

Nota / Note

CONTRASTES ORTOGONAIS NA ANÁLISE DO CONTROLE DE VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM COMPOSTAGEM

José Eduardo Corrente*; Maria Cristina Stolf Nogueira; Beatriz Montrágio Costa

Depto. de Ciências Exatas - USP/ESALQ, C.P. 9 - CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.

**Autor correspondente <jecorren@carpa.ciagri.usp.br>*

RESUMO: O uso de contrastes ortogonais na análise de experimentos é uma técnica que tem se revelado bastante eficiente na obtenção de efeitos principais, de interação e efeitos aninhados. Em geral, essa técnica é mais útil para a análise de dados de um experimento não convencional, que é aquele que não segue uma estrutura definida. Com esse objetivo, aplicou-se esta técnica aos dados obtidos em um experimento para controlar as perdas de amônia por volatilização com diferentes níveis de acidez residual associados a três aditivos e quatro doses, adicionando uma testemunha. Desse modo, a análise estatística foi conduzida segundo um delineamento inteiramente casualizado numa classificação mista com um tratamento adicional. Os efeitos principais de aditivos e doses, bem como os efeitos aninhados e de interação, foram obtidos através do uso dos contrastes ortogonais. Assim, o uso desta técnica revelou uma forma alternativa para análise de experimento não convencional na obtenção dos efeitos principais, de interação e aninhados.

Palavras-chave: compostagem de esterco, volatilização, tratamento adicional, contraste ortogonal

ORTHOAGONAL CONTRASTS IN THE ANALYSES OF AMMONIA VOLATILIZATION CONTROL IN COMPOSTING

ABSTRACT: Orthogonal contrasts have been very useful in the analysis of experiments and this technique has been efficient in obtaining estimates of main, interaction and nested effects. Generally this technique has been useful for the analysis of data from non-conventional experiments, with no defined structure. The aim of this work was to apply this technique to the data obtained by an experiment to control losses of ammonia by volatilization with different levels of residual acidity associated with three levels of additives, and four rate levels. In this way the statistical analysis was carried out according to a one-way layout in a mixture with an additional treatment. The main effects of additives and rate as well as the nested and interaction effects were estimated using orthogonal contrasts. This technique is an alternative form to analyze non-conventional experiments in order to extract all the effects involved in the analysis.

Key words: composting, volatilization, additional treatment, orthogonal contrast

INTRODUÇÃO

A compostagem é uma importante técnica para o aproveitamento de resíduos orgânicos, muitas vezes obtidos como subproduto da atividade agrícola. Quando adequadamente produzido e aplicado o composto orgânico pode se constituir em material de boa qualidade para melhorar as características físicas e físicoquímicas do solo.

O processo de compostagem é resultado da atividade de microorganismos que convertem o nitrogênio em NH_3 durante a decomposição do material orgânico. Essa liberação, além de diminuir o teor de nitrogênio do composto, pode contribuir para a poluição do ar (Galbally & Roy, 1983; Moller & Schieferdecker, 1985).

Para Freney et al. (1988), o processo de perda de nitrogênio é de extrema importância, seja para compostos orgânicos ou para fertilizantes nitrogenados, pois pode variar de 9 a 86% do N-fertilizante aplicado. Alexander (1977) afirma que a liberação de amônia torna-se mais provável quando o teor do resíduo é maior que 2,4%, pois qualquer quantidade que excede o

necessário para os microorganismos decomporem o material orgânico será descartada na forma de NH_3 .

Alcarde & Rodela (1996) sugerem a hipótese de haver relação entre a eficiência do superfosfato simples e do gesso agrícola, com a acidez residual presente nestes materiais. O controle seria devido à reação do NH_3 formado com o H^+ livre proveniente de ácidos remanescentes do ataque da rocha fosfática, sendo que quanto maior a acidez residual, maior o controle das perdas de amônia por volatilização. Isso explicaria os resultados aparentemente contraditórios de vários trabalhos relacionados ao estudo de perdas de nitrogênio nos processos de volatilização.

Existem vários estudos na tentativa de minimizar a perda de amônia no processo de volatilização através da adição de superfosfato simples e/ou gesso agrícola ao composto. Porém, os estudos são contraditórios com relação à eficiência e quantidades a serem utilizadas desses materiais (Prochnow et al., 1998).

