------|------|-------|
| Temperatura média  | 21,7  | 20,8  | 18,0 | 17,0  |
| Temperatura máxima | 33,0  | 30,1  | 29,0 | 28,9  |
| Temperatura mínima | 15,0  | 11,0  | 7,0  | 2,0   |

Foram tomadas amostras de todos os vasos no dia da instalação do ensaio e esta amostragem foi repetida sete vezes, sendo as amostras guardadas em vidro com capacidade de 10 a 12 g, bem fechados e mantidos à temperatura de aproximadamente 0°C até o momento em que foram feitas as análises de carbono e nitrogênio.

A umidade dos solos foi mantida ao nível de 60% de sua capacidade de retenção a 1/3 atm., sendo esta capacidade determinada com placas e membranas de pressão, de acordo com a metodologia descrita por SCARDUA (1974).

A manutenção deste nível de umidade objetivou proporcionar melhores condições de desenvolvimento aos microorganismos de decomposição e está apoiada nos trabalhos de ALEXANDER (1961) e NEUNYLOV & KHAVKINA (1968).

As análises de carbono orgânico foram feitas por via seca de acordo com o método descrito por CATANI *et al.* (1964) porém em lugar do aparelho de Strohlein foi usado o aparelho de Lindberg e para as análises de nitrogênio total foi usado o método de Kjeldahl, modificado, usando-se o microdestilador, de acordo com MELLO *et al.* (1966).

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se constatar que os teores de carbono e nitrogênio e a relação C/N dos tratamentos A , F e K não apresentaram diferenças significativas durante o período de incubação, supondo-se daí que as diferenças ocorridas nos demais tratamentos foram devidas ao nitrogênio e à matéria orgânica adicionados.

Os teores de carbono e nitrogênio, como também a relação C/N , obtidos de amostras tomadas durante o período de incubação, estão contidos no Quadro V .

QUADRO V - Evolução dos teores de carbono e nitrogênio e relação C/N em todos os tratamentos durante o período de incubação

| Tratamentos | Data da Amostragem |       |       |            |       |       |
|-------------|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|             | 18/03/1975         |       |       | 02/04/1975 |       |       |
|             | C                  | N     | C/N   | C          | N     | C/N   |
| A           | 0,525              | 0,068 | 7,72  | 0,520      | 0,073 | 7,12  |
| B           | 1,640              | 0,065 | 25,23 | 1,510      | 0,080 | 18,88 |
| C           | 1,590              | 0,073 | 21,78 | 1,510      | 0,085 | 17,76 |
| D           | 1,580              | 0,080 | 19,75 | 1,525      | 0,095 | 16,05 |
| E           | 1,530              | 0,088 | 17,39 | 1,515      | 0,093 | 16,29 |
| F           | 0,530              | 0,075 | 7,07  | 0,555      | 0,078 | 7,12  |
| G           | 1,533              | 0,080 | 19,16 | 1,505      | 0,093 | 16,18 |
| H           | 1,490              | 0,093 | 16,02 | 1,460      | 0,093 | 15,70 |
| I           | 1,460              | 0,093 | 15,70 | 1,415      | 0,093 | 15,22 |
| J           | 1,418              | 0,093 | 15,25 | 1,328      | 0,090 | 14,76 |
| K           | 0,330              | 0,040 | 8,25  | 0,333      | 0,040 | 8,33  |
| L           | 1,258              | 0,068 | 18,50 | 1,250      | 0,073 | 17,12 |
| M           | 1,170              | 0,068 | 17,21 | 1,100      | 0,068 | 16,18 |
| N           | 1,050              | 0,070 | 15,00 | 1,020      | 0,070 | 14,57 |
| O           | 0,938              | 0,065 | 14,43 | 0,900      | 0,070 | 12,86 |

Continua ...

QUADRO V - Continuação

| Tratamentos | Data da Amostragem |       |       |            |       |       |
|-------------|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|             | 09/04/1975         |       |       | 18/04/1975 |       |       |
|             | C                  | N     | C/N   | C          | N     | C/N   |
| A           | 0,525              | 0,078 | 6,73  | 0,525      | 0,080 | 6,56  |
| B           | 1,545              | 0,098 | 15,77 | 1,425      | 0,100 | 14,25 |
| C           | 1,375              | 0,093 | 14,78 | 1,340      | 0,100 | 13,40 |
| D           | 1,345              | 0,093 | 14,46 | 1,215      | 0,105 | 11,57 |
| E           | 1,275              | 0,090 | 14,17 | 1,125      | 0,110 | 10,23 |
| F           | 0,538              | 0,085 | 6,33  | 0,520      | 0,093 | 5,59  |
| G           | 1,350              | 0,103 | 13,11 | 1,155      | 0,108 | 10,69 |
| H           | 1,215              | 0,098 | 12,40 | 1,040      | 0,105 | 9,90  |
| I           | 1,155              | 0,103 | 11,21 | 1,020      | 0,103 | 9,90  |
| J           | 1,120              | 0,105 | 10,67 | 1,000      | 0,108 | 9,26  |
| K           | 0,340              | 0,055 | 6,18  | 0,320      | 0,055 | 5,82  |
| L           | 1,170              | 0,070 | 16,71 | 0,990      | 0,083 | 11,93 |
| M           | 1,025              | 0,075 | 13,67 | 0,850      | 0,080 | 10,63 |
| N           | 1,000              | 0,073 | 13,70 | 0,880      | 0,083 | 10,60 |
| O           | 0,875              | 0,080 | 10,94 | 0,785      | 0,080 | 9,81  |

Continua ...

QUADRO V - Continuação

| Tratamentos | Data da Amostragem |       |       |            |       |       |
|-------------|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|             | 25/04/1975         |       |       | 02/05/1975 |       |       |
|             | C                  | N     | C/N   | C          | N     | C/N   |
| A           | 0,518              | 0,090 | 5,76  | 0,520      | 0,085 | 6,12  |
| B           | 1,180              | 0,103 | 11,46 | 0,985      | 0,098 | 10,05 |
| C           | 1,110              | 0,105 | 10,57 | 1,003      | 0,103 | 9,74  |
| D           | 0,935              | 0,090 | 10,39 | 0,813      | 0,098 | 8,30  |
| E           | 0,930              | 0,098 | 9,49  | 0,805      | 0,100 | 8,05  |
| F           | 0,490              | 0,080 | 6,13  | 0,498      | 0,080 | 6,23  |
| G           | 1,005              | 0,098 | 10,26 | 0,980      | 0,100 | 9,80  |
| H           | 0,975              | 0,095 | 10,26 | 0,859      | 0,095 | 9,03  |
| I           | 0,945              | 0,098 | 9,64  | 0,805      | 0,100 | 8,05  |
| J           | 0,920              | 0,095 | 9,68  | 0,800      | 0,098 | 8,16  |
| K           | 0,268              | 0,050 | 5,36  | 0,315      | 0,048 | 6,56  |
| L           | 0,855              | 0,073 | 11,71 | 0,850      | 0,075 | 11,33 |
| M           | 0,815              | 0,080 | 10,19 | 0,745      | 0,078 | 9,55  |
| N           | 0,765              | 0,085 | 9,00  | 0,750      | 0,080 | 9,38  |
| O           | 0,800              | 0,078 | 10,26 | 0,725      | 0,080 | 9,06  |

Continua ...

QUADRO V - Continuação

| Tratamentos | Data da Amostragem |       |       |            |       |       |
|-------------|--------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
|             | 20/05/1975         |       |       | 06/06/1975 |       |       |
|             | C                  | N     | C/N   | C          | N     | C/N   |
| A           | 0,508              | 0,075 | 6,77  | 0,505      | 0,088 | 5,74  |
| B           | 0,935              | 0,090 | 10,39 | 0,875      | 0,093 | 9,41  |
| C           | 0,950              | 0,095 | 10,00 | 0,855      | 0,095 | 9,00  |
| D           | 0,765              | 0,095 | 8,05  | 0,745      | 0,098 | 7,60  |
| E           | 0,740              | 0,103 | 7,18  | 0,733      | 0,098 | 7,48  |
| F           | 0,490              | 0,088 | 5,57  | 0,475      | 0,085 | 5,59  |
| G           | 0,925              | 0,095 | 9,74  | 0,908      | 0,059 | 9,56  |
| H           | 0,815              | 0,100 | 8,15  | 0,800      | 0,100 | 8,00  |
| I           | 0,790              | 0,105 | 7,52  | 0,765      | 0,105 | 7,29  |
| J           | 0,765              | 0,108 | 7,08  | 0,725      | 0,103 | 7,04  |
| K           | 0,282              | 0,050 | 5,64  | 0,278      | 0,053 | 5,25  |
| L           | 0,875              | 0,073 | 11,99 | 0,775      | 0,075 | 10,33 |
| M           | 0,740              | 0,078 | 9,49  | 0,705      | 0,078 | 9,04  |
| N           | 0,720              | 0,083 | 8,67  | 0,713      | 0,083 | 8,59  |
| O           | 0,680              | 0,083 | 8,19  | 0,665      | 0,078 | 8,53  |

#### 4.1 - SOLO ARTEMIS

##### 4.1.1 - Teores de Carbono

Verifica-se pelo exame do Quadro VI , que as diferenças entre os teores de carbono do solo Artemis, em consequência da aplicação de doses crescentes de nitrogênio são significativas ao nível de 1% (Teste de F) quer em relação aos tratamentos ou as épocas em que foram tomadas as amostras.

Aplicando-se o teste de Tukey, verifica-se que entre os tratamentos B (Solo + Matéria Orgânica) e C (Solo + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha) não há diferença significativa, ou seja, 50 kg de nitrogênio por hectare aplicados juntos com a matéria orgânica não exerceram nenhuma influência sobre sua decomposição, não obstante o teor original de nitrogênio no solo ter sido baixo.

Entre os tratamentos D (Solo + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha) e C há uma diferença ao nível de 1% ; igual diferença observou-se entre E (Solo + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha) e C , B e D e B e E , não havendo significação entre E e D .

Em todos os tratamentos estudados, os teores de carbono diminuíram a medida em que se processou a decomposição.

Verifica-se pela Fig. 1 que esta queda foi mais acentuada entre o 15.<sup>o</sup> dia de incubação, quando foi feita a segunda amostragem e o 45.<sup>o</sup> dia, época da sexta amostragem, tornando-se a partir daí praticamente estabilizada.

Isto pode ser atribuído a uma maior atividade dos microorganismos de decomposição e conseqüentemente maior imobilização do nitrogênio do solo. Dados obtidos por ALLISON *et al.* (1963) em experimento com palha de trigo mostraram uma imobilização máxima após vinte dias de incubação.

Aplicando-se o teste de Tukey às diferenças entre as médias dos teores de carbono relativas às diferentes épocas das amostragens, constata-se que entre os teores obtidos na primeira e segunda amostragens não houve diferença significativa, o mesmo ocorrendo entre a sexta (45 dias) , a sétima e a oitava.

Com exceção dos teores de carbono determinados na segunda amostragem, todos os demais diferiram dos teores da primeira ao nível de 1% , conforme se pode ver no Quadro IX .

#### 4.1.2 - Teores de Nitrogênio

Pela análise do Quadro VII , constata-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

O nitrogênio adicionado ao solo nas doses de 50 , 100 e 150 kg por hectare não proporcionou um aumento no nitrogênio total do mesmo.

