AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY: AF25-0000-G514

B. SECONDARY: Soil fertility,fertilizers,and plant nutrition--Brazil

2. TITLE AND SUBTITLE
Fertilizer use and agricultural development in Brazil

3. AUTHOR(S)
Nelson,W.C.;Meyer,R.L.

4. DOCUMENT DATE: 1973

5. NUMBER OF PAGES: 59p.

6. ARC NUMBER: ARC BR631.81072.N432

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
Ohio State

8. SUPPLEMENTARY NOTES (Sponsoring Organization, Publishers, Availability)
(In Economics and sociology occasional paper no.163)
(In English and Portuguese)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER
PN-RAA-349

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS
Brazil

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER
CSD-2501 Res.

15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

Studies in Agricultural
Capital and Technology

Economics and Sociology
Occasional Paper No. 163

Fertilizer Use and Agricultural Development in Brazil

by

William C. Nelson
and
Richard L. Meyer

July 1973

p. 3. msg.

Department of Agricultural Economics and Rural Sociology
The Ohio State University
2120 Fyffe Road
Columbus, Ohio 43210

Fertilizer Use and Agricultural Development in Brazil*

William C. Nelson and Richard L. Meyer

During the past eight years a number of different policies have been used to stimulate Brazilian agricultural growth. One important set of policies has been aimed at sharply expanding the use of chemical fertilizers. This has included the building of fertilizer plants, an expansion in fertilizer marketing facilities, promotion of fertilizer use by extension services, and providing substantial amounts of credit for fertilizer purchases at concessional interest rates. The net result of these policies has been a sharp expansion in the use of chemical fertilizer, especially in the southern part of the country. Surprisingly little research, however, has been done on this subject at the farm level. Little information is available in Brazil as to the characteristics of farmers who do or do not use fertilizer, their intensity of fertilizer use, and the profitability of chemical fertilizer application. Even more important, little is known about the extent towhich current fertilizer users are

---

William C. Nelson is assistant professor of agricultural economics at North Dakota State University, formerly a graduate assistant at Ohio State University and Richard L. Meyer is assistant professor of agricultural economics at Ohio State University.

efficiently applying plant nutrients.

The following discussion attempts to shed some empirical light on these issues. The discussion begins with a brief summary of recent agricultural policy in Brazil, especially those segments of policy which have affected fertilizer use. This is followed by information on the productivity of fertilizer use in Brazil derived from experimental research, secondary sources reporting on farm level use of fertilizer, and farm level interviews carried out by the authors in the Ribeirao Preto, Sao Paulo region. The paper concludes with some suggestions for policy consideration as well as topics for future research.

Agricultural Policy and Fertilizer Use

Brazil, probably as much as any other country, has relied on price incentives, fiscal policy, and credit programs to stimulate agricultural production. In large part this has been aimed at inducing farmers to apply new technology (6, p. 17). It has been widely assumed that high payoff technologies were available, and that once farmers were introduced to these technologies they will forsake traditional methods of production.

Fertilizer policies have followed this overall pattern very closely. It has been generally assumed that fertilizer use is highly profitable to the farmer, but that some special incentives must be given to initiate the adoption process. Some of the policies have been

Table 1

Fertilizer Use and Manufacture in Brazil
1950-1970

Year	Metric Tons (1,000)	Percent Imported Into Brazil
1950	88.5	85
1952	72.8	77
1954	123.5	89
1956	165.3	85
1958	249.7	77
1960	298.7	65
1962	236.8	59
1964	255.4	58
1966	281.1	68
1968	601.7	78
1970	820.0	80

Source: Nelson, William C., "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil," unpublished PhD dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1971, pp. 206-210.

favored the importation of resources for agricultural production. Fertilizer was imported free from direct duties at a favorable exchange rate. After August, 1957, domestic fertilizer producers were subsidized. From 1950 to 1960, fertilizer consumption grew at an annual rate of approximately 15 percent and the use of fertilizer per hectare doubled. As can be noted in Table 1, total consumption nearly reached 300,000 tons in 1960.

Policies, modified in 1961, led to a decline in fertilizer use. The subsidy to national manufacturers was suspended and the profitability of fertilizer use declined due to unfavorable product price tendencies and a marked decline in availability of agricultural credit (in real terms). Fertilizer use fell to 80 percent of its 1960 level by 1962 and did not again reach the 1960 figure until 1966. The continued increase in cultivated area reduced consumption per hectare in 1966 to 75 percent of the 1960 level. It is estimated that only 5 percent of Brazilian farmers used chemical fertilizer in 1964 (2, pp. 65-185).

There was a rapid expansion in fertilizer use after 1966 when credit and product pricing policies were adjusted. Fertilizer use doubled by 1968 and nearly tripled by 1970 to 820,000 tons (3). Fertilizer use per cultivated hectare advanced to 18 kilograms in 1968, and by 1970 average use in Sao Paulo rose above 50 kilograms of nutrients per hectare.

Over the years relative fertilizer prices appear to be closely related to fertilizer use trends. The relative fertilizer price gradually decreased during the 1950's. The ratio of the fertilizer price index to the product price index (1948-52 = 100) decreased from 0.86 in 1950 to 0.67 in 1959, then rose to 1.66 in 1965. In 1967 it fell to 1.14 and has averaged 1.01 from 1968 to 1970 (7).

Credit policies also appear to be closely related to fertilizer use. This has had two dimensions: interest rates as well as amount of credit available. Throughout the last two decades Brazil has maintained nominal interest rates on institutional rural credit which were lower than the rates of inflation. In an economic sense agricultural credit borrowers were subsidized to use credit through these negative real rates of interest. Beginning in 1966 a special fertilizer program was set up which offered credit at zero nominal rates of interest; FUNFERTIL (Fundo do Estimulo Financeiro ao Uso de Fertilizantes e Suplementos Minerais). In 1968 FUNFERTIL financed 40 percent of the national use. In 1970 a new credit program, FUNDAG (Fundo Especial de Desenvolvimento Agricola), replaced FUNFERTIL. It provided concessional nominal interest rates of 7 percent for rural credit used to buy modern inputs, including fertilizer. This rate was well below the 12-18 percent charged for regular agricultural credit.

In addition to providing strong incentive for fertilizer use through concessional interest rates, Brazil also sharply increased the overall availability of institutional agricultural credit during the 1960's. The real value of the institutional agricultural credit portfolio more than quadrupled from 1960 to 1970 (1, p. 50) This huge increase in credit availability plus the very attractive interest rates appear to have been key factors in stimulating fertilizer use.

Previous Research on Fertilizer Response

As was already pointed out, Brazilian fertilizer policy was built on the assumption that fertilizer use at the farm level is highly profitable. Policy makers have concluded that the recent rapid increase in fertilizer use is proof of this assumption. In the following, data from several different sources are presented which indicate that this conclusion may not be well founded.

A significant number of researchers in Brazil have treated fertilizer response questions. Crop and soils specialists have tested various seed varieties, soil types, levels of fertilization and application techniques. These research activities, however, have tended to be fragmented, carried out on very small scale, often lacked an economic interpretation, and have not been integrated into any overall research design. Only a handful of studies have addressed the question of the economies of fertilizer use under

actual farming conditions. The results of the most prominent and recent of these studies in Brazil are summarized in Table 2.

Although only very crude measures are used in Table 2, an overview of the results suggest conclusions contrary to policy makers expectations. It appears that in some cases plant nutrients did not produce a clear positive yield response. In other cases, although the fertilizer response was positive, it frequently was not sufficient to generate an increase in net farm income. In the few cases where the profit maximization level of fertilizer use was calculated, the level was generally low in comparison with those experienced in other more developed countries. Especially perplexing were the mixed results reported for the use of nitrogen. Several of the studies showed negative or insignificant production responses to nitrogen use even at relatively low levels of application (8, 9).

Too little research has been done on fertilizer response in Brazil to justify drawing firm, broad policy conclusions. It is apparent, however, that two important questions at the farm level need to be addressed by research: (1) are the marginal products of various fertilizer nutrients positive at present levels of use? and (2) are there strong economic justifications for farmers who are currently using fertilizer to expand their usage?

Table 2. Summary of recent findings on fertilizer response research.

Research Source	Location of Research	Crop	Crop Response to:[a]			
			Nitrogen	Phosphate	Potash	Total
Agri-Research	Sao Paulo	Corn	±	+	+	
		Cotton	±	+	+	
		Rice		+		
		Soybeans	+	+		
Steitieh	Rio Grande do Sul	All Crops				0
Frederick	N. E. Brazil	Sugar Cane				+
		Other Crops				0
Fuzetto	Sao Paulo	Cotton	±	±	±	
Knight	Rio Grande do Sul	Rice	+	+	0	
		Wheat	±	±	0	
		Corn	+	0	0	

TABLE 2--Continued

Research Source	Location of Research	Crop	Crop Response to:[a]			
			Nitrogen	Phosphate	Potash	Total
Santos	Minas Gerais	Corn	+	+	0	
Streeter	Rio Grande do Sul	Soybeans		+		
		Wheat		+		
Vieira	Sao Paulo	Corn	+	0	0	
Lanzer	Rio Grande do Sul	Wheat	+	+	+	

[a]Positive response to fertilizer is signified by +, insignificant or no response by 0 and mixed responses by ±.