Com o objetivo de estudar as perdas de amônia por volatilização com diferentes valores de acidez residual, Prochnow et al. (1998) conduziram um

experimento em frascos fechados de vidro de 1,6 litro de capacidade, utilizando como material orgânico uma mistura de quantidades iguais de esterco fresco e seco de galinha e de gado, através da adição de superfosfato simples, superfosfato triplo e gesso agrícola. Uma testemunha também foi considerada como sendo a mistura de esterco sem a adição de qualquer aditivo. A quantidade de amônia perdida do esterco por volatilização foi determinada aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias e as quantidades totais de NH_3 foram calculadas pela soma das quantidades obtidas de cada semana.

Analisando a maneira como os dados foram obtidos do experimento realizado por Prochnow et al. (1998), observam-se níveis diferentes de acidez residual, impossibilitando a aplicação de uma estrutura fatorial completa. Além, disso existe uma testemunha única para todo experimento.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar os dados obtidos desse experimento considerando a estrutura de fatorial 3x4 (3 aditivos e 4 doses) e diferentes níveis de acidez residual aninhada aos aditivos e respectivas doses, incluindo a testemunha como um tratamento adicional. Para testar as hipóteses dos efeitos envolvidos no modelo propõem-se:

- (1) analisar os dados considerando cada combinação de aditivos, doses e nível de acidez residual como sendo um tratamento, numa estrutura inteiramente ao acaso.
- (2) nos tratamentos aplicar a técnica dos contrastes ortogonais, estimando-se assim as somas de quadrados para todos os efeitos envolvidos.

Tal proposta se justifica pelo fato de que experimentos instalados considerando a testemunha como um tratamento adicional é usual na experimentação agrônômica, devido a economia de material e de área experimental. A desvantagem está na dificuldade da análise dos dados, pois a estrutura passa a ser de dados incompletos. Healy (1956) e Gomes (1987) já citam esse tipo de experimento, mas apresentam apenas um esquema de análise sem muitas complicações.

METODOLOGIA

Os dados obtidos por Prochnow et al. (1998) constaram de 3 aditivos (gesso agrícola (G); superfosfato simples (SS); superfosfato triplo (ST)) em 4 doses (50, 100, 150, 200 kg ton^{-1}), 2 níveis de acidez residual para cada aditivo e uma testemunha para uma mistura de esterco de galinha e de gado.

Os níveis de acidez residual para o gesso agrícola foram de 0,13% e 0,20%; para o superfosfato simples foram de 7,02% e 2,36%; para o superfosfato triplo foram de 2,38% e 1,86%.

Os dados observados da quantidade de amônia perdida do esterco por volatilização correspondem ao total das quantidades obtidas no período de 42 dias, com 4 repetições.

Devido a presença da testemunha considerada como um tratamento adicional, e os dados não se encaixarem em uma estrutura de análise convencional, adotou-se cada combinação de aditivos, doses e níveis de acidez residual como um tratamento. Desse modo, pôde-se considerar um modelo matemático de classificação simples inteiramente casualizado com 25 tratamentos (24 combinações e a testemunha) cuja representação é dada por

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

com $i = 1, \dots, 25$ e $j = 1, \dots, 4$, sendo y_{ij} o valor observado referente ao tratamento i na repetição j ; μ uma constante; t_i o efeito do tratamento i e e_{ij} o erro experimental. O esquema da análise da variância é dado na TABELA 1.

Neste caso, os graus de liberdade de tratamentos podem ser decompostos através de comparações planejadas de acordo com o interesse do pesquisador em testar efeitos específicos do experimento. Desse modo, para os dados considerados as comparações podem ser construídas com o objetivo de testar os efeitos principais (aditivos e doses), o efeito da interação (aditivos com doses) e os efeitos aninhados de acidez com cada aditivo e dose. Tais comparações podem ser feitas através da técnica de contrastes ortogonais.

Define-se um contraste como uma função linear estimável da forma

$$Y = \sum_{i=1}^I c_i \mu_i$$

sendo c_i o coeficiente a ser atribuído a μ_i ; μ_i a média do tratamento i , tal que

$$\sum_{i=1}^I c_i = 0$$

Dois contrastes $Y_h = \sum c_{hi} \mu_i$ e $y_{h'} = \sum c_{h'i} \mu_i$ com $h \neq h'$ para $h = 1, \dots, I-1$, são ortogonais quando $(c_{hi}, c_{h'i}) = 0$

Cada contraste gera uma hipótese a ser testada e está associado a uma soma de quadrados com 1 grau de liberdade. A soma de quadrados para um contraste Y_h é dada por

$$SQ Y_h = \frac{r Y_h^2}{\sum_{i=1}^I c_{hi}^2}$$

para $h = 1, \dots, I-1$, sendo que $Y_h = \sum c_{hi} \bar{y}_i$ é um estimador não tendencioso de Y_h . Devido a ortogonalidade dos contrastes ocorre que o $\sum SQ Y_h$ é a soma de quadrados de tratamentos com $(I-1)$ graus de liberdade.