Por outro lado, os teores de nitrogênio determinados nos tratamentos amostrados em oito épocas diferentes, mostraram entre si diferenças significativas ao nível de 1% .

Como se pode ver na Fig. 2 , os mais elevados teores de nitrogênio foram os da quarta amostragem, 30 dias após o início da incubação ; estes teores, entretanto, diferem dos que foram obtidos na primeira amostragem a 1% e a 5% dos da segunda, não diferindo dos demais, conforme se pode observar no Quadro X .

#### 4.1.3 - Relação C/N

Examinando-se o Quadro VIII verifica-se que os valores obtidos para a relação C/N diferem significativamente ao nível de 1% , em relação aos tratamentos e às épocas de amostragem dos solos para determinação dos teores de carbono e nitrogênio.

Comparando-se as médias dos tratamentos, verifica-se pelo teste de Tukey que B e C não diferem entre si, B e D diferem a 1% , B e E diferem a 1% , C e D diferem a 5% , C e E a 1% e D e E não diferem.

Os contrastes verificados entre os tratamentos para os valores da relação C/N , são iguais aos dos teores de carbono, com exceção do que há entre C e D , que no primeiro caso diferem a 1% e no segundo a 5% , supondo-se assim que a diminuição dos valores da relação C/N , foram determinados pela diminuição dos teores do carbono.

Verifica-se que as diferenças entre os teores de carbono dos diversos tratamentos foram provocadas pelos níveis crescentes de

nitrogênio utilizados, admitindo-se portanto que a elevação das doses de nitrogênio provocou o abaixamento da relação C/N .

Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores, HOPKINS (1948) ; ALLISON (1973) ; ALEXANDER (1961) ; NORMAN (1943); BLACK (1967) ; RUSSEL (1942) , e outros.

Esta dependência é confirmada através da equação de regressão linear ( $Y = 14,42709 - 0,02208 x$ ) em que  $Y$  é a relação C/N e  $x$  é a dose de nitrogênio utilizada.

A reta correspondente a esta equação é mostrada na Fig. 4 .

Observando-se a Fig. 3 , verifica-se que a relação C/N caiu de forma acentuada da primeira a sexta amostragem (45 dias), tornando-se praticamente estabilizada daí até o final do período de incubação

A relação C/N apresentou também diferenças significativas em relação às épocas em que foram tomadas as amostras para análises, conforme é mostrado no Quadro XI .

QUADRO VI - Análise da variância do carbono (Artemis)

| Causa de Variação    | G. L.     | S. Q.           | Q. M.    | Teste F    |
|----------------------|-----------|-----------------|----------|------------|
| Tratamentos          | 3         | 0,194081        | 0,064693 | 14,3615 ** |
| Épocas de Amostragem | 7         | 2,761712        | 0,394530 | 87,5826 ** |
| Resíduo              | 21        | 0,094597        | 0,004504 |            |
| <b>Total</b>         | <b>31</b> | <b>3,050391</b> |          |            |

C. V. = 5,7114

QUADRO VII - Análise da variância do nitrogênio (Artemis)

| Causa de Variação    | G. L.     | S..Q.           | Q. M.    | Teste F   |
|----------------------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| Tratamentos          | 3         | 0,000177        | 0,000059 | 2,0205    |
| Épocas de Amostragem | 7         | 0,001998        | 0,000285 | 9,7447 ** |
| Resíduo              | 21        | 0,000615        | 0,000029 |           |
| <b>Total</b>         | <b>31</b> | <b>0,002791</b> |          |           |

C. V. = 5,7549

QUADRO VIII - Análise da variância da relação C/N (Artemis)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.      | Q. M.     | Teste F    |
|----------------------|-------|------------|-----------|------------|
| Tratamentos          | 3     | 49,886943  | 16,628981 | 15,9755 ** |
| Épocas de Amostragem | 7     | 583,705418 | 83,386488 | 80,1096 ** |
| Resíduo              | 21    | 21,858997  | 1,040904  |            |
| Total                | 31    | 655,451359 |           |            |

C. V. = 7,9451

QUADRO IX - Significação estatística entre as épocas de amostragem (Carbono - Artemis)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          | (1,5849)        | (1,5150)        | (1,3850)        | (1,3262)        | (1,0387)        | (0,9014)        | (0,8474)        | (0,8019)        |
| 1. <sup>a</sup> (1,5849) | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> (1,5150) | ---             | ---             | n.s.            | *               | **              | **              | **              | **              |
| 3. <sup>a</sup> (1,3850) | ---             | ---             | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              |
| 4. <sup>a</sup> (1,3262) | ---             | ---             | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              |
| 5. <sup>a</sup> (1,0387) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | *               | **              |
| 6. <sup>a</sup> (0,9014) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> (0,8474) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 0,1593

1% = 0,1946

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

QUADRO X - Significação estatística entre épocas de amostragem (Nitrogênio - Artemis)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          | (0,0765)        | (0,0882)        | (0,0935)        | (0,1037)        | (0,0990)        | (0,0997)        | (0,0957)        | (0,0960)        |
| 1. <sup>a</sup> (0,0765) | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> (0,0882) | ---             | ---             | n.s.            | *               | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 3. <sup>a</sup> (0,0935) | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 4. <sup>a</sup> (0,1037) | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 5. <sup>a</sup> (0,0990) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 6. <sup>a</sup> (0,0997) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> (0,0957) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 0,0128  
1% = 0,0156

\*\* : significativo a 1%  
\* : significativo a 5%  
n.s.: não significativo

QUADRO XI - Significação estatística entre épocas de amostragem (Relação C/N - Artemis)

|                 | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 | (21,0369)       | (17,2456)       | (14,7948)       | (12,8621)       | (10,4766)       | (9,0337)        | (8,9064)        | (8,3725)        |
| 1. <sup>a</sup> | ---             | **              | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> | ---             | ---             | *               | **              | **              | **              | **              | **              |
| 3. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              |
| 4. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | **              | **              | **              |
| 5. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 6. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 2,4218

1% = 2,9587

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

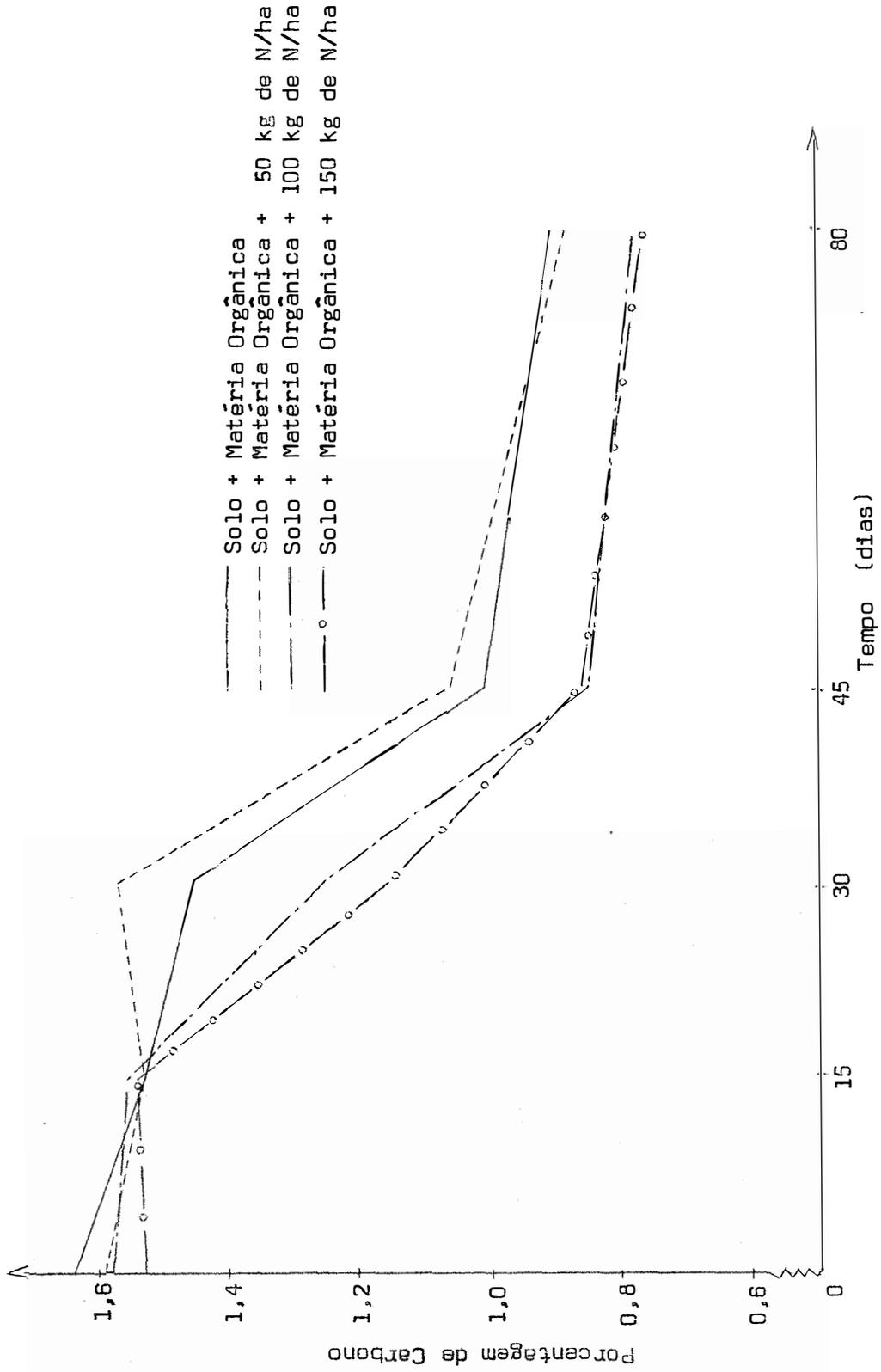


Fig. 1 - Evolução dos teores de carbono durante o período de incubação do Solo Artemis