Source: Nelson, William C., "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil", unpublished PhD. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Ohio State University, 1971, p. 29; and Lanzer, E. A., "Analise Economica de Um Grupo de Equipamentos de Fertilizacao e Calagem do Solo na Cultura do Trigo-Rio Grande do Sul," unpublished M.S. thesis, Porto Alegre, 1970.

A Study of Fertilizer Productivity at the Farm Level

Additional light on these questions was provided by a study of 383 farmers in municipios (counties) in the Ribeirao Preto region, state of Sao Paulo, carried out by the authors in July of 1970.[1] This region was selected because of the production of a variety of annual crops, a high percent of crops marketed, extensive use of fertilizer and credit, progressive nature of the farmers and a highly developed infrastructure. In many respects this is one of the best agricultural regions in Brazil. It was presumed that the farmers would be well advanced in the fertilizer adoption process and that it would be possible to estimate reliable production functions from this farm data.

Characteristics of Sample

Each farm in the sample was chosen randomly from the list of farms assembled by IBRA (Instituto Brasileiro de Reforma Agraria), and subjected to the following criteria: (1) the farm contained from 10 to 3,000 hectares; (2) more than 50% of the farm land was operated in crop production or forage; (3) more than 50% of the operated land was used in the production of annual crops, sugar cane, coffee or beef cattle; and (4) more than 50% of the land was operated by the owner. The farm interviews provided information on resource use, cultural practices, cash and credit flows and farm expense for the 1969/70 agricultural year. In December of 1970, interviews were

also carried out with 62 persons in extension offices, banks, statistical authorities and fertilizer merchants to obtain basic information on the region and on the fertilizer marketing system.

A total of 174 of the 383 farm interviews were selected for fertilzer analysis based on the criterion that each had more than 50% of cultivated land in annual crops. One hundred and thirty of these farms were located in three muncipios of Guaira, Jardinopolis and Sales de Oliveira; the other forty-four were distributed among the other seven municipios. Guaira is located in the extreme northern part of the state of Sao Paulo, on the border with Minas Gerais south of Uberaba. About 80% of the gross product of the municipio originates from agriculture. In 1948, the region began changing from coffee and beef cattle to annual crops. The topography is gently rolling which facilitates mechanization. The municipios of Jardinopolis and Sales de Oliveira border Ribeirao Preto and still have considerable perennial crops and livestock. The topography is more hilly and the farms are smaller and less mechanized than Guaira.

The 174 farms had an average of 56 alqueires (335 acres) of cultivated land with nearly 80% allocated to the production of four crops: corn, rice, cotton and soybeans. The majority of these farms did not specialize in any one of these crops.[2]

Fertilizer Use

The actual use of fertilizer was greater than expected. An average of 200 kilos per alqueire (74 pounds per acre) of nutrients was used by these farmers. This was substantially higher than reported by previous studies in Brazil which indicate use levels of 25 to 120 kilograms per alqueire (9 to 44 pounds per acre). Only two of the farmers did not use fertilizer during the 1969/70 agricultural year and 56% bought more than ten metric tons. Utilization rates were not high, however, when compared to recommended rates.

Fertilization of cotton and soybeans was 102 to 140 percent of minimum recommendations, respectively (see Table 3), while rice and corn received only 60% of the minimum. The use of nitrogen was particularly low: only 24% of the recommendation for corn; 56% for cotton and rice; and 94% for soybeans. The use of phosphate was low for rice and corn, but exceeded the minimum for cotton and soybeans. Potash was used at levels equal or above the minimum recommendations for cotton and rice and exceeded maximum levels for corn and soybeans (4).

About 75% of the farmers use credit to purchase fertilizer, but less than half obtained bank credit. There was a tendency for medium sized and large farms to obtain bank credit while the major proportion of small farmers obtained credit from commercial firms and

Table 3. Comparison of fertilizer recommendations to actual use by farmers in the Ribeirao Preto Region, 1969/70[a]

Fertilizer and Crop	Recommendation[b] (kg/alq.)	Actual Use (kg/alq.)	Actual Use as % of Minimum Recommendation
Cotton			
Nitrogen	78-192	43.96	56
Phosphate	144-288	183.51	127
Potash	115-288	114.47	100
Total	335-768	341.95	102
Rice			
Nitrogen	30-77	16.84	56
Phosphate	144-230	74.47	52
Potash	30-150	31.79	106
Total	204-457	123.11	60
Corn			
Nitrogen	142-164	34.10	24
Phosphate	108-216	80.47	74
Potash	22-44	51.48	234
Total	272-424	166.07	61

TABLE 3--Continued

Fertilizer and Crop	Recommendation[b] (kg/alq.)	Actual Use (kg/alq.)	Actual Use as % of Minimum Recommendation
Soybeans			
Nitrogen	22-44	20.65	94
Phosphate	108-144	111.67	103
Potash	22-44	80.00	364
Total	152-232	212.32	140
All Crops			
Nitrogen	83.60	30.14	36
Phosphate	126.05	111.86	89
Potash	44.21	58.41	132
Total	253.42	199.41	79

[a]Fertilizer expressed in nutrients.

[b]Associacao Nacional para Difusao de Adubos, "Sugestoes Gerais de Adubacao," unpublished paper, Sao Paulo, 1970, p. 13.

Source: Nelson, William C., "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil," unpublished PhD. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Ohio State University, 1971, p. 59.

cooperatives.

The fertilizer retail marketing system expanded rapidly in this region during the 1960's. Only six of the 16 interviewed dealers sold fertilizer in 1960, and only nine were in operation in 1966. The number of formulas offered for sale, 74, appeared to be excessive when in reality only a small percentage of these were regularly bought. Many of the formulas have only one to two percent differences in nutrient value, and this apparently complicated the farmer's process of computing real nutrient prices. Although the number of retailers in the region indicates a competitive situation, large price differences were found for fertilizers of identical formula. This was partially explanable as some dealers furnish valuable services to farmers such as credit, transportation, technical information, and soil analysis (10).

Production Function Analysis

Production functions of Cobb-Douglas and quadratic form were employed to analyze the productivity of resources on the farms surveyed. The Cobb-Douglas form yielded better results in terms of significance of regression coefficients, standard error of estimate and coefficient of multiple determination. The dependent variable used was crop yield. The independent variables included lime, nitrogen, phosphate, potash, all fertilizer, labor, seed and

chemicals, machinery, labor and machinery, all operating costs except fertilizer, a management index, percent of total cultivated land in the specific crop (degree of specialization) and total cultivated land. Product prices used in the analysis were based on the average price received by farmers in the Ribeirao Preto region during the second half of the 1969/70 agricultural year.[3]

Several analyses were made with the data. The first included all observations treated jointly and separately for corn, rice, cotton and soybeans. Secondly, each of these classes was divided by three regions: Guaira, Jardinopolis and Sales de Oliveira, and the other municipios. Third, the observations were separated by high and low levels of fertilizer use for each crop.

The results of the aggregate function of all observations were similar to those found by Steitieh, who used data from Rio Grande do Sul (12). Lime, fertilizer, seed and chemicals, labor and machinery and the management index produced positive cofficients in relation to yield while cultivated land was negative. The fertilizer variable was statistically insignificant, however, and the regression coefficient was approximately zero, indicating nearly no response to fertilizer. All variables except seed and chemicals had values of marginal product less than the input prices, which suggests that the use of these factors should be reduced. When the fertilizer variable

was separated into its nutrients, nitrogen yielded a high negative production response while phosphate and potash were generally positive. The values of the marginal products are given in Table 4.

When observations were divided into three sets based on areas, the only significant results were that the response of cotton to potash was high in Guaira, and in Jardinopolis-Sales de Oliveira, the production of cotton and rice exhibited positive responses to nitrogen and negative to potash.