Inicialmente, com a aplicação dessa técnica, para os dados em questão, construiu-se contrastes ortogonais de tal maneira que foi possível testar os efeitos da testemunha vs. os demais tratamentos, de

aditivos, de doses, da interação de aditivos com doses, e da acidez residual aninhada a cada aditivo e doses. Na TABELA 2 é mostrada a composição dos contrastes.

Como os níveis do fator doses são quantitativos, os coeficientes dos contrastes referentes às doses foram atribuídos de acordo com os coeficientes para interpolação de polinômios ortogonais, segundo Gomes (1987).

Se o efeito da interação de aditivos com doses for significativa, e o efeito da acidez residual aninhada a cada aditivo e doses for não significativo, o passo seguinte é a decomposição da soma dos graus de

TABELA 1 - Esquema da análise da variância, considerando uma classificação simples, para os dados de volatilização.

Causa de Variação	GL
Tratamentos	24
Resíduo	75
Total	99

liberdade da interação aditivos com doses com os graus de liberdade de doses, gerando os efeitos referentes as doses aninhada a cada aditivo. Para a estimação desses efeitos, foram construídos os contrastes que são apresentados na TABELA 3.

Os resultados das análises foram obtidos através da aplicação do PROC GLM/SAS (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o modelo inicialmente adotado como uma classificação simples inteiramente casualizado com 25 tratamentos e 4 repetições para os dados em questão, a TABELA 4 mostra os resultados da análise da variância inicial.

Houve efeito significativo para os tratamentos na forma como foram considerados. Devido a esse fato, foi feita a decomposição dos 24 graus de liberdade de tratamentos através dos contrastes ortogonais, sugeridos na TABELA 2, cujos resultados obtidos constam na TABELA 5.

TABELA 2 - Tabela dos contrastes ortogonais para efeitos de doses, interação e aninhados.

Tratamentos			Contrastes																							
Aditivos	Doses	Ac. Res. (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sem	0	0,00	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	50	0,13	-1	2	0	-3	1	-1	-6	2	-2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	100	0,13	-1	2	0	-1	-1	3	-2	-2	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	150	0,13	-1	2	0	1	-1	-3	2	-2	-6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	200	0,13	-1	2	0	3	1	1	6	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G	50	0,20	-1	2	0	-3	1	-1	-6	2	-2	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	100	0,20	-1	2	0	-1	-1	3	-2	-2	6	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	150	0,20	-1	2	0	1	-1	-3	2	-2	-6	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	200	0,20	-1	2	0	3	1	1	6	2	2	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS	50	7,02	-1	-1	1	-3	1	-1	3	-1	1	-3	1	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SS	100	7,02	-1	-1	1	-1	-1	3	1	1	-3	-1	-1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SS	150	7,02	-1	-1	1	1	-1	-3	-1	1	3	1	-1	-3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SS	200	7,02	-1	-1	1	3	1	1	-3	-1	-1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
SS	50	2,36	-1	-1	1	-3	1	-1	3	-1	1	-3	1	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
SS	100	2,36	-1	-1	1	-1	-1	3	1	1	-3	-1	-1	3	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
SS	150	2,36	-1	-1	1	1	-1	-3	-1	1	3	1	-1	-3	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
SS	200	2,36	-1	-1	1	3	1	1	-3	-1	-1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
ST	50	2,38	-1	-1	-1	-3	1	-1	3	-1	1	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ST	100	2,38	-1	-1	-1	-1	-1	3	1	1	-3	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ST	150	2,38	-1	-1	-1	1	-1	-3	-1	1	3	-1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ST	200	2,38	-1	-1	-1	3	1	1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ST	50	1,86	-1	-1	-1	-3	1	-1	3	-1	1	3	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
ST	100	1,86	-1	-1	-1	-1	-1	3	1	1	-3	1	1	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
ST	150	1,86	-1	-1	-1	1	-1	-3	-1	1	3	-1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
ST	200	1,86	-1	-1	-1	3	1	1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

CONTRASTES: TxDemais

EFEITOS: Ad1, Ad2, D1, D2, D3, Ac(G1), Ac(G2), Ac(G3), Ac(G4), Ac(SS1), Ac(SS2), Ac(SS3), Ac(SS4), Ac(ST1), Ac(ST2), Ac(ST3), Ac(ST4)

GRAU DE LIBERDADE: 1gl, 2gl, 3gl, 6gl, 4gl, 4gl, 4gl

TABELA 3 - Tabela dos contrastes ortogonais para a decomposição da interação.