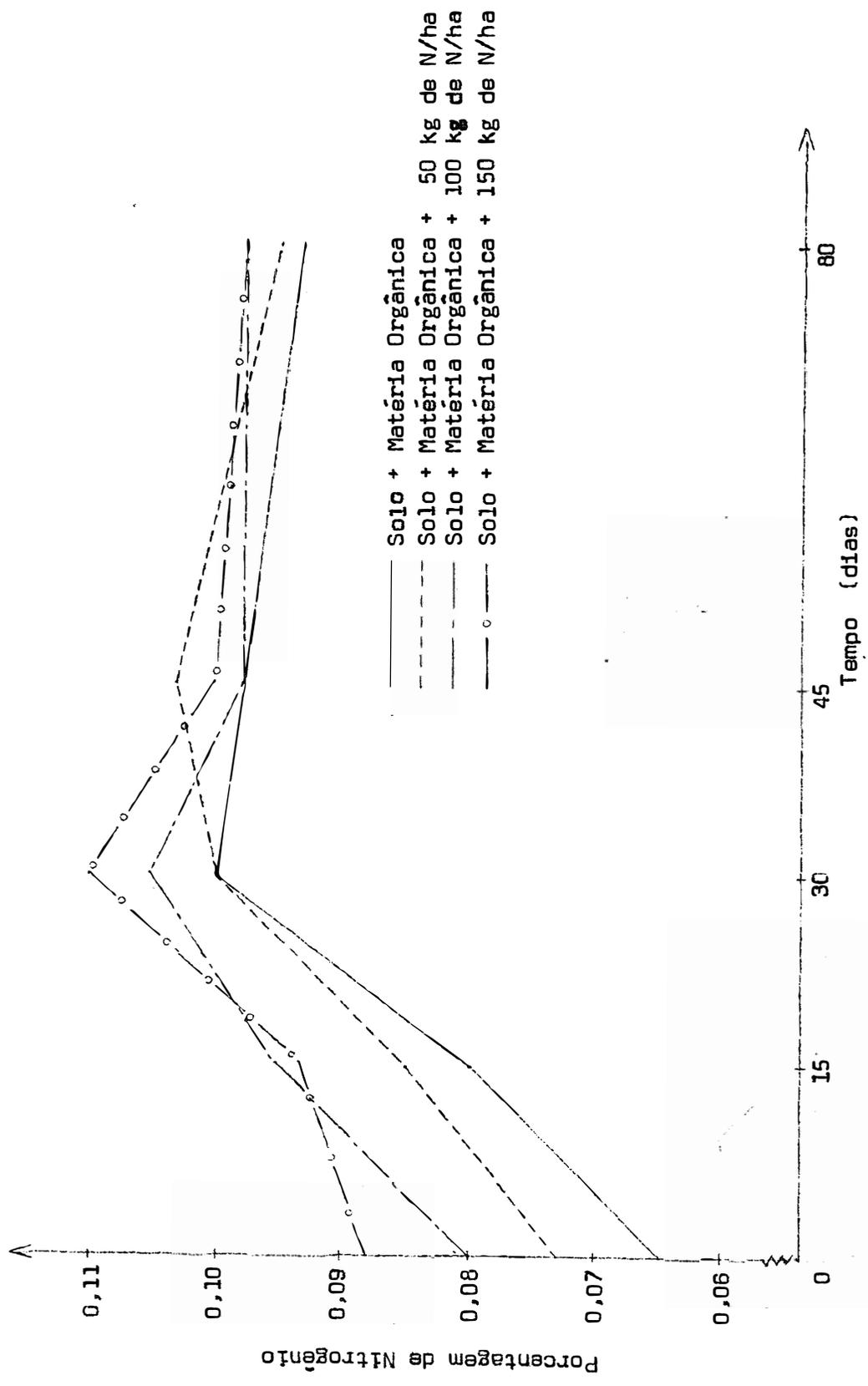


Fig. 2 - Evolução dos teores de nitrogênio durante o período de incubação do Solo Artemis

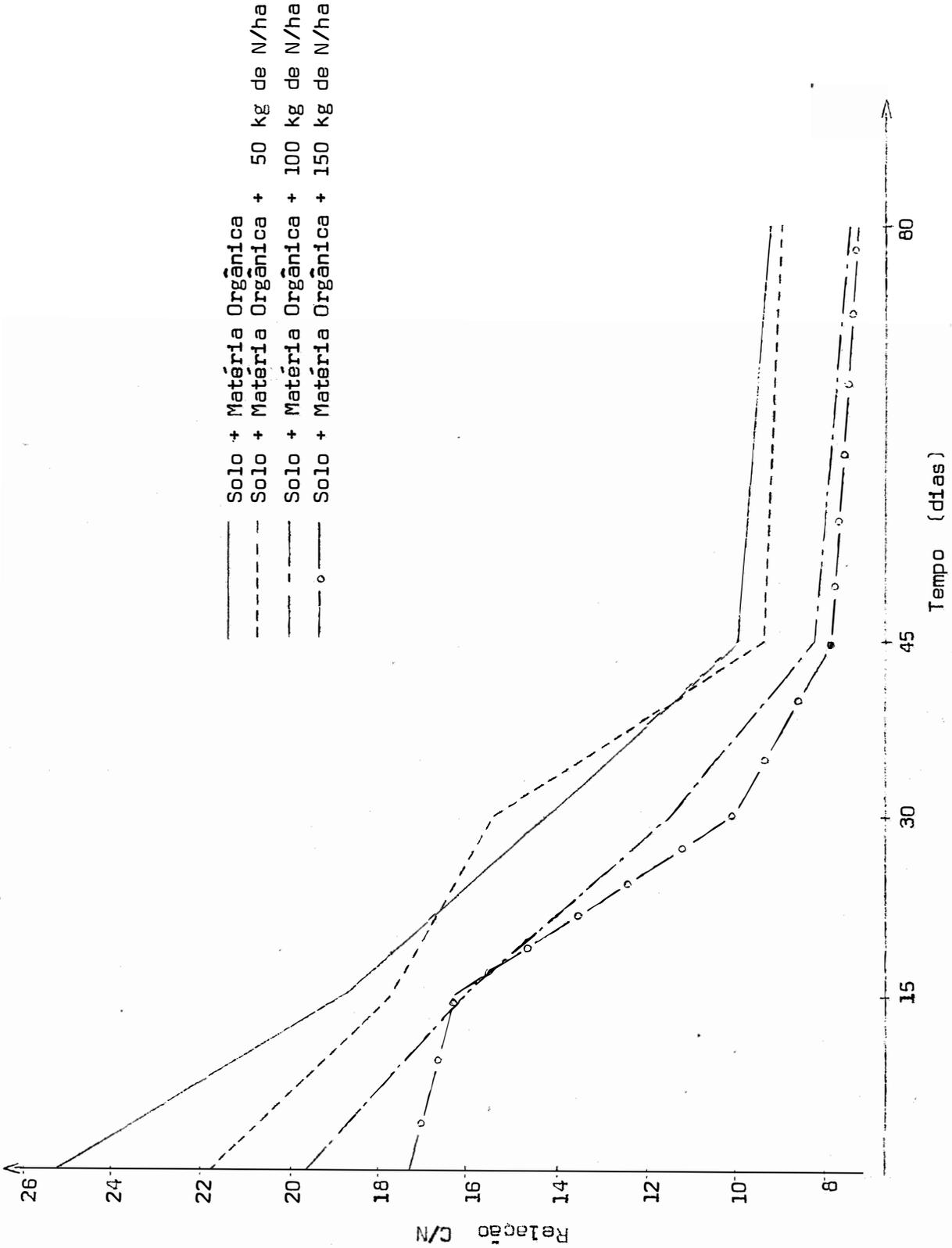


Fig. 3 - Evolução da relação C/N durante o período de incubação do Solo Artemis

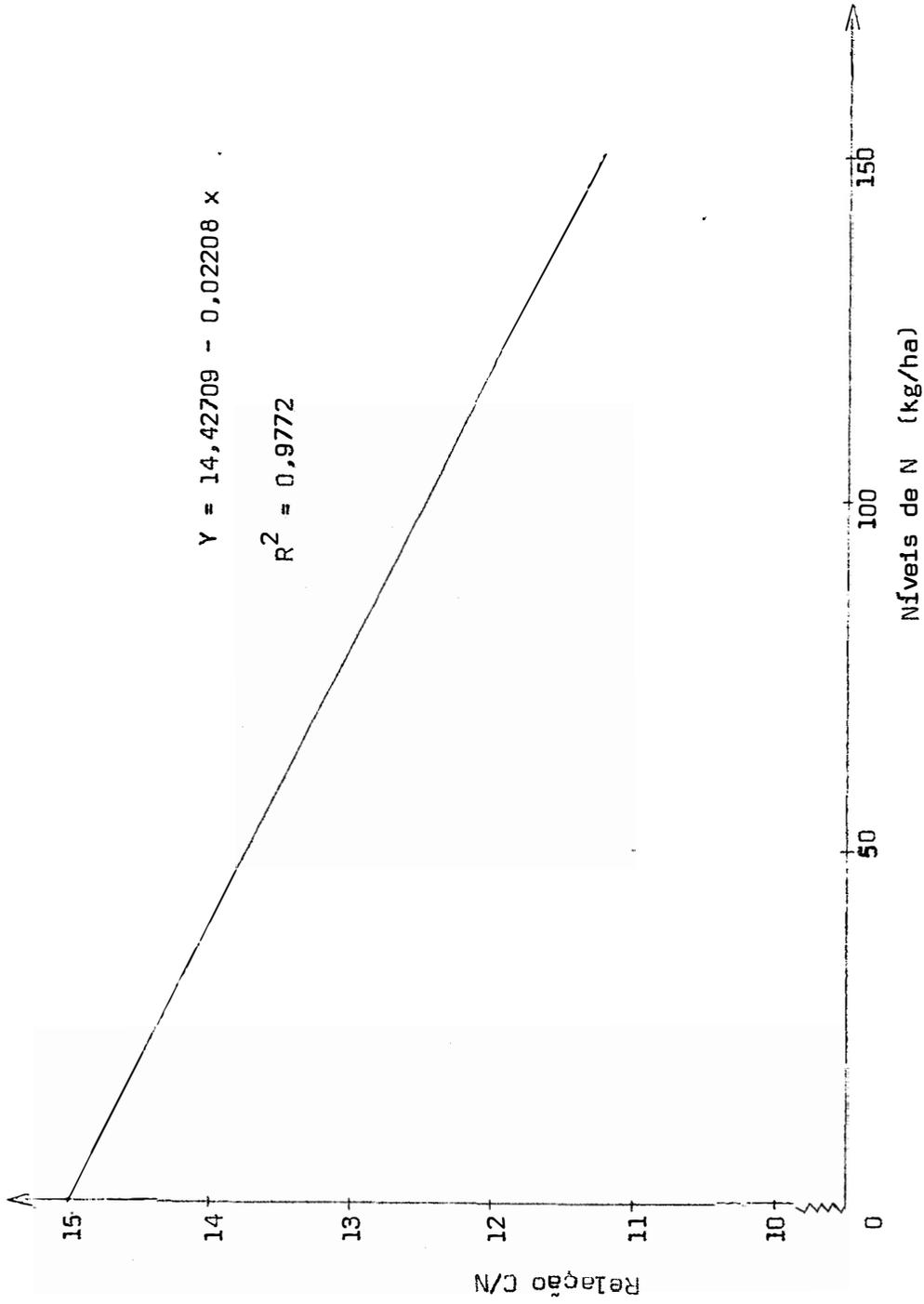


Fig. 4 - Equação de resposta, coeficiente de correlação linear e reta de resposta  
ca relação C/N aos diferentes níveis de nitrogênio aplicados ao Solo  
Artemis

## 4.2 - SOLO FORMIGUEIRO

### 4.2.1 - Teores de Carbono

Pelo exame do Quadro XII verifica-se que houve uma diferença significativa ao nível de 1% entre os tratamentos e as épocas de amostragem.

Aplicando-se o teste de Tukey às médias dos tratamentos constata-se que G (Solo + Matéria Orgânica) e H (Solo + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha) diferem entre si a 1% , G e I (Solo + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha) diferem entre si a 1% , G e J (Solo + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha) diferem entre si a 1% , H e I diferem a 5% , H e J a 1% , enquanto entre I e J não há diferença.

Os teores de carbono caíram durante o período de incubação, o que ocorreu de forma acentuada entre 15 dias (segunda amostragem) e 45 dias (sexta amostragem) tendo a partir daí ficado praticamente estável, conforme mostra a Fig. 5 .

A diferença entre esses teores quando considerada a época em que os solos foram amostrados é significativa. ao nível de 1% e pelo teste de Tukey determinou-se a significância entre todas as épocas mencionadas, como é mostrado no Quadro XV .