The division of observations into groups of high and low levels of fertilizer use produced some interesting results. The criteria used for inclusion in the high group varied by crop. For corn, rice and soybeans, observations were included if the application of nitrogen exceeded 50 kilos/alqueire (18 pounds per acre) or phosphate or potash exceeded 100 kilos/alqueire (37 pounds per acre). For cotton, the two limits were raised to 200 kilos/alqueire (74 pounds per acre). All observations with fertilizer utilization less than these quantities were included in the low group. The results show that the response to all fertilizers was higher (more positive or less negative) in the high level sample than in the regional or low level samples for each crop except soybeans. Although the reponse to nitrogen was still negative in the high group, it was less negative than in the other group for three of the four crops. The high group

Table 4. Value of the marginal product of fertilizer nutrients, by level of use and crop

Sample	Value of Marginal Product in Cruzeiros/kg.[a]			
	Nitrogen	Phosphate	Potash	All Fertilizer
Ribeirao Preto Region				
Corn	-2.80	0.46	1.22[b]	0.11
Rice	-12.42	-3.84	4.85[b]	-1.94
Cotton	-3.88	0.93	0.71[b]	0.14
Soybeans	1.88[b]	-0.70	2.94[b]	0.19
All Crops	-5.36	0.33	1.90[b]	0.03
High Group				
Corn	-2.04	0.18	3.16[b]	1.15[b]
Rice	-9.12	-1.55	3.38[b]	1.40[b]
Cotton	-0.75	2.37[b]	1.13[b]	1.63[b]
Soybeans	-15.17	0.93	0.52[b]	0.03

TABLE 4--Continued

Sample	Value of Marginal Product in Cruzeiros/kg.[a]			
	Nitrogen	Phosphate	Potash	All Fertilizer
Low Group				
Corn	-4.46	1.38[b]	0.71[b]	-0.09
Rice	-22.13	-11.84	18.79[b]	-3.76
Cotton	-6.07	-0.62	-3.35	0.44
Soybeans	-72.42	-13.05	23.38[b]	-2.34

[a]Value of marginal product calculated at geometric means based on coefficients from Cobb-Douglas type equations using prices given in text.

[b]Value of marginal product is greater than the price per unit of fertilizer.

Source: Nelson, William C., "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil," unpublished Ph.D. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1971, p. 59.

also exhibited a higher response to phosphate for three of four crops and to potash for two of the four.

Although the results have some limitations due to several statistically insignificant variables and low coefficients of multiple determination, one conclusion is consistent throughout the analyses: use of fertilizer does not always produce a positive yield response. The results were negative in some cases, and in others, the coefficients were approximately zero.

Returning to the question of profitability the conclusions are still more disconcerting. Although positive values of the marginal product were obtained, the marginal income could still be negative when the cost of fertilizer is subtracted. As seen in Table 4, the marginal income from fertilizer use was generally negative. In the regional analysis, there are no cases where the net marginal income of all fertilizer (NPK) was positive, i.e., where the value of marginal product exceeds the cost of fertilizer.[4] The net marginal income of each crop with respect to potash was positive as was the use of nitrogen in soybean production.

The response to fertilization differed in some respects between the high and low application groups. Positive net marginal income values were derived for corn, rice and cotton with respect to all fertilizer for the high group while none were found for the low group.

Analysis using individual nutrients also revealed some major differences in the responses to nutrients, however, the net marginal income of each crop with respect to nitrogen remained negative.

Factors Affecting the Lack of Response to Fertilizers

Results of this study raise two questions: (1) What factors inhibit a profitable response to fertilizer; and (2) Why are farmers presently using non-profitable quantities and/or combinations of fertilizers?

The research project did not collect data which could completely respond to these questions. Several suggestions, however, offered by other reseachers aid in understanding the problem. One limitation could be the soil. The predominant soil in the region was terra roxa (red soil). It is normally acidic with high levels of iron and bauxite. Nitrogen applied in the form of ammonium sulfate can produce sulfuric acid which will increase the soil acidicity Phosphate fixation can also occur in this soil type, making the nutrient unavailable to plants. The porous quality of the soil may permit "leeching" of fertilizer if heavy rains occur soon after application.

A second possibility is that the present combination of nutrients is inadequate to correct soil deficiencies and/or perhaps there are deficiencies in micronutrients which prevent response to the application of macronutrients.

A third possibility is the application of fertilizer in the wrong time period or applied in an improper location relative to seed.

It is also possible that the Brazilian plant varieties do not efficiently respond to chemical fertilizer. Given the local conditions, present varieties may produce relatively less yield per unit of fertilizer than new varieties associated with the "Green Revolution".

A final explanation is suggested by the difference observed between the high and low groups. The rate of fertilizer application by the low group may not be sufficiently high to generate a significant yield response. Perhaps a minimum critical rate is necessary to compensate for the limitations mentioned previously and application above this rate produces an increasing response per unit over a limited range.

It is not entirely clear why farmers are apparently using uneconomical levels of fertilizer. One explanation is that farmers are still experimenting to determine optimum fertilization levels. They appear to be oriented toward economical fertilizer use in spite of existing fertilizer recommendations. As pointed out earlier, the average use of potash is relatively high and this nutrient consistently demonstrated a positive yield response. Nitrogen yielded a negative response and its average use is much below recommended levels. These factors suggest that recommendations may need to be

revised in light of research results at the farm level. Another possible answer is that a major portion of fertilizer used in Sao Paulo is premixed. Although there are many formulas, there are limited nutrient combinations from which farmers can chose. Banks often require that farmers use recommended formulas and application rates as a qualification for obtaining credit. Thus farmers are forced to use fertilizer practices which may not be appropriate for their specific conditions. With the very favorable credit situation, farmers have been encouraged to use large quantities of fertilizer without sufficient attention to real needs and correct application.[5]

Some interviewed farmers claimed that the quality control in manufacture and distribution of fertilizer was inadequate. Although there were instances of false or inaccurate labeling, it is not expected that this has been responsible for a significant part of lack of response to fertilizer.

Conclusions and Policy Recommendations

Brazil is a huge, complex, diverse, dynamic country. The handful of fertilizer studies reported on in this paper, therefore, may not necessarily represent conditions common to the whole country. Most of the studies were, however, carried out in some of the best agricultural regions in Brazil. The major portion of Brazilian fertilizer consumption is used by farmers in these regions.

On an apriori basis, one might expect these farmers who had already entered the fertilizer adoption process and were closely tied into the fertilizer marketing system to be the most logical candidates for absorbing major increases in fertilizer in the near future. The relatively low levels of fertilizer usage and the low marginal returns to fertilizer applications, especially with regard to nitrogen, suggests that even some of the best farmers in Brazil have a low profile fertilizer production function. The fact that fertilizer use has spread so slowly outside of the southern part of the country despite aggressive extension activities, credit programs, and seemingly reasonable price relationships hints that farmers in other regions of Brazil may face even more serious technical constraints which limit profitable fertilizer use.

The above mentioned information is very fragmentary. Much more research is needed on this issue. We feel, nevertheless, that Brazil ought to reassess its fertilizer promotion policies. The current emphasis on concessional credit, attractive product-fertilizer price relationships, and aggressive fertilizer extension work may have rather limited possibilities to further expand fertilizer use in Brazil. We hypothesize that many farmers in Brazil face technical conditions which sharply limits the average as well as marginal returns to chemical fertilizer use. Until these technical constraints

are identified and effectively overcome, market interventions in favor of fertilizer use will realize only limited success.

Some insights into how Brazil might address its apparent fertilizer-productivity problems can be drawn from recent experience with agricultural research centers initiated under the leadership of the Rockefeller Foundation: e.g. The Rice Reasearch Institute in the Philippines, the Corn and Wheat Research Institute in Mexico, and research centers in Nigeria and Columbia. In these centers a multi-disciplinary group of highly trained scientists have been provided with ample funds to address a handful of technical agricultural problems. Efforts are concentrated on these problems until they are solved. A research strategy with specific goals is used in each case.

Brazil is fortunate in having some very able soil scientists, plant breeders and other scientists needed to staff such a research center. As pointed out previously, current research by these scientists is very fragmented, under financed, and not part of a significant research strategy with specific, socially important goals. Drawing some of these people together and providing them with ample funds to treat fertilizer productivity problems may yield ample dividends to Brazil.

FOOTNOTES

*This study was carried out in cooperation with the Departamento De Ciencias Sociais Aplicadas, ESALQ, Universidade De Sao Paulo under a research project on capital formation and technological change of the Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Ohio State University. The project was financed by the Agency for International Development (AID). The authors are grateful to the staff members of both departments who provided valuable assistance throughout the project. Dale W. Adams deserves special recognition for his aid during all phases of the study and for his suggestions on this paper. The authors, however, accept responsibilities for all errors.

[1]Part of a joint research effort carried out by the Ohio State University and Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo. More detail is presented in Nelson (9).

[2]Additional information on regional characteristics, interviewing procedures and farm descriptions can be found in : Wessel and Nelson (14, pp. 1-38); Perroco, L. R., et al (11, pp. 1-49); and Nelson (9, pp. 47-67).

[3]Prices used were: Cotton, Cr$ 10.70/15 kg.; rice, Cr$21.15/60 kg.; corn, Cr$10.00/60 kg.; and soybeans, Cr$27.80/60 kg.