Tratamentos			Contrastes																								
Aditivos	Doses	Ac. Res. (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Sem	0	0,00	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	100	0,13	-1	2	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	150	0,13	-1	2	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	200	0,13	-1	2	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	50	0,20	-1	2	0	-1	-6	2	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	100	0,20	-1	2	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	150	0,20	-1	2	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	200	0,20	-1	2	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS	50	7,02	-1	-1	1	0	0	0	-1	-6	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SS	100	7,02	-1	-1	1	0	0	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SS	150	7,02	-1	-1	1	0	0	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SS	200	7,02	-1	-1	1	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SS	50	2,36	-1	-1	1	0	0	0	-1	-6	2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
SS	100	2,36	-1	-1	1	0	0	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
SS	150	2,36	-1	-1	1	0	0	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
SS	200	2,36	-1	-1	1	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
ST	50	2,38	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ST	100	2,38	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ST	150	2,38	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ST	200	2,38	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ST	50	1,86	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
ST	100	1,86	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	3	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
ST	150	1,86	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-3	2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
ST	200	1,86	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0

CONTRASTES:

TxDemais
 Ad1 Ad2 D(G1) D(G2) D(G3) D(SS1) D(SS2) D(SS3) D(ST1) D(ST2) D(ST3) Ac(G1) Ac(G2) Ac(G3) Ac(G4) Ac(SS1) Ac(SS2) Ac(SS3) Ac(SS4) Ac(ST1) Ac(ST2) Ac(ST3) Ac(ST4)

EFEITOS:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

GRAU DE LIBERDADE:

Aditivos Dose(G) Dose(SS) Dose(ST) Acidez(G) Acidez(SS) Acidez(ST)

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1gl 2gl 3gl 3gl 3gl 4gl 4gl 4gl

A testemunha difere estatisticamente dos demais tratamentos (TABELA 5). Além disso, verifica-se significância para o efeito da interação de aditivos com doses e para o efeito aninhado de acidez residual com aditivos e doses. Devido a este fato efetuou-se a sua decomposição nos efeitos de acidez residual aninhado para gesso agrícola, superfosfato simples e superfosfato triplo, cujos resultados são apresentados na TABELA 6, observando-se efeito significativo de acidez residual na presença de doses de superfosfato simples.

Como o efeito da interação aditivos com doses foi significativo, procedeu-se à decomposição dos 9 graus de liberdade, referente a adição dos 6 graus de liberdade da interação aditivos com doses com os 3 graus de liberdade de doses, de acordo com a TABELA 3. Os resultados obtidos são apresentados na TABELA 6.

Constatou-se efeito significativo para os efeitos de doses de superfosfato simples e de superfosfato triplo (TABELA 6). Como foi constatado efeito significativo de acidez residual na presença de doses de superfosfato

simples, procurou-se estudar os efeitos linear, quadrático e cúbico para as doses de superfosfato triplo. E também, o efeito da acidez residual aninhada em cada dose de superfosfato simples, cujos resultados encontram-se na TABELA 7.

Constatou-se efeito quadrático significativo para as doses na presença de superfosfato triplo (TABELA 7), revelando assim que a volatilização da amônia em função de doses crescentes de superfosfato triplo pode ser explicado pela equação de regressão apresentada na Figura 1.

Continuando com a análise dos resultados apresentados na TABELA 7, também, constatou-se, através da aplicação do teste F ao nível de 5% de significância, efeito significativo de acidez residual na presença da dose 100 kg ton⁻¹ de superfosfato simples, cujos resultados obtidos foram:

Acidez Residual	Doses de SS	Média (volatilização)
%	kg t ⁻¹	
7,02	100	16,625 a
2,36	100	38,395 b

TABELA 4 - Análise da variância inicial.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Tratamentos	24	18260,3231	760,8468	14,7400	0,0001
Resíduo	75	3870,9259	51,6123		
Total	99	22131,2491			

TABELA 5 - Análise da variância obtida através da decomposição dos 24 graus de liberdade de tratamentos através de contrastes ortogonais.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Test. vs. demais	1	705,4239	705,4239	13,6700	0,0004
Aditivos	2	10944,8960	5472,4480	106,0300	0,0001
Doses	3	3434,5840	1144,8613	22,1800	0,0001
Aditivos x Doses	6	4701,7439	783,6240	15,1800	0,0001
Acidez (Aditivos x Doses)	12	1646,5568	137,2131	2,6585	0,0050
Resíduo	75	3870,9259	51,6123		
Total	99	22131,2491			