#### 4.2.2 - Teores de Nitrogênio

Pela análise do Quadro XIII vê-se que os teores de nitrogênio total do solo não apresentam diferenças significativas entre os diversos tratamentos, ou seja, entre o que recebeu só matéria orgânica e os que receberam também nitrogênio na forma de sulfato de amônio e nas doses de 50 , 100 e 150 kg por hectare.

Quando consideradas as épocas de amostragem, vê-se que as diferenças entre essas é significativa ao nível de 1% (Teste de F).

Observa-se também através da Fig. 6 que os teores de nitrogênio no solo aumentaram da primeira amostragem até a quarta (30 dias) caindo em seguida até a sexta e novamente subindo até a oitava mas sem atingir os valores anteriores.

Aplicando-se o teste de Tukey, ~~determinou~~ determinou-se a significância entre todas as épocas em que os solos foram amostrados conforme é visto no Quadro XVI.

#### 4.2.3 - Relação C/N

Observando-se o Quadro XIV verifica-se que os valores da relação C/N diferem significativamente entre si ao nível de 1%, quer em relação aos tratamentos ou épocas de amostragem dos solos.

Aplicando-se o teste de Tukey constata-se que os tratamentos H (Solo + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha) , I (Solo + Maté-

ria Orgânica + 100 kg de N/ha) e J (Solo + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha) diferem a 1% de G (Solo + Matéria Orgânica), H e J também diferem entre si a 1%, H e I e I e J não diferem e que H e J diferem a 5%.

Os níveis de significância encontrados entre os tratamentos para a relação C/N são iguais aos encontrados para os teores de carbono, com exceção dos contrastes H e I e H e J que para os teores de carbono foram diferentes a 5% e 1% respectivamente.

Considerando-se que a diferença dos teores de carbono entre os tratamentos foi provocada pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio, supõe-se que esta aplicação provocou as diferenças da relação C/N entre os mesmos tratamentos.

Esta relação foi definida através de equação de regressão quadrática ( $Y = 12,30249 - 0,025969x + 0,000083232x^2$ ) em que Y é a relação C/N e  $x$  os valores do nitrogênio aplicado do solo.

A curva correspondente a esta equação é mostrada na Fig. 8.

Os valores da relação C/N diminuíram durante o processo de incubação, sendo esta diminuição mais acentuada durante o período compreendido entre 15 dias (segunda amostragem) e 45 dias (sexta amostragem) ficando a partir daí praticamente estabilizada, como pode ser visto na Fig. 7.

Pela aplicação do Teste de Tukey determinou-se a significância entre os diferentes tratamentos como pode ser visto no Quadro XVII.

QUADRO XII - Análise de variância do carbono (Formigueiro)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.    | Q. M.    | Teste F     |
|----------------------|-------|----------|----------|-------------|
| Tratamentos          | 3     | 0,114503 | 0,038167 | 59,7115 **  |
| Épocas de Amostragem | 7     | 2,002535 | 0,286076 | 447,5517 ** |
| Resíduo              | 21    | 0,013423 |          |             |
| Total                | 31    | 2,130461 |          |             |

C. V. = 2,3487

QUADRO XIII - Análise da variância do nitrogênio (Formigueiro)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.    | Q. M.    | Teste F   |
|----------------------|-------|----------|----------|-----------|
| Tratamentos          | 3     | 0,000069 | 0,000023 | 1,7208    |
| Épocas de Amostragem | 7     | 0,000786 | 0,000112 | 8,3103 ** |
| Resíduo              | 21    | 0,000283 | 0,000013 |           |
| Total                | 31    | 0,001139 |          |           |

C. V. = 3,7365

QUADRO XIV - Análise da variância da relação C/N (Formigueiro)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.      | Q. M.     | Teste F     |
|----------------------|-------|------------|-----------|-------------|
| Tratamentos          | 3     | 19,581451  | 6,527150  | 23,7756 **  |
| Épocas de Amostragem | 7     | 302,875038 | 43,267862 | 157,6067 ** |
| Resíduo              | 21    | 5,765140   |           |             |
| Total                | 31    | 328,221630 |           |             |

C. V. = 4,7275

QUADRO XV - Significação estatística entre as épocas de amostragem (Carbono - Formigueiro)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          | (1,4752)        | (1,4270)        | (1,2099)        | (1,0537)        | (0,9612)        | (0,8607)        | (0,8237)        | (0,7995)        |
| 1. <sup>a</sup> (1,4752) | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> (1,4270) | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 3. <sup>a</sup> (1,2099) | ---             | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              | **              |
| 4. <sup>a</sup> (1,0537) | ---             | ---             | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              |
| 5. <sup>a</sup> (0,9612) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | **              | **              | **              |
| 6. <sup>a</sup> (0,8607) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | *               |
| 7. <sup>a</sup> (0,8237) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 0,0600

1% = 0,0733

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

QUADRO XVI - Significação estatística entre épocas de amostragem (Nitrogênio - Formigueiro)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          | (0,0897)        | (0,0922)        | (0,1022)        | (0,1052)        | (0,0965)        | (0,0982)        | (0,1019)        | (0,1007)        |
| 1. <sup>a</sup> (0,0897) | ---             | n.s.            | **              | **              | n.s.            | n.s.            | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> (0,0922) | ---             | ---             | *               | **              | n.s.            | n.s.            | *               | n.s.            |
| 3. <sup>a</sup> (0,1022) | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 4. <sup>a</sup> (0,1052) | ---             | ---             | ---             | ---             | *               | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 5. <sup>a</sup> (0,0965) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 6. <sup>a</sup> (0,0982) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> (0,1019) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 0,0087

1% = 0,0106

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

QUADRO XVII - Significação estatística entre épocas de amostragem (Relação C/N - Formigueiro)

|                 | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 | (16,5325)       | (15,4630)       | (11,8462)       | (10,0064)       | (9,9613)        | (8,7612)        | (8,1234)        | (7,9706)        |
| 1. <sup>a</sup> | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              | **              | **              |
| 3. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | **              | **              | **              | **              | **              |
| 4. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | *               | **              | **              |
| 5. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | **              | **              |
| 6. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 1,2437

1% = 1,5194

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

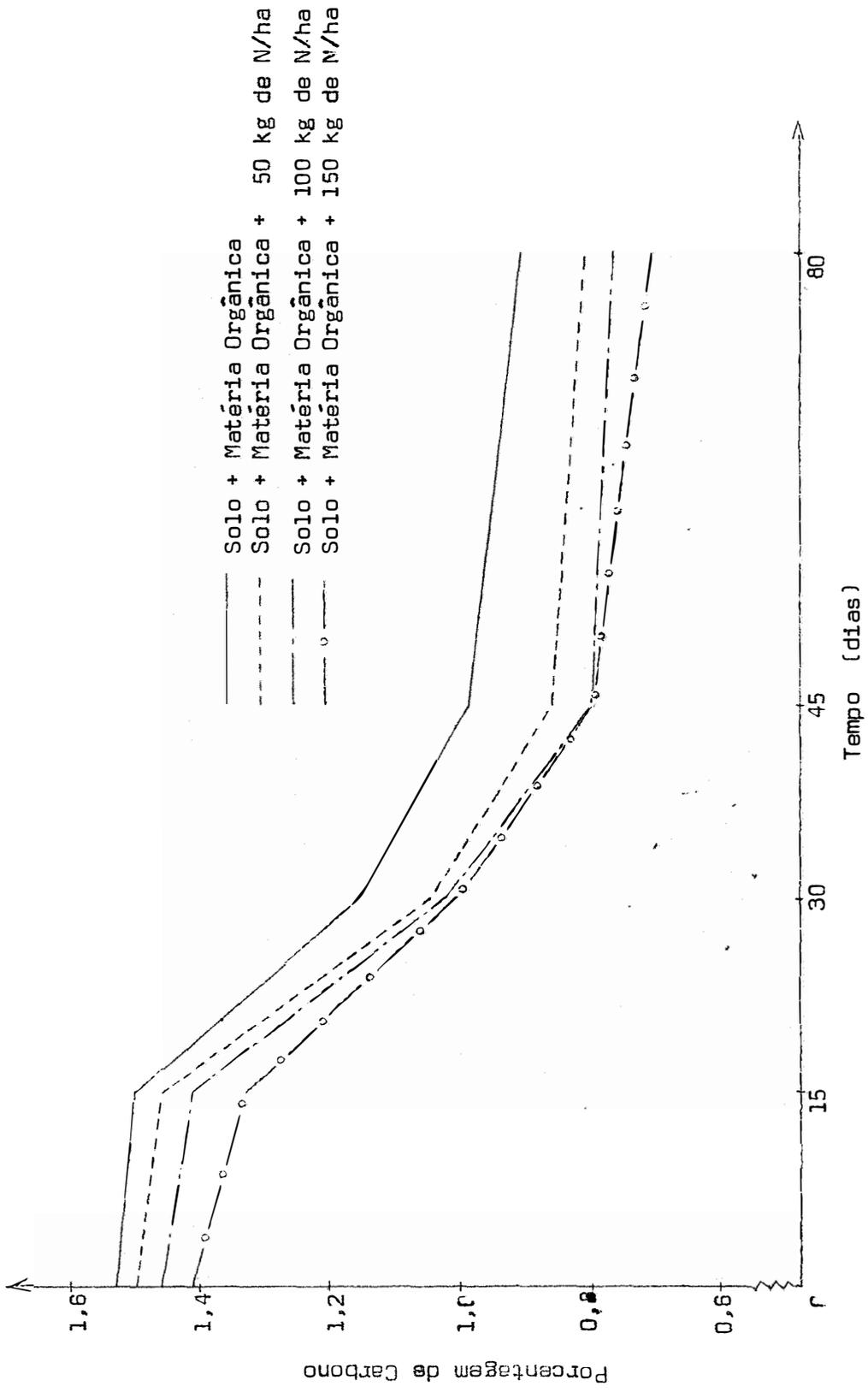


fig. 5 - Evolução dos teores de carbono durante o período de incubação do Solo Formigueiro.