FOOTNOTES CONT.

3 cont. Fertilizer prices were: nitrogen, Cr$1.08/kg; phosphate, Cr$0.96/kg.; potash, Cr$0.43/kg.; and aggregate fertilizer, Cr$0.83/kilograms. Fertilizer prices were based on an average price in 1969/70 of Cr$226.90/ton of ammonium sulfate (21%N), Cr$192.95/ton of superphosphate (20%P_2O_5) and Cr$257.10/ton of potassium chorate.

[4]Valdeci (13) used 124 of these same interviews to test the marginal revenue of inputs in corn production in Guaira and Sale de Oliveira. Using a Cobb-Douglas production and regressing the value of fertilizer against the total value of corn per farm, he concluded that the use of fertilizer was approximately at optimum levels. Nevertheless, he reported the results of other models, based on value per hectare, with small or negative fertilizer coefficients, suggesting the use of fertilizer at other than optimum levels.

[5]Some interviewed farmers claimed that the quality control in manufacture and distribution of fertilizer was inadequate. Although there were instances of false or inaccurate labeling, it is not expected that this has been responsible for a significant part of lack o' ponse to fertilizer.

REFERENCES

(1) Adams, Dale W. and others, "Is Inexpensive Credit a Bargain for Small Farmers? The Recent Brazilian Experience," Inter-American Economic Affairs Vol. 26 No. 1, Summer 1972, pp. 47-58.

(2) Agri-Research, Inc., Estudo Tecnico Economico Sabre A Exequibilidade de Aumento na Fabricacao e Uso de Fertilizantes, Calcario e Sais Minerais no Brazil, Rio de Janeiro: Agency for International Development, 1964.

(3) Associacao Nacional para Difusao de Adubos, Estatisticas Sabre O Consumo de Fertilizantes no Brasil, Sao Paulo, 1970.

(4) _____ "Sugestoes Gerais de Adubacao," unpublished paper, Sao Paulo, 1970.

(5) Banco Nacional do Desenvolvimento Economico, Mercado Brasileiro de Fertilizantes - 1950-1960, Rio de Janeiro, 1965.

(6) Costa, Joao Braga, "Agricultural Inputs: Fertilizers," unpublished paper in USAID/Rio files, Rio de Janeiro, 1969.

(7) Instituto de Economia Agricola, Desenvolvimento da Agricultura Paulista, Sao Paulo: Secretaria de Agricultura, 1971.

(8) Lanzer, Edgar Augusto, "Analise Economica de Um Grupo de Equipamentos de Fertilizacao e Calagem do Solo Na Cultura do

REFERENCES CONT.

(8 cont.) Trigo-Rio Grande do Sul", unpublished M.S thesis, Universidade Federal de Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1970.

(9) Nelson, William C., "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil", unpublished Ph.D. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1971.

(10) _____ "Comercializacao de Fertilizantes", Notas de Pesquisa, No. 3-P, Serie A, Projeto Formacao de Capital, ESALQ, Piracicaba, May, 1971.

(11) Perroco, L. R., et al., Aspectos Economicos Da Agricultura Na Regiao De Ribeirao Preto, Ano Agricola 1969/70, Departamento De Ciencias Sociais Aplicadas, ESALQ, Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, Sao Paulo, November, 1971.

(12) Steitieh, Akran M., "An Analysis of Input Productivity and Productivity Change on Crop Enterprise in Southern Brazil", unpublished Ph.D. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1971.

(13) Valdeci, Jose Biserra, "Analise Estado de Sao Paulo, Ano Agricola 1969/70", Dissertacao Mestre, nao publicada, ESALQ, Piracicaba, 1971.

REFERENCES CONT.

(14) Wessel, Kelso L. and William C. Nelson, Methodology and General Data Description: Farm Level Capital Formation in Sao Paulo, Brazil, Occasional Paper No. 47, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Ohio State University, Columbus, December, 1971.

O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA: O CASO DE FERTILIZANTES

William C. Nelson
e
Richard L. Meyer

SEMINÁRIO
A INFLUÊNCIA DA POLÍTICA AGRÍCOLA NA FORMAÇÃO DE CAPITAL
29 de fev. - 1 de março de 1972

Ministério da Agricultura
EAPA/SUPLAN
Projeto de Formação de Capital
E.S.A. Luiz de Queiroz, Ohio State University
Universidade Federal de Santa Catarina
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Universidade Federal de Viçosa, USAID

Brasília,

Atenção

Embora assumindo a responsabilidade do patrocínio deste Seminário, o Ministério da Agricultura não se obriga, necessariamente, a aceitar ou recomendar os conceitos e pontos de vista emitidos pelos autores dos trabalhos.

Versão Preliminar

Introdução

O Brasil está empregando um conjunto de políticas para modernizar e aumentar rapidamente a produtividade de sua economia. No setor agrícola, este objetivo tem sido concentrado na adoção de insumos modernos incluindo sementes melhoradas, calcário, fertilizantes, e mecanização. O crédito tem sido proporcionado a taxas de juros baixas para facilitar a aquisição destes insumos e aumentar a lucratividade do seu uso. Os efeitos, ao nível da propriedade agrícola, de algumas dessas políticas têm sido estudadas pelo projeto Formação de Capital, cujos resultados foram divulgados em outros trabalhos. Um outro aspecto desta pesquisa trata dos efeitos econômicos do uso de fertilizantes. Esse assunto merece especial atenção, pois geralmente admite-se que os fertilizantes podem aumentar a produtividade e a renda agrícola, desta forma aumentando a capacidade de investimento e formação de capital. Os fertilizantes estão associados com os rápidos aumentos de produtividade obtidos em alguns países graças a "Revolução Verde". Tecnologias de produção tem sido especificamente desenvolvidas com variedades e práticas de manejo que são sensíveis ao uso adequado de fertilizantes.

Durante os últimos anos, o Brasil também tem empregado uma série de políticas para aumentar o uso de fertilizantes. Embora o resultado tenha sido uma expansão no consumo, permanecem ainda algumas dúvidas quanto aos efeitos reais, ao nível da propriedade, de tais políticas e as perspectivas futuras para intensificar o uso de fertilizantes em propriedades onde estes já eram usados. A fim de desenvolver alguns aspectos dessas questões, o Projeto de Formação de Capital realizou pesquisa para: (1) examinar a política brasileira de fertilizantes, (2) estimar o valor do produto marginal do uso de fertilizantes em diversas culturas em uma região do Brasil, e (3) analisar as implicações de política dos resultados da pesquisa. O

objetivo deste trabalho é relatar as conclusões desse projeto de pesquisa,[1] e proporcionar informações adicionais que talvez ajudem na análise de suas implicações. Visto que estas conclusões são derivadas de levantamento de um ano agrícola para uma região pequena do Brasil, elas devem ser interpretadas com bastante cautela. Entretanto, estas conclusões poderão sugerir questões de importância considerável para o desenvolvimento agrícola brasileiro e encorajar pesquisas adicionais que poderiam investigar mais profundamente a economia do uso de fertilizantes em diversas regiões do país.

Políticas Agrícolas e o Uso de Fertilizantes

Conforme já foi argumentado mais completamente em outro trabalho,[2] no contexto do crescimento agrícola, a intervenção do Govêrno nas políticas de preço e de crédito agrícola é empreendida por duas razões básicas:

1) induzir os agricultores ao uso de nova tecnologia, e
2) reduzir injustiças econômicas e sociais que provém dos mecanismos de mercado existentes.

No primeiro caso, uma pressuposição fundamental é que realmente existe uma tecnologia que aumenta a produção e que não está sendo utilizada, ou se ainda não existe, em breve estará disponível e é economicamente preferível aos métodos tradicionais de produção.

Considerando-se o objetivo de estimular a adoção de fertilizantes e intensificar o uso dos mesmos, geralmente há duas pressuposições alicerçando a política agrícola. A primeira é que fertilizante está sendo usado porque produz um rendi-

---

1/ William C. Nelson, "An Economic Analysis of Fertilizer Utilization in Brazil", tese Ph.D., não publicada. Ohio State University, 1971.

2/ Norman Rask, Richard L. Meyer e Fernando C. Péres, "Crédito Agrícola e Subsídios à Produção como Instrumentos para o Desenvolvimento da Agricultura", Notas de Pesquisa Nº 6-P, Série A, Piracicaba, Novembro 1971.

mento líquido positivo para o agricultor, isto é, o custo de usar fertilizante é mais do que compensado pelo valor do aumento da produção agrícola. Segundo, presume-se que a demanda de fertilizante pode ser afetada através de políticas que alterem as relações de preço entre o fator e o produto, disponibilidade de fertilizantes, e a motivação do agricultor para usar fertilizantes.