TABELA 6 - Análise da variância apresentando os efeitos de doses para cada aditivo e os efeitos de acidez residual aninhado para cada aditivo.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Test. vs. demais	1	705,4239	705,4239	13,6700	0,0004
Aditivos	2	10944,8960	5472,4480	106,0300	0,0001
Doses (G)	3	110,7075	36,9025	0,7100	0,5461
Doses (SS)	3	3516,8991	1172,2997	22,7100	0,0001
Doses (ST)	3	1335,8398	445,2799	8,6300	0,0001
Doses (Aditivos)	9	4963,4464	551,4940	10,6900	0,0001
Acidez (G)	4	330,1351	82,5338	1,6000	0,1834
Acidez (SS)	4	1169,2233	292,3058	5,6600	0,0005
Acidez (ST)	4	147,1985	36,7996	0,7100	0,5856
Acidez (Doses x Aditivos)	12	1646,5568	137,2131	2,6585	0,0050
Resíduo	75	3870,9259	51,6123		
Total	99	22131,2491			

TABELA 7 - Análise da variância apresentando efeito linear, quadrático e cúbico para doses de superfosfato triplo, e também, o efeito da acidez residual na presença das doses do superfosfato simples.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Doses linear (ST)	1	1,1526	1,1526	0,02	0,8816
Doses quadrático (ST)	1	1230,2137	1230,214	23,84	0,0001
Doses cúbico (ST)	1	104,4735	104,473	2,02	0,1590
Doses (ST)	3	1335,8398	445,2799	8,63	0,0001
Acidez (50 SS)	1	6,8821	6,8821	0,13	0,7160
Acidez (100 SS)	1	947,8658	947,8658	18,37	0,0001
Acidez (150 SS)	1	178,6050	178,6050	3,46	0,0668
Acidez (200 SS)	1	35,8704	35,8704	0,69	0,4071
Acidez (SS)	4	1169,2233	292,3058	5,66	0,0005
Resíduo	75	3870,9259	51,6123		
Total	99	22131,2491			

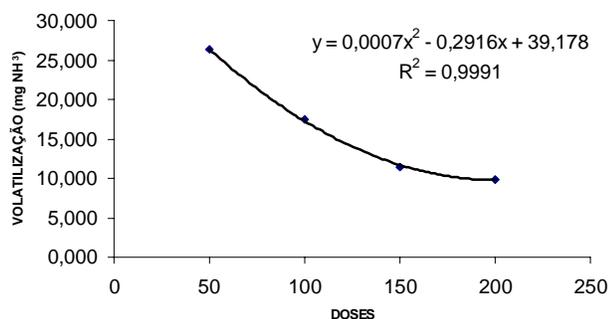


Figura 1 - Análise de regressão da volatilização (mg NH₃) da amônia em função de doses de superfosfato triplo.

revelando assim que para menor acidez residual ocorre maior volatilização da amônia, como pode ser observado através dos valores médios estimados para a dose 100 kg ton⁻¹ de superfosfato simples para a acidez residual de 7,02% e 2,36% .

CONCLUSÃO

A aplicação de contrastes ortogonais revelou uma alternativa de análise eficiente para a estimação dos efeitos de interesse, quando os dados seguem uma estrutura não-convencional. Esta técnica permitiu um maior grau de detalhamento da análise e tornou possível testar os vários efeitos envolvidos e de interesse.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luis Ignácio Prochnow do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da USP/ESALQ, pela cessão dos resultados do experimento de volatilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C.; RODELLA, A.A. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez do solo. *Scientia Agricola*, v.53, p.204-210, 1996.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2.ed. New York: John Wiley, 1977. 467p.
- GALBALLY, I.E.; ROY, C.R. The fate of nitrogen compounds in the atmosphere. In: FRENEY, J.R.; SIMPSON, J.R. (Ed.) **Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems**. Hague: Martinus Nijhoff, 1983. p. 265-284.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1987. 403p.
- HEALY, M.J.R. The analysis of a factorial experiment with additional treatments. *The Journal of Agriculture Science*, v.47, p.205-206, 1956.
- MOLLER, D.; SHIEFERDECKER, H. A relationship between agricultural NH₃ emissions and the atmospheric SO₂ content over industrial areas. *Atmospheric Environment*, v.19, p.695-700, 1985.
- PROCHNOW, L.I.; CUNHA, C.F.; KIEHL, J.C.; ALCARDE, J.C. Controle da volatilização de amônia durante a compostagem, através da adição de superfosfato simples, superfosfato triplo e gesso agrícola com diferentes níveis de acidez residual. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambú, 1998. **Resumos**. Lavras: UFLA, SBCS, SBM, 1998.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. 4.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1990. 1675p.

Recebido em 12.04.00