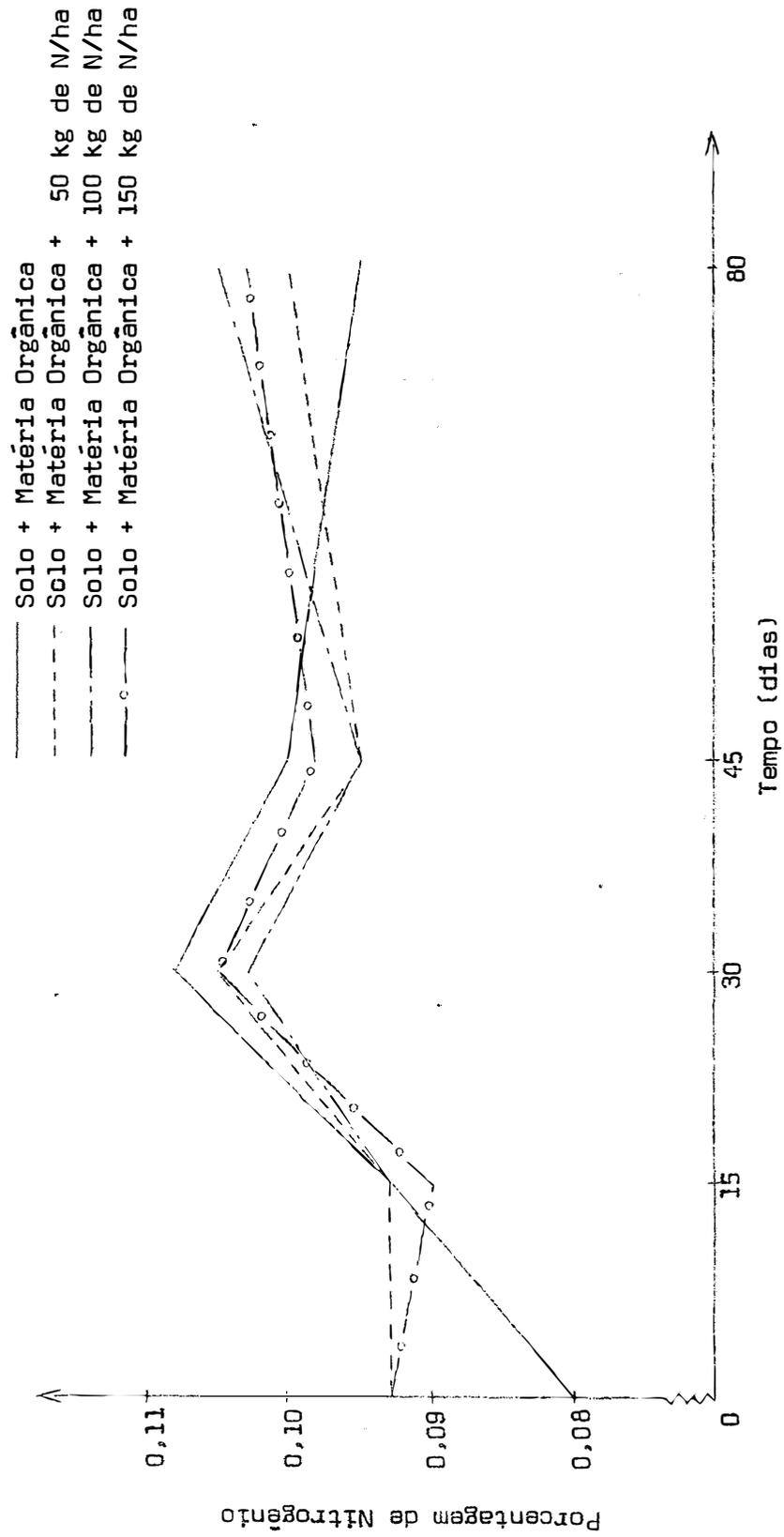


Fig. 6 - Evolução dos teores de nitrogênio durante o período de incubação do Solo Formigueiro.

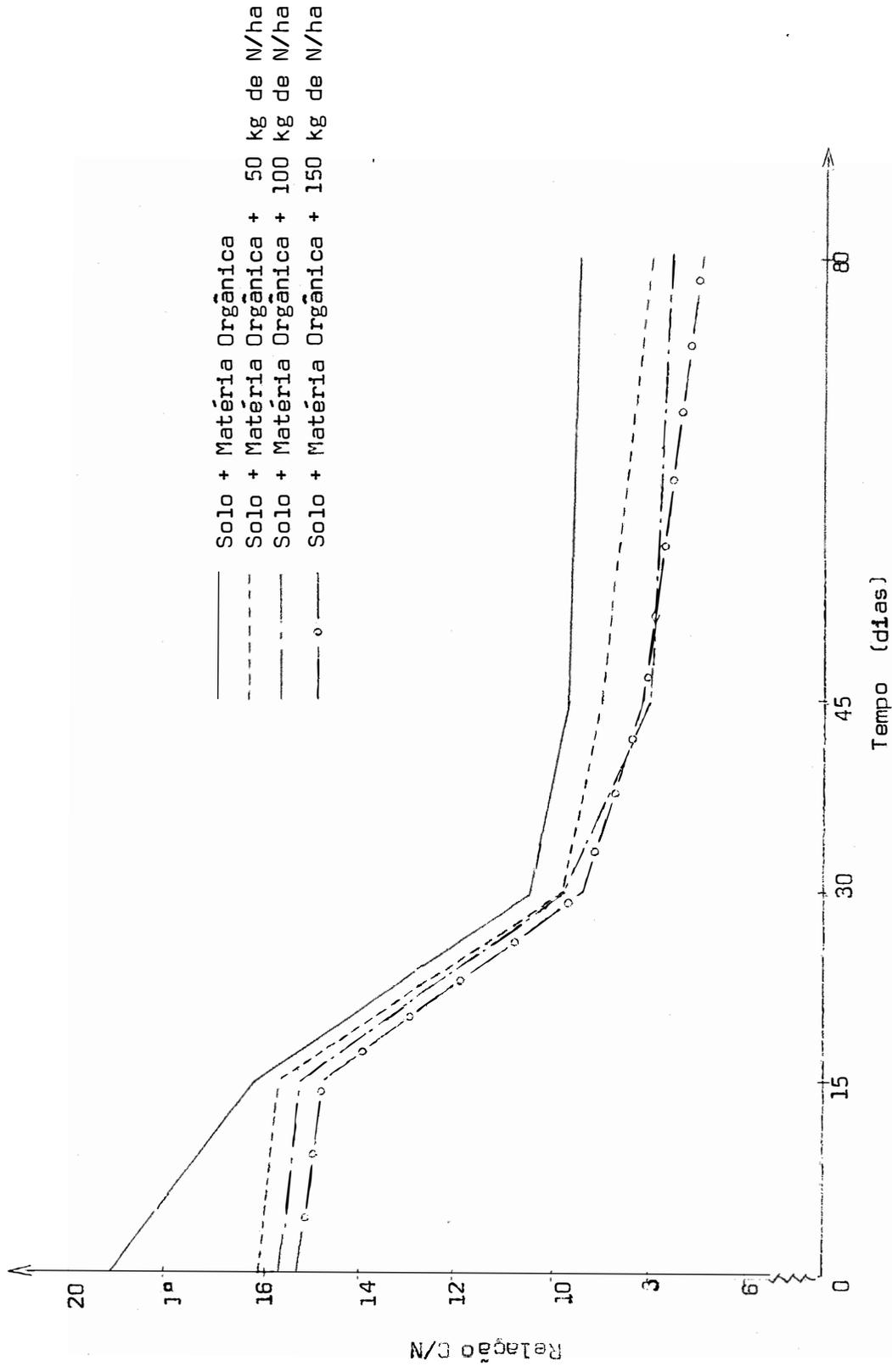


Fig. 7 - Evolução da relação C/N durante o período de incubação do Solo Formigueiro

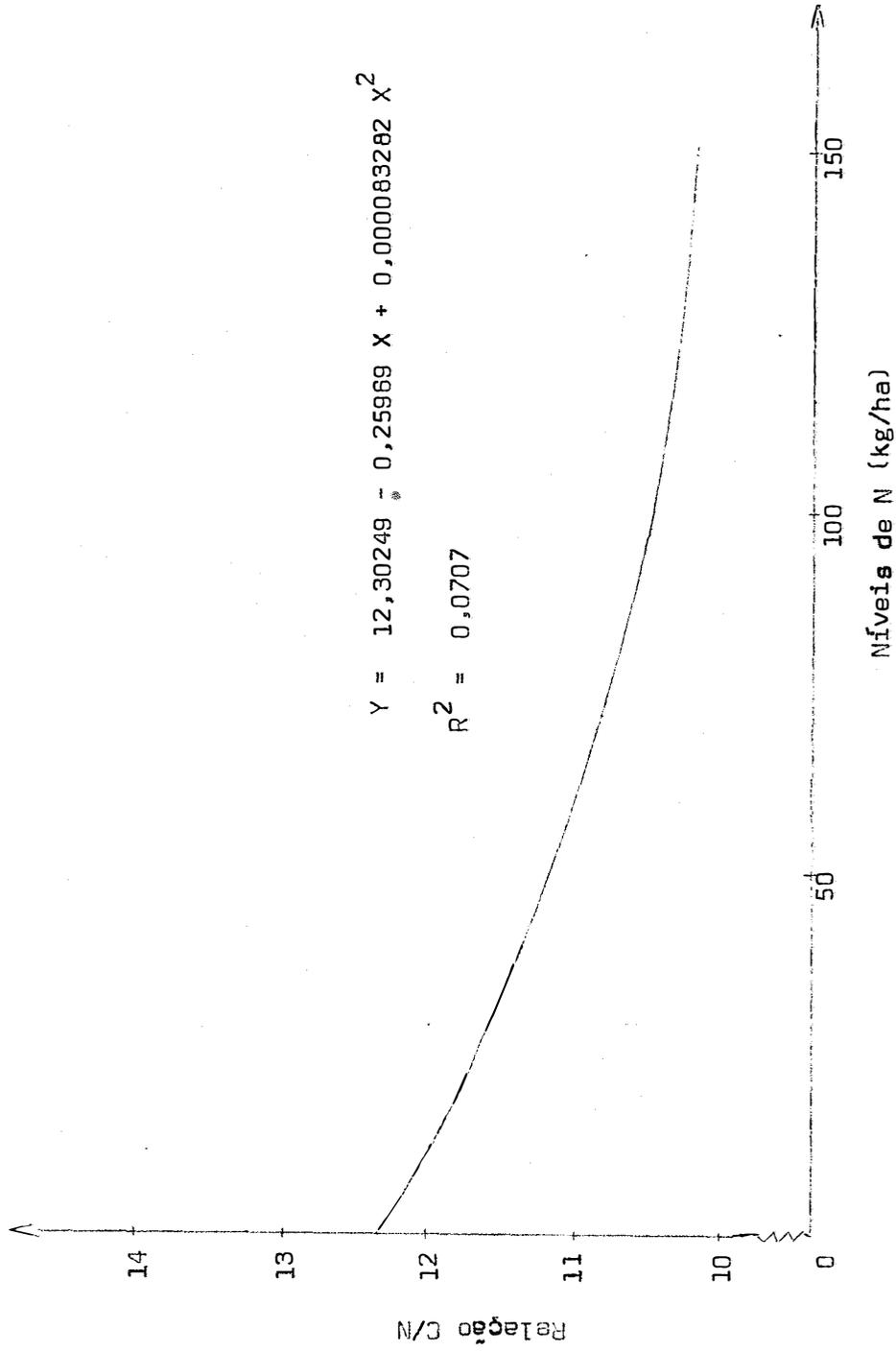


Fig. 8 - Equação de resposta, coeficiente de correlação quadrática e curva de resposta da relação C/N aos diferentes níveis de nitrogênio aplicados ao Solo Formigueiro.

#### 4.3 - SOLO QUEBRA DENTE

##### 4.3.1 - Teores de Carbono

Pelo exame do Quadro XVIII verifica-se que os teores de carbono diferem entre si ao nível de 1% (Teste de F) em relação aos tratamentos e às épocas de amostragem.

Aplicando-se o teste de Tukey às médias dos tratamentos tem-se que há uma diferença ao nível de 1% entre os tratamentos L (Solo + Matéria Orgânica) e M (Solo + Matéria Orgânica + 50 kg de N/ha), L e N (Solo + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha), L e O (Solo + Matéria Orgânica + 150 kg de N/ha) e entre M e O, não havendo diferença entre M e N e N e O.