Alguns dos programas e políticas agrícolas que são frequentemente usados como meio de aumentar o consumo de fertilizantes incluem os seguintes:

1. Aumentar a rentabilidade do uso de fertilizantes. A principal alternativa de política a curto prazo é melhorar a relação entre os preços entre o fator e o produto através da fixação de preços mínimos elevados para o produto, ou reduzindo-se os preços de fertilizantes ao nível da propriedade agrícola através de subsídios às indústrias ou aos consumidores, ou de controles de preço. Outro tipo de política que é às vezes empregado é a criação de canais de comercialização de fertilizantes sustentados pelo govêrno para reduzir os preços e margens de comercialização supostamente altos dos mercados privados monopolísticos ou ineficientes. A alternativa a longo-prazo é a criação de variedades de culturas sensíveis aos fertilizantes, que ofereçam um rendimento físico mais elevado para cada unidade de nutriente consumido. Deve-se lembrar que, do ponto de vista do agricultor, a rentabilidade é determinada comparando-se o custo do uso de fertilizantes, incluindo-se o preço de compra, transporte e aplicação, mais o custo da colheita, transporte, armazenamento e a venda da produção adicional com o valor daquele aumento de produção vendido ou consumido pela família do agricultor. A rentabilidade vista nesses termos implica que há fatores e insumos complementares além dos preços dos fatores e produto, que podem ser ajustados. Outrossim, há a questão da incerteza quanto às futuras relações de preços entre o fator e o produto. Por exemplo, uma política estável de preços mínimos razoavelmente altos ou preços de fertilizantes razoavel-

mente baixos é provavelmente favorável àquele que produz variações amplas de ano para ano em rentabilidade ao nível da propriedade agrícola.

2. Aumentar a disponibilidade de fertilizantes. Essa política poderá simplesmente envolver a expansão da rede de comercialização existente, de modo a proporcionar a todos os agricultores fácil acesso aos suprimentos de fertilizantes existentes. Muitas vezes o crédito agrícola para a compra de fertilizantes é aumentado porque acredita-se que exista oferta e demanda suficiente, mas faltam recursos aos agricultores para comprar este insumo. Esse crédito poderá também ser oferecido em termos especiais, a taxas de juros subsidiadas para aumentar ainda mais a rentabilidade e acelerar a adoção.

3. Aumentar a motivação do agricultor para adotar e intensificar o uso de fertilizantes. Além das políticas que procuram aumentar a motivação melhorando a rentabilidade do uso de fertilizantes, há programas e informação de extensão destinados a conscientizar os agricultores a respeito dos benefícios dos fertilizantes e orientá-los quanto ao uso correto, para conseguir rendimentos máximos. Os programas de seguro podem ajudar a aliviar o risco de assumir custos operacionais agrícolas mais elevados, enquanto que as políticas de preço dos fatores e produto podem reduzir a incerteza dos custos e rendimentos futuros.

Políticas Agrícolas Brasileiras e o Consumo de Fertilizantes

As políticas agrícolas brasileiras, em anos recentes, têm influenciado tanto a oferta como a demanda de fertilizantes. Do lado da oferta, as políticas têm afetado a produção nacional e a importação de fertilizantes. A demanda tem sido alterada pelas políticas de preço do produto, políticas de crédito agrícola para a compra de fertilizantes e políticas de taxa de câmbio que afetam os preços internos das importações.

Durante a década de 1950, as políticas cambiais e fiscais do Brasil favoreceram as importações de bens para a produção agrícola. Os fertilizantes eram importados isentos de direitos alfandegários, a taxas favoráveis de câmbio e, a partir de agosto de 1957, os produtores nacionais foram subsidiados. De 1950 a 1960, o consumo de fertilizantes cresceu a uma taxa anual de aproximadamente 15 por cento, e o uso de fertilizantes por hectare cultivado duplicou-se. Em 1960, o consumo total quase atingiu 300.000 toneladas (Ver Tabela 1).

As políticas foram modificadas em 1961, o que levou a um declínio no consumo. Suspendeu-se o subsídio aos fabricantes, a rentabilidade do uso de fertilizantes decinou devido a tendências desfavoráveis de preço, e houve uma redução pronunciada no crédito agrícola. O consumo em 1962 caiu a 80 por cento do seu nível de 1960, e em 1966 ainda não havia se recuperado. O continuado aumento em área cultivada reduziu o consumo por hectare, em 1966, para 75 por cento do nível de 1960. Estima-se que, em 1964, apenas 5 por cento dos agricultores brasileiros usaram fertilizantes.

Em 1966 teve início uma rápida expansão no uso de fertilizantes. Comparado com 1960, o consumo dobrou até 1968, e quase triplicou-se até 1970, quando o consumo total atingiu 820.000 toneladas. A utilização de fertilizantes por hectare cultivado alcançou 18 quilogramas em 1968 e, em 1970, o uso médio em São Paulo elevou-se acima de 50 quilogramas de nutrientes por hectare, um nível mais alto que a taxa média de aplicação nos Estados Unidos em 1960.

Os preços dos fertilizantes parecem ter relação com essas tendências de consumo. O preço relativo de fertilizante sofreu uma redução gradual na década de 1950. A razão entre o índice de preço de fertilizantes e o índice de preço dos

Tabela 1. Consumo de Fertilizantes no Brasil - 1950-1970.

Ano	1.000 toneladas métricas	Ano	1.000 toneladas métricas
1950	88,5	1960	298,7
1951	120,9	1961	248,1
1952	72,8	1962	236,8
1953	116,6	1963	314,0
1954	123,5	1964	255,4
1955	161,0	1965	290,4
1956	165,3	1966	281,1
1957	207,5	1967	444,9
1958	249,7	1968	601,7
1959	226,2	1969	630,4
		1970	820,0

Fonte: William C. Nelson, op. cit.

Fonte dos dados originais: Associação Nacional para Difusão de Adubos, Estatísticas sobre o Consumo de Fertilizantes no Brasil, São Paulo, outubro, 1970 (Período 1960-1970).

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, Mercado Brasileiro de Fertilizantes - 1950-1970, Rio de Janeiro, agosto, 1965 (Período 1950-1959).

produtos (1948-1952 = 100) diminuiu de 1,01 em 1950 para 0,52 em 1959, depois subiu para 1,23 em 1965. Em 1967 caiu para 0,76, e tem apresentado uma média de 0,77 durante os últimos quatro anos.1/

As políticas de crédito agrícola também parecem relacionar-se com o consumo. As taxas nominais de juros de 7 a 10 por cento prevaleceram até 1960, depois subiram para 12 a 17 por cento para o período 1961 a 1965. Entretanto, as taxas de inflação foram altas durante a maior parte desse período, resultando em taxas reais negativas de juros. As taxas de juros agrícolas se mantiveram a aproximadamente aquele mesmo nível até fins da década de 1960, porém, a partir de 1966, as compras de fertilizantes foram colocadas sob o programa especial FUNFERTIL (Fundo de Estímulo Financeiro ao Uso de Fertilizantes e Suplementos Minerais). A finalidade desse programa era financiar o valor total dos juros e custos de administração de empréstimos para fertilizantes para culturas alimentícias, o que resultou em não se cobrar juros dos agricultores. Em 1968, o FUNFERTIL financiou 49 por cento do consumo de fertilizantes no Estado de São Paulo e 75 por cento do consumo nacional. O FUNDAG (Fundo Especial de Desenvolvimento Agrícola), que substituiu o FUNFERTIL em agosto de 1970, subsidia crédito para insumos modernos, inclusive fertilizantes e cobra 7 por cento ao ano de juros aos agricultores. Pode-se concluir que o aumento geral de crédito agrícola e essas condições muito favoráveis para a compra de fertilizantes tenham também sido parcialmente responsáveis pelo aumento no consumo de fertilizantes.

Produtividade e Rentabilidade dos Fertilizantes

Conforme demonstrado acima, as políticas brasileiras durante os últi

1/ Índice calculado por Nelson, op. cit., p. 211. Dados originais obtidos em Desenvolvimento da Agricultura Paulista, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo. 1971.

anos têm aumentado pronunciadamente o consumo de fertilizantes. Considerando-se a pressuposição declarada anteriormente, poder-se-ia logicamente admitir que os agricultores não teriam aumentado rapidamente o uso de fertilizantes a não ser que isso produzisse uma resposta positiva de rendimento e aumentasse seus lucros. Entretanto, há diversos resultados de pesquisas conduzidas no Brasil que lançam dúvidas quanto a essa pressuposição.