Os teores de carbono de todos os tratamentos diminuíram durante o período de incubação, como pode ser visto pela Fig. 9, podendo-se verificar ainda que a queda mais acentuada foi entre a segunda amostragem (15 dias) e a sexta (45 dias), tornando-se daí até o final do período praticamente estabilizados.

Pelo teste de Tukey pode-se observar que os teores obtidos na primeira, segunda e terceira amostragens não diferem entre si, da mesma forma que os valores das três últimas também não diferem, conforme está mostrado no Quadro XXI.

#### 4.3.2 - Teores de Nitrogênio

Verifica-se pelo Quadro XIX que os teores de nitrogênio diferem ao nível de 5% em relação aos tratamentos.

O nitrogênio adicionado ao solo na forma de sulfato de amônio e nas doses de 50, 100 e 150 kg por hectare proporcionou sobre o nitrogênio total do solo um aumento significativo ao nível de 5% (Teste de F).

Aplicando-se o teste de Tukey às diferenças entre as médias dos tratamentos tem-se que apenas N (Solo + Matéria Orgânica + 100 kg de N/ha) e L (Solo + Matéria Orgânica) diferem a 5% não havendo diferença entre os demais.

Através da Fig. 10 vê-se que os teores de nitrogênio do solo aumentaram da primeira à quarta amostragem (30 dias) quando atingiram seus maiores valores, houve uma queda até a sexta amostragem (45 dias) tornando-se daí o final praticamente estabilizados.

Aplicando-se o teste de Tukey às diferenças entre às épocas de amostragem, tem-se que entre a primeira, segunda e terceira amostragens não há diferenças, o mesmo ocorrendo entre as sexta, sétima e oitava, como está mostrado no Quadro XXII.

#### 4.3.3 - Relação C/N

Através do Quadro XX constata-se que os valores da relação C/N, apresentam diferenças significativas ao nível de 1% para tratamentos e épocas de amostragem (Teste de F).

Aplicando-se o teste de Tukey vê-se que os tratamentos L e M , L e N , L e O e M e O diferem ao nível de 1% ; entre os demais não há diferenças.

Os níveis de significação encontrados entre os tratamentos para a relação C/N são iguais ao dos tratamentos para os teores de carbono, supondo-se assim que a diminuição dos valores daquela relação foi determinado pela diminuição destes teores.

Verifica-se que a diferença dos teores de carbono entre os tratamentos estudados, foi provocada pela aplicação de doses crescentes de N (50, 100 e 150 kg/ha) admitindo-se, portanto que a elevação destas doses provocou uma queda dos valores da relação C/N .

Esta dependência foi confirmada através da equação de regressão linear ( $Y = 13,406624 - 0,207729 x$ ) em que Y é a relação C/N e  $x$  representa os valores de nitrogênio aplicados ao solo.

A reta correspondente a esta equação é mostrada na Fig. 12 .

Os valores da relação C/N diminuíram durante a incubação, sendo esta diminuição mais acentuada entre o início do período (primeira amostragem) e os 30 primeiros dias (quarta amostragem) , ficando então praticamente estabilizados, como mostra a Fig. 11 .

Pela aplicação do teste de Tukey foram determinados os níveis de significação entre os tratamentos em relação às épocas de amostragem como mostra o Quadro XXIII .

Verifica-se, em relação aos três solos que, de uma maneira geral, o efeito do nitrogênio foi o de reduzir os teores de C (Quadro V e Figuras 1 , 5 e 9) e as relações C/N (Quadro V e Figuras 4 , 8 e 12) sem afetar-lhes o tempo de estabilização.

QUADRO XVIII - Análise da variância do carbono (Quebra Dente)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.    | Q. M.    | Teste F    |
|----------------------|-------|----------|----------|------------|
| Tratamentos          | 3     | 0,178834 | 0,059611 | 24,2871 ** |
| Épocas de Amostragem | 7     | 0,658826 | 0,094118 | 38,3459 ** |
| Resíduo              | 21    | 0,051543 | 0,002454 |            |
| Total                | 31    | 0,889203 |          |            |

C. V. = 5,5745

QUADRO XIX - Análise da variância do nitrogênio (Quebra Dente)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.    | Q. M.    | Teste F    |
|----------------------|-------|----------|----------|------------|
| Tratamentos          | 3     | 0,000090 | 0,000030 | 3,3567 *   |
| Épocas de Amostragem | 7     | 0,000657 | 0,000093 | 10,4227 ** |
| Resíduo              | 21    | 0,000189 | 0,000009 |            |
| Total                | 31    | 0,000936 |          |            |

C. V. = 3,9434

QUADRO XX - Análise da variância da relação C/N (Quebra-Dente)

| Causa de Variação    | G. L. | S. Q.      | Q. M.     | Teste F    |
|----------------------|-------|------------|-----------|------------|
| Tratamentos          | 3     | 45,527492  | 15,175830 | 25,8070 ** |
| Épocas de Amostragem | 7     | 218,819580 | 31,259940 | 53,1585 ** |
| Resíduo              | 21    | 12,349060  | 0,588050  |            |
| Total                | 31    | 276,696132 |           |            |

C. V. = 6,4719

QUADRO XXI - Significação estatística entre as épocas de amostragem (Carbono - Quebra Dente)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                          | (1,1040)        | (1,0675)        | (1,0175)        | (0,8762)        | (0,8087)        | (0,7675)        | (0,7537)        | (0,7144)        |
| 1. <sup>a</sup> (1,1040) | ---             | n.s.            | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              |
| 2. <sup>a</sup> (1,0675) | ---             | ---             | n.s.            | **              | **              | **              | **              | **              |
| 3. <sup>a</sup> (1,0175) | ---             | ---             | ---             | *               | **              | **              | **              | **              |
| 4. <sup>a</sup> (0,8762) | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | *               | **              |
| 5. <sup>a</sup> (0,8087) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 6. <sup>a</sup> (0,7675) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> (0,7537) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 0,1176

1% = 0,1436

\*\* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

QUADRO XXII - Significação estatística entre as épocas de amostragem (Nitrogênio - Quebra Dente)

|                          | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup>          |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1. <sup>a</sup> (0,0677) | ---             |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
| 2. <sup>a</sup> (0,0702) | ---             | n.s.            |                 |                 |                 |                 |                 |                          |
| 3. <sup>a</sup> (0,0744) | ---             | ---             | n.s.            |                 |                 |                 |                 |                          |
| 4. <sup>a</sup> (0,0815) | ---             | ---             | ---             | **              |                 |                 |                 |                          |
| 5. <sup>a</sup> (0,0790) | ---             | ---             | ---             | ---             | **              |                 |                 |                          |
| 6. <sup>a</sup> (0,0782) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | **              |                 |                          |
| 7. <sup>a</sup> (0,0792) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | **              |                          |
|                          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 8. <sup>a</sup> (0,0785) |

Teste de Tukey: 5% = 0,0071      \* \* : significativo a 1%  
 1% = 0,0087                      \* : significativo a 5%  
 n.s.: não significativo

QUADRO XXIII - Significação estatística entre épocas de amostragem (Relação C/N - Quebra-Dente)

|                           | 1. <sup>a</sup> | 2. <sup>a</sup> | 3. <sup>a</sup> | 4. <sup>a</sup> | 5. <sup>a</sup> | 6. <sup>a</sup> | 7. <sup>a</sup> | 8. <sup>a</sup> |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                           | (16,2841)       | (15,1820)       | (13,7542)       | (10,7419)       | (10,2890)       | (9,8305)        | (9,5852)        | (9,1219)        |
| 1. <sup>a</sup> (16,2841) | ---             | n.s.            | * *             | * *             | * *             | * *             | * *             | * *             |
| 2. <sup>a</sup> (15,1820) | ---             | ---             | n.s.            | * *             | * *             | * *             | * *             | * *             |
| 3. <sup>a</sup> (13,7542) | ---             | ---             | ---             | * *             | * *             | * *             | * *             | * *             |
| 4. <sup>a</sup> (10,7419) | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 5. <sup>a</sup> (10,2890) | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            | n.s.            |
| 6. <sup>a</sup> (9,8305)  | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            | n.s.            |
| 7. <sup>a</sup> (9,5852)  | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | ---             | n.s.            |

Teste de Tukey: 5% = 1,8202

1% = 2,2238

\* \* : significativo a 1%

\* : significativo a 5%

n.s.: não significativo

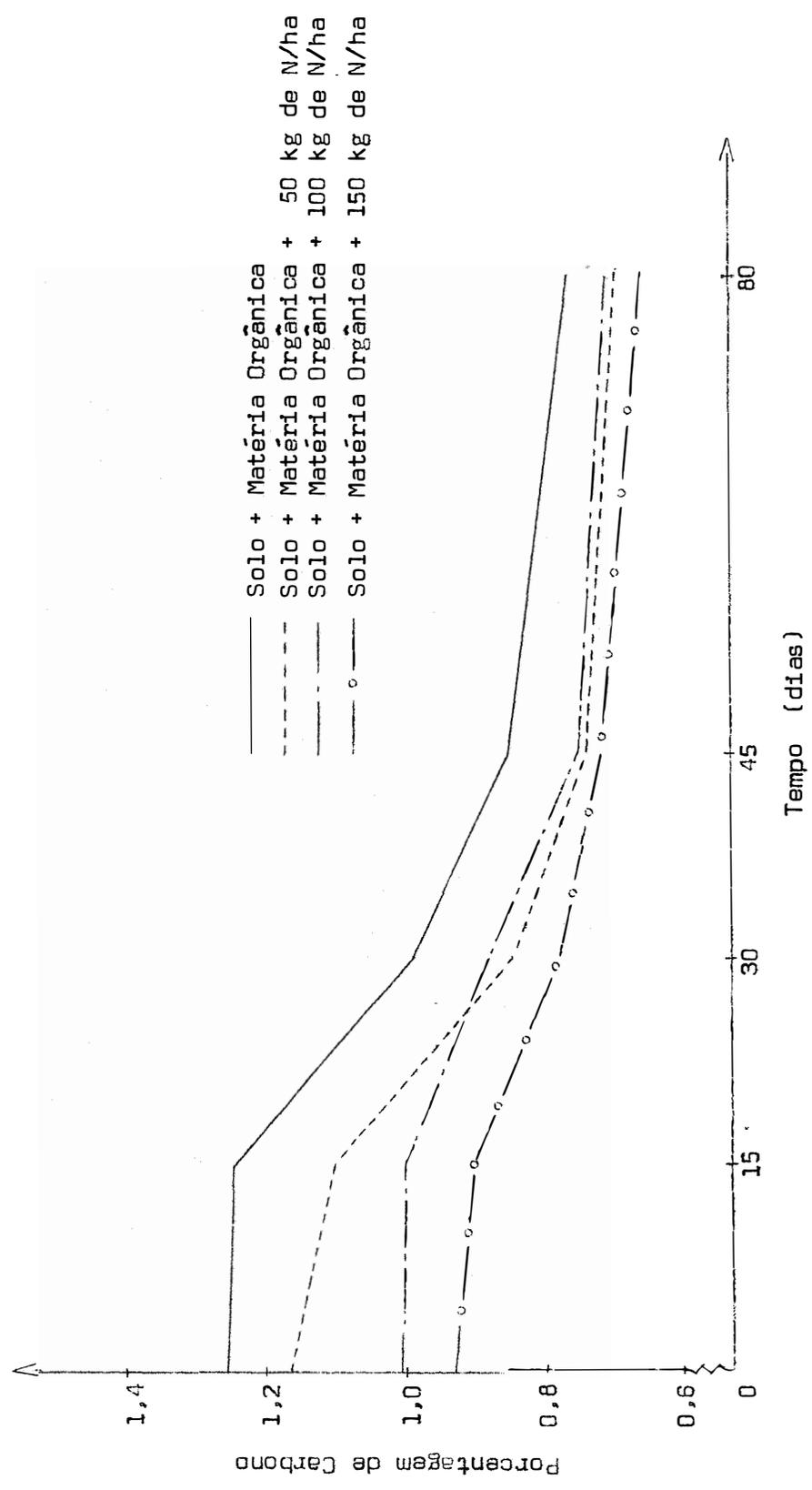


Fig. 9 - Evolução dos teores de carbono durante o período de incubação do Solo Quebrã-Jente

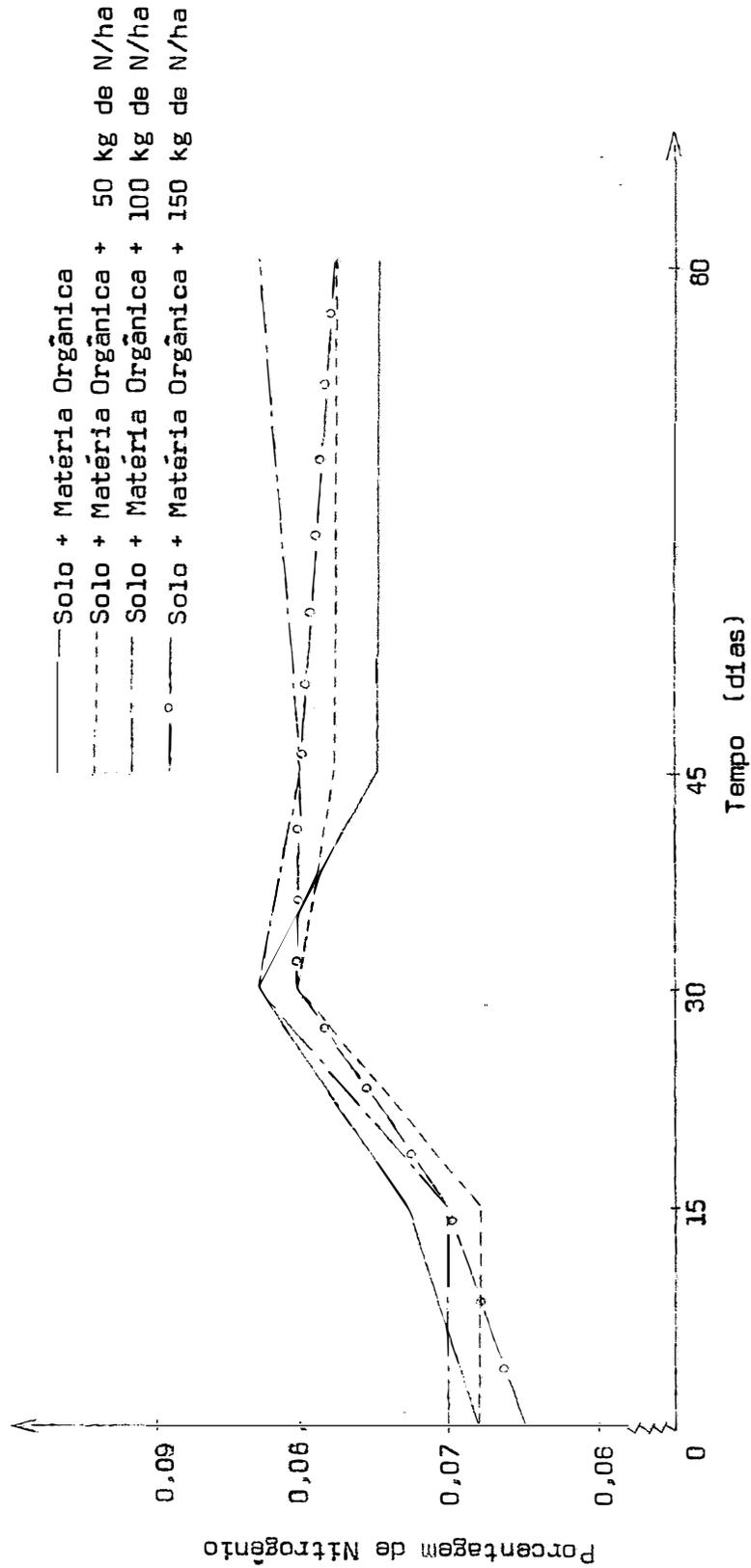


Fig. 10 - Evolução dos teores de nitrogênio durante o período de incubação do Solo Quebra-Dente.

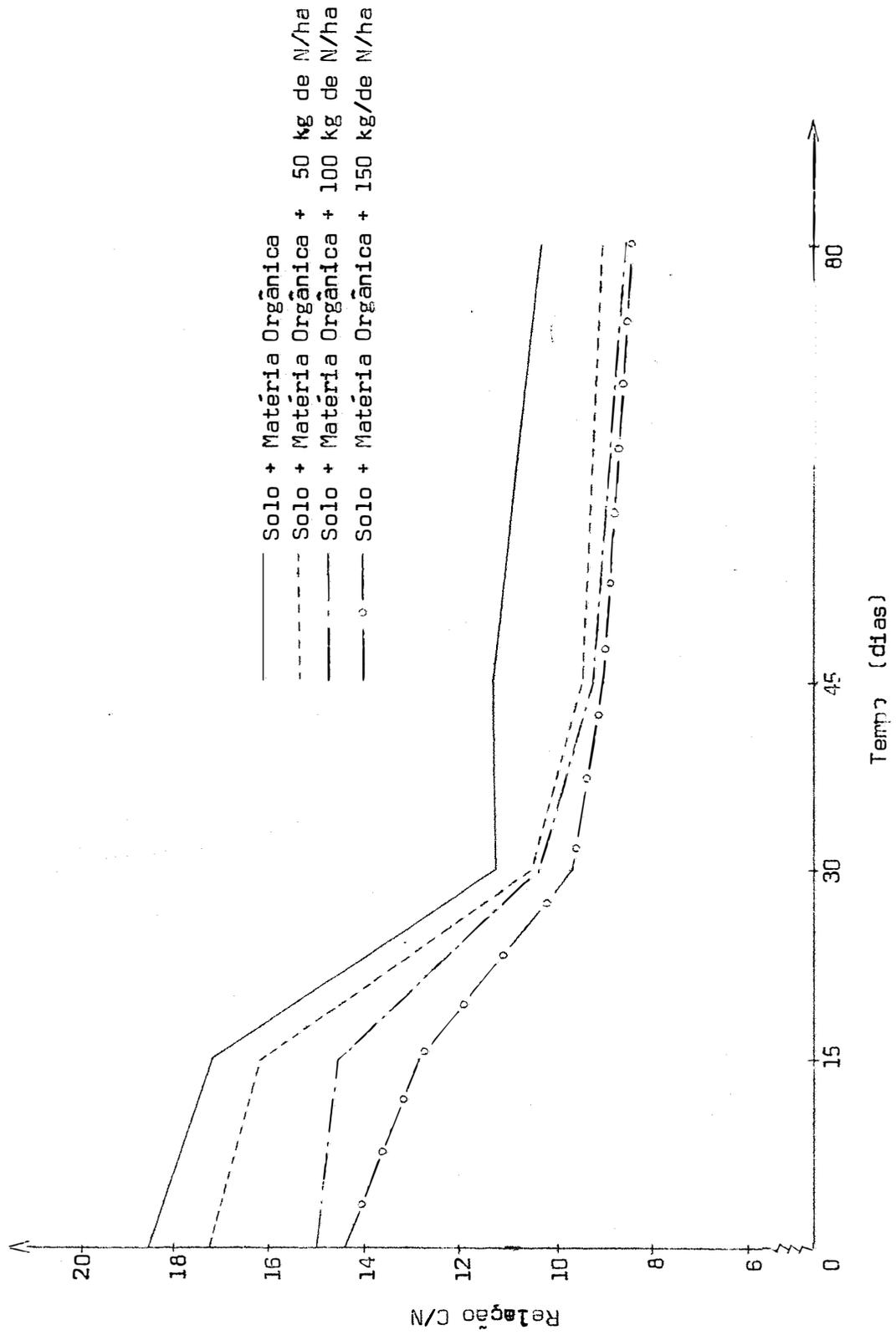


Fig. 11 - Evolução da relação C/N durante o período de incubação do Solo Quebra-Dente

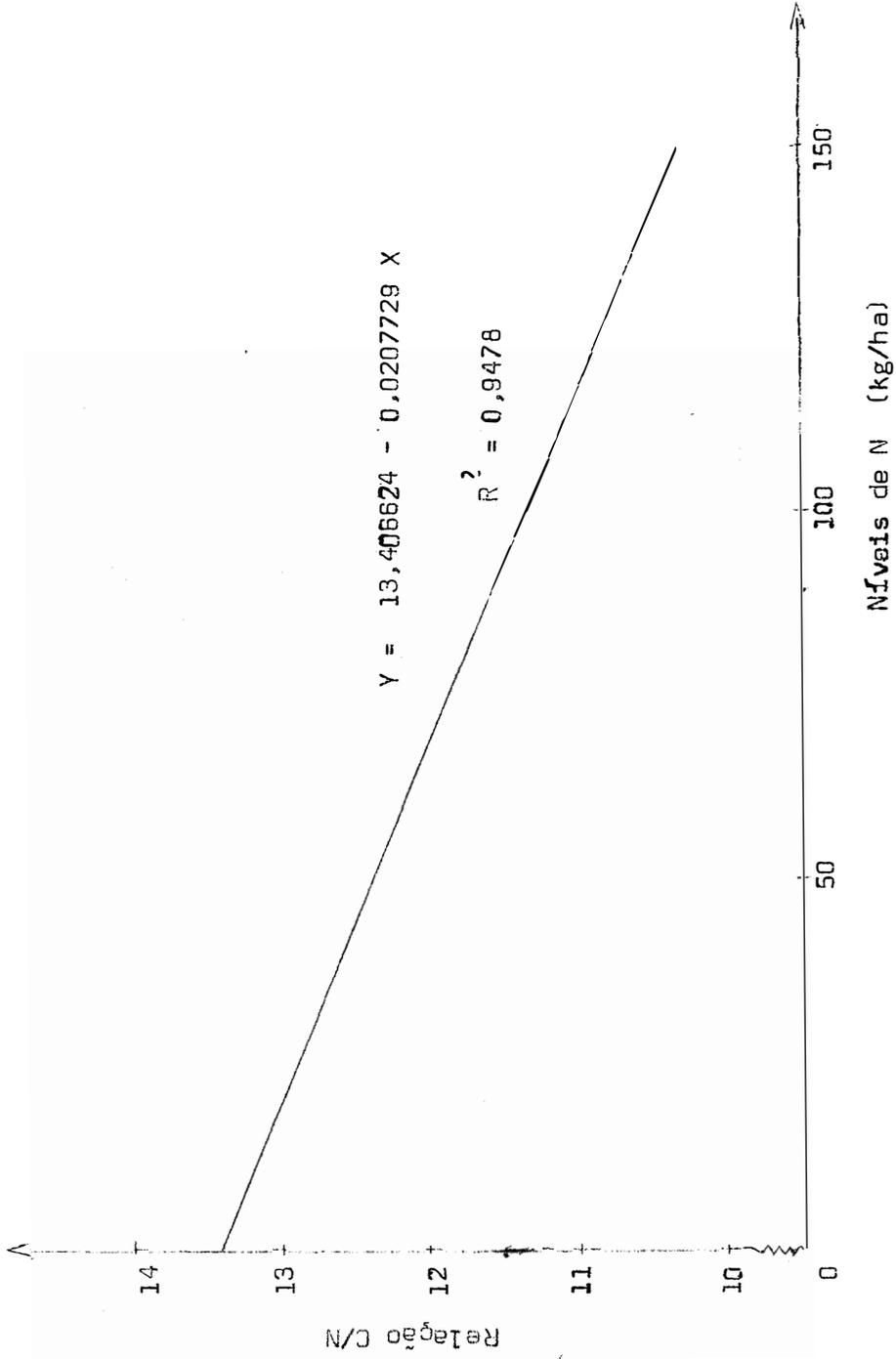


Fig. 12 - Equação de resposta, coeficiente de correlação linear e reta de resposta da relação C/N aos diferentes níveis de nitrogênio aplicados ao Solo Quebranta Dente

## 5 - RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi estudar a decomposição de restos de cultura de milho (*Zea mays* L.) de alta relação C/N, incorporados a três solos arenosos do Município de Piracicaba, SP. com e sem a adição de nitrogênio, medindo-se o tempo gasto em sua decomposição através da determinação dos teores de carbono e da relação C/N, dos solos utilizados.