Embora normalmente se espere que os fertilizantes aumentem o rendimento das culturas, está claro que esses aumentos dependem da variedade de semente, fertilidade natural do solo, nível do uso de fertilizantes, e técnicas específicas de aplicação, tais como época e profundidade da aplicação e colocação do fertilizante em relação à semente. O trigo brasileiro é um exemplo excelente. Por diversas razões, as variedades tradicionais de trigo são usuárias ineficientes de fertilizante. Na realidade, níveis elevados de fertilização de algumas variedades muitas vezes causam o "acamamento", o que reduz o rendimento. Obviamente, se a resposta de rendimento é duvidosa, a economia do uso de fertilizantes é também duvidosa. Nos casos em que é demonstrado que a rentabilidade atual é baixa, é importante testar o impacto provável da redução, ou remoção, dos subsídios existentes.

Os resultados de diversos estudos sobre fertilizantes no Brasil foram examinados e as conclusões relativas à resposta aos fertilizantes são apresentados na Tabela 2. Ao contrário do que se esperava, os resultados são inconclusivos. O primeiro problema é que um nutriente não produz, necessariamente, uma clara resposta positiva de rendimento para uma dada cultura em experimentos dentro de uma dada região e muito menos em regiões diferentes. Em segundo lugar, quando a resposta do rendimento é positiva, ela frequentemente não é suficientemente grande para gerar um aumento na renda líquida. Naqueles casos em que o uso ótimo de fertilizante foi

Tabela 2. Sumário dos Resultados de Análises de Resposta a Fertilizantes.

Pesquisador	Localidade	Cultura	Resposta da Cultura a a/ Nitrogênio	Fosfato	Potássio	Total
Frederick	Nordeste do Brasil	Cana-de-açúcar				+
		Outras culturas				0
Santos	Minas Gerais	Milho	+	+	0	
Agri-Research	S.Paulo	Milho	±	+	+	
		Algodão	±	+	+	
		Soja	+	+		
Inst.Agronômico	S.Paulo	Algodão	±	±	±	
Vieira	S.Paulo	Milho	+	0	0	
Steitieh	R.G.do Sul	Todas as culturas				0
Knight	R.G.do Sul	Arroz	+	+	0	
		Trigo	±	±	0	
		Milho	+	0	0	
Lanzer	R.G.do Sul	Trigo	+	+	+	
Streeter	R.G.do Sul	Soja		+		
		Trigo		+		

a/ A resposta positiva ao fertilizante é assinalada com +, a resposta insignificante ou nula com 0, e respostas mistas com ±.

Fonte: William C. Nelson, op. cit. O resultado do estudo de Lanzer foi completado depois que a pesquisa original estava concluída.

calculado, o nível ótimo geralmente era baixo em comparação com as taxas de aplicação em outros países. Isso se explica, em parte, pelas relações de preço, porém as próprias funções de produção básicas parecem ser menos responsivas aos fertilizantes. Ademais, grande parte dessa pesquisa baseou-se em ensaios experimentais onde as condições de produção eram mantidas a níveis acima da média. Seria de se esperar que a resposta ao nível da propriedade agrícola fosse ainda menor. Uma questão de interesse especial é a resposta duvidosa ao nitrogênio, o nutriente que tem sido em grande parte responsável por aumentos de produção em algumas culturas em outros países.

A principal conclusão desse estudo é que o atual nível de conhecimentos sobre o uso de fertilizantes no Brasil é ainda limitado. Duas questões importantes precisam ser estudadas ao nível da propriedade agrícola: (1) o produto marginal de fertilizantes é positivo aos atuais níveis de uso? e (2) o uso de fertilizantes é lucrativo?

ESTUDO DA PRODUTIVIDADE DE FERTILIZANTES AO NÍVEL DA PROPRIEDADE AGRICOLA

A fim de coletar dados para pesquisas sobre essa e outras questões, o Projeto de Formação de Capital, juntamente com o Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", entrevistou 383 agricultores em dez municípios da região de Ribeirão Prêto, no estudo de São Paulo, em julho de 1970. Essa região foi selecionada por causa da grande variedade de culturas anuais nela cultivada, a grande proporção de produtos vendidos, uso extensivo de fertilizantes e crédito, a natureza progressista dos agricultores e uma infraestrutura rural altamente desenvolvida. Presumiu-se que os agricultores estariam bem adiantados no processo de adoção de fertilizantes e isto proporcionaria observações adequadas para uma análise da função de produção. Cada propriedade da amostra foi escolhida

ao acaso do cadastro de propriedades do IBRA, sujeitos aos seguintes critérios: (1) tivesse entre 10 e 3.000 hectares, (2) mais de 50 por cento da terra total fosse explorada para produção de culturas ou pastagens, (3) mais de 50 por cento da terra explorada fosse destinada à produção de culturas anuais, cana de açúcar, café, ou gado de corte, e (4) mais de 50 por cento da terra fosse explorada pelo proprietário. Através das entrevistas, foram obtidos dados sobre uso de recursos, práticas culturais, fluxos de crédito e dinheiro, e despesas da família para o ano agrícola 1969/70

Foram também realizadas entrevistas com 62 agentes de extensão, banqueiros, autoridades estatísticas, e comerciantes especializados em fertilizantes, em dezembro de 1970 para obter informações básicas sobre a região e dados sobre o sistema de comercialização de fertilizantes.

Para o estudo sobre fertilizantes, um total de 174 dessas entrevistas foram selecionadas para análise, com base no critério que cada um tinha mais de 50 por cento da terra cultivada em culturas anuais. Cento e trinta dessas propriedades eram localizadas nos três municipios de Guaíra, Jardinópolis e Sales de Oliveira; as 47 restantes se distribuiam pelos outros sete municípios. Guaíra se localiza no extremo norte do Estado de São Paulo, na fronteira com Minas Gerais, ao sul de Uberaba. Cerca de 80 por cento do produto bruto do municipio se origina da agricultura. Por volta de 1948, a agricultura começou a mudar do café e gado de corte para culturas anuais. A topografia é levemente ondulante, o que facilita a mecanização. Os municípios de Jardinópolis e Sales de Oliveira são adjacentes a Ribeirão Preto e ainda têm uma quantidade considerável de culturas perenes e pecuária. A topografia é mais acidentada e as propriedades são menores e menos mecanizadas que em Guaíra.

As 174 propriedades tinham uma média de 56 alqueires[1/] de terra cultivada

1/ Um alqueire = 2,42 hectares.

com quase 80 por cento destinada à produção de quatro culturas: milho, arroz, algodão e soja. Entretanto, a maioria das propriedades não se especializava em nenhuma dessas culturas.

O uso real de fertilizantes revelou-se maior do que o esperado. Uma media de 220 quilos de nutrientes por alqueire eram usados por esses agricultores, em comparação com outros estudos realizados no Brasil que indicam níveis de uso de 25 a 120 kg/alqueire. Apenas dois dos agricultores não usaram fertilizantes no ano agrícola 1969/70, e 56 por cento compraram mais de dez toneladas. Mesmo assim, o uso não foi elevado quando comparado com as recomendações gerais.

A adubação para o algodão e soja foi 102 e 140 por cento das recomendações mínimas respectivas (ver Tabela 3), enquanto que arroz e milho receberam apenas 60 por cento do mínimo. O uso de nitrogênio foi particularmente baixo: apenas 24 por cento do recomendado para milho, 56 por cento para algodão e arroz, e 94 por cento para soja. O uso de fosfato foi baixo para arroz e milho, mas excedeu o mínimo para algodão e soja. O potássio foi usado a níveis iguais ou mais altos que as recomendações mínimas para algodão e arroz, e chegaram a exceder os níveis máximos para milho e soja.

Cerca de 75 por cento dos agricultores usaram crédito para comprar fertilizantes, porém menos da metade deles obtiveram crédito bancário. Houve uma tendência para as propriedades de tamanho médio e grande usarem crédito bancário, enquanto que uma proporção maior dos pequenos agricultores obtiveram crédito de cooperativas e firmas comerciais.