Usaram-se um experimento inteiramente casualizado com 15 tratamentos e 4 repetições e solos das séries Artemis, Formigueiro e Quebra Dentes, incorporou-se matéria orgânica ao nível de 50 toneladas por hectare com e sem a adição de nitrogênio sob a forma de sulfato de amônio aos níveis de 0, 50, 100 e 150 kg por hectare.

O experimento foi instalado em vasos plásticos com capacidade de dois kg de solo que foram mantidos ao abrigo da chuva, porém à temperatura ambiente.

O teor de umidade em todos os tratamentos foi mantido ao nível de 60% de sua retenção a 1/3 atm.

Os solos foram incubados durante um período de 80 dias, tendo sido efetuadas oito amostragens para as determinações de carbono orgânico e nitrogênio total a fim de se obter os valores dos parâmetros utilizados para medir a decomposição da matéria orgânica incorporada.

Do presente trabalho, as principais conclusões tiradas são:

- a - A incorporação de nitrogênio contribuiu para apressar a decomposição da matéria orgânica, seja ela avaliada pelo teor de carbono, ou pela relação C/N do solo.
- b - Recomenda-se o primeiro processo dos acima citados para avaliação do período de decomposição da matéria orgânica por ser o de mais fácil e rápida execução.
- c - A decomposição foi mais acelerada entre 15 e 45 dias após o início de incubação, depois do que, praticamente se estabilizou.
- d - O emprego de nitrogênio contribuiu para reduzir o teor de matéria orgânica e a relação C/N do solo, mas não para alterar o período de decomposição do resto de cultura do milho.
- e - Em todos os solos estudados os seus teores de nitrogênio total aumentaram durante o processo de decomposição, alcançando seu ponto máximo no 30.<sup>o</sup> dia após a incubação.

- f - O estreitamento da relação C/N em todos os solos foi condicionado pela diminuição dos teores de carbono, sendo esta diminuição provocada pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio. A dependência do estreitamento da relação C/N às doses crescentes de nitrogênio foi determinada através de uma equação de regressão linear para os solos Artemis e Quebra Dente e de uma equação de regressão quadrática para o solo Formigueiro.
- g - Quando os solos foram incubados sem adição de matéria orgânica e nitrogênio (Tratamentos A, F e K), não sofreram modificações em seus teores de carbono e nitrogênio.

6 - SUMMARY AND CONCLUSIONS

The objective of this project was to study the decomposition of corn straw (*Zea mays* L.) of high C/N ratio, mixed with three sandy soils of the Piracicaba Municipality, with and without the addition of nitrogen. The time taken for decomposition was measured by determining the carbon content and the C/N ratio of the soils considered.

A completely randomized block design with 15 treatments and 4 replications and the soil series Artemis, Formigueiro and Quebra-Dente were used. Organic matter was mixed in at the rate of 50 kg per hectare with and without nitrogen added as ammonium sulphate at the rates of 0, 50, 100 and 150 kg per hectare.

The experiment was carried out in plastic containers<sup>s</sup> capable of holding 2 kg of soil. The containers were kept protected from direct rainfall and at room temperature.

The humidity was maintained at 60% of moisture retained at 1/3 atm, for all treatments.

The soils were incubated for 80 days and 8 samplings were done to determine organic carbon and total nitrogen with the purpose of obtaining the parameters needed to measure the decomposition of the added organic matter.

The main conclusions from this work were as follows:

- a - The addition of nitrogen contributed to hasten organic matter decomposition, whether evaluated by carbon content or soil C/N ratio.
- b - It is recommended that the first of the above mentioned methods be used to evaluate the duration of organic matter decomposition. The reason being that it is easier and quicker to perform.
- c - Decomposition was faster between 15 and 45 days of incubation, after which period it remained constant.
- d - The use of nitrogen contributed to reduce the organic matter content and the soil C/N ratio. It did not however affect the decomposition of corn straw.
- e - Total nitrogen content increased during the decomposition process in all soils studied ; a maximum was reached after 30 days of incubation.

- f - The C/N ratio decreased with carbon content, due to the application of increasing rates of nitrogen. This relationship was determined by a linear regression equation for the soils Artemis and Quebra Dente and by a quadratic regression equation for the Formigueiro soil.
- g - No change in the carbon and nitrogen content was observed when the soils were incubated without the addition of organic matter and nitrogen (Treatments A , F and K) .

7 - LITERATURA CITADA

ALEXANDER, M. 1961 Introduction to soil microbiology. New York, John Wiley. 472 p.

ALLISON, F. E. 1973 Soil organic matter and its role in crop production. New York, Elsevier, 673 p.

ALLISON, F. E. *et al.* 1963 Nitrogen requirements for the decomposition of various kinds of finely ground woods in soil. Soil Sci , 96: 187-90.

ALLISON, F. E. & KLEIN, C. J. 1962 Rates of immobilization and release of nitrogen following additions of carbonaceous materials and nitrogen to soils. Soil Sci, 93: 383-86 .

BLACK, C. A. 1967 Soil-Plant Relationships. New York, John Wiley. 792 p.

- BLACK, C. A. *et al.* 1965 Methods of soil analysis. Madison, Am. Soc. of Agronomy. 2<sup>o</sup> V. (Agronomy, 9).
- BROADBENT, F. E. & BARTHOLOMEN, W. V. 1948 The effect of quantity of plant material added to soil on its rate of decomposition. Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 13: 271-74.
- BROADBENT, F. E. & NORMAN, A. G. 1946 Some factors affecting the availability of the organic nitrogen in soil - a preliminary report. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 11: 264-67 .
- CATANI, R. A. *et al.* 1955 Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol. Inst. Agron. Campinas, n<sup>o</sup> 69 . 20 p.
- CATANI, R. A. *et al.* 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: 116-25.
- HARMSSEN, G. W. & VAN SCHREVEN, D. A. 1955 Mineralization of organic nitrogen in soil. Advances in Agronomy, 8: 229-398.
- HOPKINS, D. P. 1948 Chemicals humus and the soil. London, Faber and Faber. 278 p.
- JANSSON, S. L. *et al.* 1955 Preferential utilization of ammonium over nitrate by micro-organisms in the decomposition of oat straw. Pl. Soil, 6: 383-90.
- MARTIN, T. L. 1925 Effect of straw on accumulation of nitrates and crops growth. Soil Sci, 20: 159-64.

- MEDINA, H. P. 1971 Classificação granulométrica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 11, Brasília, 1967. Anais Rio de Janeiro, SBCS, p. 26 (Resumo).
- MELLO, F. A. F. *et al.* 1966 Uma adaptação do método de Kjeldahl para a determinação do nitrogênio do solo envolvendo o uso de um microdestilador. Revta. Agric. Piracicaba, 41: 117-9.
- MILLAR, H. C. *et al.* 1936 The rate of decomposition of various plant materials in soils. J. Am. Soc. Agron., 28: 914-23.
- NEUNYLOV, B. A. & KHAVKINA, N. V. 1968 Study of the rate of decomposition and conversion process of organics matter tagged with  $^{14}\text{C}$  in the soil. Sov. Soil Sci., 2: 234-39.
- NORMAN, A. G. 1943. Organic matter in soils. Yb. Agric. 499-510.
- PARKER, D. T. 1962 Decomposition in the field of buried and surface - applied cornstalk residue. Proc. Soil. Sci. Soc. Am., 26: 559-62.
- PIETERS, A. J. 1927 Green Manuring - Principles and Practice. New York, John Wiley, 356 p.
- PIMENTEL GOMES, F. 1970. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba. Livraria Nobel, 430 p.
- PINCK, L. A. *et al.* 1946 The nitrogen requirement in the utilization of carbonaceous residues in soil. J. Am. Soc. Agron., 38: 410-20.

- PINCK, L. A. *et al.* 1948 The effect of green manure crops of varying carbon-nitrogen ratios upon nitrogen availability and soil organic matter content. J. Am. Soc. Agron., 40: 237-48.
- PINCK, L. A. *et al.* 1950 Maintenance of soil organic matter: II. Losses of carbon and nitrogen from young and mature plant materials during decomposition in soils. Soil Sci., 69: 391-401.
- RANZANI, G. *et al.* 1966 Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos. ESALQ/USP. Piracicaba, 85 p.
- RANZANI, G. & KIEHL, E. J. 1958 Prática de Solos. Piracicaba, SP., 40 p.
- RUSSEL, E. J. 1942 Soil conditions and plant growth. London. Longmans, Green 655 p.
- SALOMON, M. 1953 The accumulation of soil organic - matter from wood chips. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 17: 114-18.
- SCARDUA, R. 1974 Irrigação. Piracicaba, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". 245 p.
- SIMS, J. L. & FREDERICK, L. R. 1970 Nitrogen immobilization and decomposition of corn residue in soil and sand as affected by residue particle size. Soil Sci., 109: 355-61.
- SMITH, J. H. & DOUGLAS, C. L. 1968 Influence of residual nitrogen on wheat straw decomposition in the field. Soil Sci., 106: 456-59 .
- STEWART, B. A. *et al.* 1963 The availability of fertilizer nitrogen immobilized during decomposition of straw. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 27: 656-59.

TURK, L. M. & MILLAR, C. E. 1936 The effect of different plant materials, lime and fertilizers on the accumulation of soil organic matter. J. Am. Soc. Agron. 28: 310-24.

WAKSMAN, S. A. & TENNEY, F. G. 1927 Decomposition of natural organic materials and the decomposition in soils. II. Influence of age of plant upon the rapidity and nature of its decomposition by plants. Soil Sci., 24: 317-337.

WOJCIK-WOJTKOWIACK, D. 1972 The transformation of nitrogen and carbon in the soil during humification of straw labelled with <sup>15</sup>N. Pl. Soil, 36: 261-70.