O sistema de comercialização de fertilizantes a varejo expandiu rapidamente nessa região na década de 1960. Dos 16 comerciantes entrevistados, apenas seis estavam vendendo fertilizantes há dez anos atrás, e apenas nove em 1966. O número

Tabela 3. Comparação das Recomendações de Uso de Fertilizantes e o Uso Real pelos Agricultores da Região de Ribeirão Preto, 1969/70.[a]

Fertilizante e Cultura	Recomendação[b] kg/alq.	Uso Real kg/alq.	Uso Real como % da Recomendação Mínima
Todas as Culturas			
(1) Nitrogênio	83.6	30.1	36%
(2) Fosfato	126.1	119.1	89%
(3) Potássio	44.2	58.4	132%
(4) Total	253.4	199.4	79%
Algodão			
(1) Nitrogênio	78-192	44.0	56%
(2) Fosfato	144-288	183.5	127%
(3) Potássio	115-228	114.5	100%
(4) Total	335-768	342.0	102%
Arroz			
(1) Nitrogênio	30-77	16.8	56%
(2) Fosfato	44-230	74.5	52%
(3) Potássio	30-150	31.8	106%
(4) Total	204-457	123.1	60%
Milho			
(1) Nitrogênio	142-164	34.1	24%
(2) Fosfato	108-216	80.5	74%
(3) Potássio	22-44	51.5	234%
(4) Total	272-424	166.1	61%
Soja			
(1) Nitrogênio	22-44	20.6	94%
(2) Fosfato	108-144	111.7	103%
(3) Potássio	22-44	80.0	364%
(4) Total	152-232	212.3	140%

a/ Fertilizante expresso em nutrientes.

b/ Associação Nacional para Difusão de Adubos, "Sugestões Gerais de Adubação" (trabalho não publicado), S.Paulo,1970,p.13.

de fórmulas oferecidas para venda - setenta e quatro - parece ser excessivo, visto que na realidade apenas uma pequena percentagem desse total é comprada. Muitas das fórmulas têm apenas diferenças de 1 a 2 por cento no teor de nutrientes, o que complica o processo de comparar os preços reais de fertilizantes. Embora o número de comerciantes da região indique uma situação competitiva, grandes diferenças de preço foram encontradas para fertilizantes de fórmulas idênticas. Alguns comerciantes fornecem serviços valiosos aos agricultores, tais como crédito, transporte, informações técnicas, e análise de solo, o que estimula o uso de fertilizantes.[1/]

Foram testadas funções dos tipos Cobb-Douglas e quadrática para testar a produtividade do uso de recursos, porém a primeira foi escolhida para a análise porque produzia melhores resultados em termos de significância dos coeficientes de regressão, erro padrão da estimativa, e coeficientes simples de determinação múltipla. Treze variáveis independentes foram analisadas em relação à variável dependente, rendimento das culturas. Aquelas incluíram calcáreo, nitrogênio, fosfato, potássio, todos os fertilizantes, mão-de-obra total, sementes e defensivos, despesas de maquinaria, despesas de maquinaria e mão-de-obra, despesas operacionais totais, índice de administração, proporção de terra em uma cultura específica para total de terra cultivada, e total de terras cultivadas.

Os preços de produto usados na análise foram baseados no preço médio recebido pelos agricultores na região de Ribeirão Preto durante a parte final do ano agrícola 1969/70. Foram eles: algodão Cr$10,70/15 kg., arroz Cr$21,15/60 kg., milho Cr$10,00/60 kg., e soja Cr$27,80/60 kg. Os preços de fertilizantes foram: nitrogênio Cr$1,08/kg., fosfato Cr$0,96/kg., potássio Cr$0,43/kg., e fertilizante

1/ Informações adicionais sobre o sistema de comercialização de fertilizantes poderão ser encontradas em William C. Nelson, "Comercialização de Fertilizantes", Nota de Pesquisa Nº 3-P, Série A, ESALQ, Piracicaba, Maio de 1971.

agregado Cr$0,83/kg.[1]

Diversas séries de análises foram realizadas com os dados. A primeira incluiu todas as observações tratadas conjuntamente, e separadamente para milho, arroz, algodão e soja. Em segundo lugar, cada uma dessas categorias foi separada nas três regiões de Guaíra, Jardinópolis e Sales de Oliveira e os outros municípios. Uma terceira categoria foi estabelecida dividindo-se as observações em níveis alto e baixo de uso de fertilizante por cultura.

Os resultados para a função agregando todas as observações foram semelhantes aos do estudo de Steitieh, que usou dados agrícolas do Rio Grande do Sul. Calcáreo, fertilizantes, sementes e defensivos, mão-de-obra e maquinaria e o índice de administração produziram coeficientes positivos com relação ao rendimento, enquanto que terra cultivado foi negativo. Entretanto, a variável fertilizante foi estatisticamente insignificante, e o coeficiente de regressão foi próximo de zero, indicando quase nenhuma resposta ao fertilizante. Todas as variáveis exceto sementes e defensivos tinham valores de produto marginal menores que os preços de insumos, o que sugere que o uso desses fatores deveria, realmente, ser reduzido. Quando a variável fertilizante foi desdobrada nos três nutrientes, o nitrogênio deu uma resposta de produção altamente negativa, enquanto que o fosfato e potássio foram positivos. Os valores dos produtos marginais são dados na Tabela 4. Quando as observações foram desdobradas nas três localidades regionais, os únicos resultados significantes para Guaíra foram que a resposta do potássio no algodão foi elevada, e em Jardinópolis-Sales de Oliveira a produção de algodão e arroz mostraram respostas positiva ao nitrogênio e negativa para o potássio.

1/ Os preços de fertilizantes foram baseados no preço médio para 1969/70 de Cr$ 226,90/ton. de sulfato de amônia (21% N), Cr$192,95/ton. de superfosfato (20% P_2O_5) e Cr$257,10/ton. de cloreto de potássio (60% K_2O).

Tabela 4. Valor da Produção Marginal de Fertilizantes por Nutriente, Cultura e Nível de Uso.

Amostra	Valor do Produto Marginal em Cr$/kg a/			
	Nitrogênio	Fosfato	Potássio	Todos Fertilizantes
Amostra Regional				
Todas as culturas	-5.36	0.33	1.90[b]	0.03
Milho	-2.80	0.46	1.22[b]	0.11
Arroz	- 2.42	-3.84	4.85[b]	-1.94
Algodão	-3.88	0.93	0.71[b]	0.14
Soja	1.88[b]	-0.70	2.94[b]	0.19
Nível Alto				
Milho	-2.04	0.18	3.16[b]	1.15[b]
Arroz	-9.12	-1.55	3.38[b]	1.40[b]
Algodão	-0.75	2.37[b]	1.13[b]	1.63[b]
Soja	-15.17	0.93	0.52[b]	0.032
Nível Baixo				
Milho	-4.46	1.38[b]	0.71[b]	-0.09
Arroz	-22.13	-11.84	18.79[b]	-3.76
Algodão	-6.07	-0.62	-3.35	0.44
Soja	-72.42	-13.05	23.38[b]	-2.34

a/ Valor do produto marginal, medido nas médias geométricas.vezes os preços de produtos respectivos.

b/ Indica aqueles casos onde o valor do produto marginal excede o preço de fertilizante.

Fonte: Nelson, op. cit., pp. 96 e 98.

A divisão das observações em grupos de níveis alto e baixo de uso de fertilizantes produziu alguns resultados interessantes. Os critérios usados para inclusão no grupo alto variaram por cultura. Para milho, arroz e soja, observações foram incluídas se a aplicação de nitrogênio excedeu 50 kg/alqueire, ou fosfato ou potássio, excedeu 100 kg. Para algodão, os dois últimos limites foram elevados para 200 kg./ alqueire. Todas as observações com uso de fertilizante menor que essas quantidades foram incluídas no grupo baixo. Os resultados mostraram que a resposta para todos os fertilizantes foi mais alta (mais positiva ou menos negativa) na amostra de nível alto do que na amostra regional ou de nível baixo, para todas as culturas, exceto soja. Embora a resposta ao nitrogênio ainda fosse negativa no grupo alto, foi menos negativa que nos outros agrupamentos para três das quatro culturas. O grupo alto também mostrou resposta mais alta para o fosfato em três das quatro culturas, e para potássio em duas das quatro.

Embora os resultados tenham algumas limitações devido a diversas variáveis estatisticamente insignificantes e coeficientes de determinação razoavelmente baixos, a conclusão é consistente em todas as análises: o uso de fertilizantes nem sempre produziu uma resposta positiva nos rendimentos. Em alguns casos os resultados foram negativos, e em outros os coeficientes positivos foram próximos de zero.

Voltando à questão de rentabilidade, as conclusões são ainda mais desconcertantes. Embora um valor positivo de produto marginal seja obtido, as rendas agrícolas marginais poderão ainda ser negativas quando o custo dos fertilizantes é deduzido. Conforme poderá ser visto na Tabela 4, a renda marginal geralmente foi negativa. Na análise regional, não há casos em que as rendas marginais para uso de fertilizante (NPK) sejam positivas, isto é, onde o valor do produto

marginal exceda o custo do fertilizante.[1] Para os nutrientes individuais, as rendas líquidas foram positivas para o potássio e nitrogênio em soja.

A situação se altera um tanto quando comparamos os grupos alto e baixo. Para o grupo alto, há rendas marginais positivas para fertilizante exceto para a soja. Com o preço de fertilizante de Cr$0,83 por quilo, as rendas marginais variaram de Cr$0,32/kg de fertilizante no milho a Cr$0,80/kg no algodão. O grupo baixo normalmente teve perdas líquidas mais altas para fertilizante que a amostra regional, exceto para uso de potássio. A implicação desses resultados é que se o fertilizante é usado dentro da amplitude observada nessas propriedades, as rendas marginais são mais altas ou as perdas são mais baixas com a aplicação a taxas mais altas.

FATORES QUE AFETAM A FALTA DE RESPOSTA AOS FERTILIZANTES

Essas conclusões levantam duas questões: (1) quais são os fatores que inibem uma resposta lucrativa aos fertilizantes, e (2) porque estão os agricultores atualmente usando quantidades e/ou combinações não-lucrativas de fertilizantes?

Esta pesquisa não colheu dados que pudessem responder a essas questões, porém diversas sugestões oferecidas por agrônomos poderão ajudar a compreender o problema. A primeira limitação poderá ser o próprio solo. A terra roxa normalmente é ácida, com níveis elevados de ferro e bauxita. Nitrogênio aplicado na forma de sulfato de amônia poderá produzir ácido sulfúrico, o que iria aumentar a acidez do

---

[1] Valdecí usou 124 dessas mesmas entrevistas para testar os rendimentos marginais para insumos na produção de milho em Guaíra e Sales de Oliveira. Usando uma função de produção Cobb-Douglas e fazendo a regressão do valor de fertilizante em relação ao valor do milho produzido, ele concluiu que o uso de fertilizantes estava próximo dos níveis ótimos. Entretanto, ele relatou os resultados de outros modelos, que não foram analisados, com coeficientes de fertilizantes menores, ou até negativos, sugerindo uso de fertilizante além dos níveis ótimos. Ver José Valdecí Biserra, "Análise de Relações Fator-Produto na cultura do Milho em Jardinópolis e Guaíra, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1969/70", Dissertação Mestre, não-publicada, ESALQ, Piracicaba, 1971.

solo. A fixação de fosfato pode também ocorrer nesse tipo de solo, tornando aquele nutriente não disponível para as plantas. A qualidade porosa do solo poderá permitir rápida lavagem do fertilizante, se ocorrer forte queda de chuvas depois da aplicação.

Em segundo lugar, a atual combinação de nutrientes talvez não seja adequada para atender às necessidades do solo e da planta, ou talvez haja deficiências de micronutrientes que ofuscam o valor dos macronutrientes.

Uma terceira possibilidade é a época imprópria para a aplicação de fertilizante. O fertilizante talvez não seja colocado no local adequado com relação à semente, ou a combinação e época de aplicação talvez não sejam as ideais.

Uma quarta explicação alternativa é que as variedades brasileiras de plantas poderão simplesmente não serem eficientes no uso de fertilizantes químicos. Dadas as condições locais de cultivo, as variedades presentes poderão produzir relativamente menos rendimento por unidade de fertilizante que as novas variedades de culturas associadas com a "Revolução Verde". Isto iria sugerir que para uma relação dada de preço, o uso ótimo de fertilizante e rendimento seriam mais baixos.

Finalmente, uma quinta explicação poderá ser sugerida pela diferença observada entre os grupos de nível alto e baixo. As taxas de aplicação de fertilizantes talvez ainda não sejam suficientemente altas para gerar uma resposta significativa de rendimento. Talvez uma certa taxa mínima crítica é necessária para compensar alguns dos problemas mencionados acima, e a aplicação além desse ponto talvez produza uma crescente resposta por unidade.

A resposta dos agricultores é difícil de se interpretar. É comum aceitar-se o ponto de vista que os agricultores são economicamente racionais, contudo nesse caso parece que eles estão usando níveis não-economicos de fertilizantes. Uma

explicação talvez seja que, visto que o uso amplamente difundido de fertilizante é ainda razoavelmente recente, os agricultores estão ainda experimentando para determinar a adubação ótima em suas propriedades, dadas suas práticas atuais de cultivo e administração. Por outro lado, eles parecem estar orientados para o comportamento econômico apesar das recomendações de fertilizantes existentes. Deve-se lembrar que, em média, o uso de potássio é comparativamente elevado e esse é o nutriente que tem consistentemente demonstrado resposta positiva de rendimento. O nitrogênio deu uma resposta negativa e o uso agrícola está bastante abaixo do mínimo. Esses fatos sugerem que as próprias recomendações talvez necessitem uma revisão à luz de resultados de pesquisa ao nível da propriedade agrícola.

Outra questão é aquela do sistema total de abastecimento de fertilizantes. A maior parte do fertilizante consumido em São Paulo é pré-misturado e, embora haja muitas fórmulas, há uma variação limitada de combinações de nutrientes da qual os agricultores podem escolher. Os bancos muitas vezes exigem que os agricultores usem misturas e taxas de aplicação recomendadas para que se qualifiquem para receber crédito. Assim sendo, os agricultores talvez se vejam forçados a seguir práticas de adubação não inteiramente adequadas para suas condições específicas. Com termos tão favoráveis de empréstimo, os agricultores talvez tenham sido encorajados a usar quantidades maiores que o normal de fertilizantes, sem atenção suficiente para as necessidades reais e a aplicação correta.

Finalmente, alguns dos agricultores entrevistados expressaram reclamações quanto ao controle inadequado da qualidade na fabricação e distribuição dos fertilizantes. Embora haja notícias de rotulagem falsa ou inexata, não é de se esperar que esse fator por si só tenha sido responsável por uma parte significativa da falta de resposta.

CONCLUSÕES

Os resultados dessa pesquisa demonstram que, em 1969/70, o valor do produto marginal de fertilizantes empregados na produção de culturas anuais geralmente foi negativo em uma região considerada como das mais progressistas e produtivas do Estado de São Paulo. A implicação é que os agricultores não podem aumentar a taxa de aplicação de fertilizantes economicamente, apesar de que o uso atual está relativamente baixo comparado com o uso por hectare de fertilizantes em alguns países. Além disso, se o valor do produto marginal do uso de fertilizantes no nível atual nessas culturas continuar a produzir respostas pequenas ou negativas de rendimento e renda, é provável, que através de suas próprias experiências os agricultores eventualmente venham a reduzir o nível de aplicação de fertilizantes ou, pelo menos, alterar as combinações de nutrientes. O aumento de consumo de fertilizantes irá, então, depender principalmente de sua adoção por parte dos agricultores que ainda não os estão usando e da aplicação em outras culturas mais sensíveis ao seu uso. Entretanto, para que a taxa de crescimento da renda agrícola e a formação de capital aumentem, níveis mais altos de produtividade devem ser atingidos através do maior uso dos insumos modernos, incluindo fertilizantes. Os fertilizantes, ao contrário de alguns outros tipos de insumos, têm a importante vantagem de que, o impacto derivado de seu uso, tende a ser neutro em relação à cultura e ao tamanho da propriedade.

Considerando que a região Ribeirão Preto tem uma infra-estrutura altamente desenvolvida e agricultores progressistas, é duvidoso que a resposta ao uso de fertilizantes tenha sido maior em outras regiões mais atrasadas. Se esta implicação é certa, a conclusão é que o uso adicional de fertilizantes não irá contribuir substancialmente para aumentar a produtividade agrícola. Além disso os resultados da pesquisa sobre trigo demonstram que, apesar de um grande programa para estimular a produção, não houve aumento na

produtividade média. Parece que no caso de um insumo, fertilizantes, e de uma cultura, trigo, há uma importante barreira tecnológica que terá que ser superada antes que as atuais políticas agrícolas possam estimular a modernização da agricultura através de aumentos significantes de produtividade.

A implicação desses resultados para o desenvolvimento agrícola é de que a intervenção no mercado pode ser um estímulo importante, a curto prazo, para o crescimento. Ela porém, não pode estimular a modernização e produtividade na ausência de informações sólidas sobre alternativas lucrativas ao nível da propriedade rural. O Brasil está explorando um meio relativamente fácil de aumentar a produtividade, porém agora enfrenta a tarefa relativamente difícil de promover pesquisa básica. O esforço do Ministério da Agricultura e de outras instituições Brasileiras, tanto na pesquisa econômica como na agronômica, poderá fornecer as bases para a próxima etapa do desenvolvimento agrícola do País.

BIBLIOGRAFIA

Agri-Research, Inc. Estudo Técnico-Economico Sobre A Exequibilidade de Aumento na Fabricação e Uso de Fertilizantes, Calcário e Sais Minerais no Brasil. Rio de Janeiro: Agency for International Development, 1964.

Associação Nacional para Difusão de Adubos. Estatísticas sobre O Consumo de Fertilizantes no Brasil. São Paulo: October, 1970.

_____ "Sugestões Gerais de Adubação", unpublished paper, São Paulo, 1970.

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico. Mercado Brasileiro de Fertilizantes - 1960-1970. Rio de Janeiro, 1965.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fertilizers: An Annual Review. Rome: FAO, 1970.

_____ Fertilizer: An Annual Review of World Production, Consumption, Trade, and Prices, 1969. Rome: FAO, 1969.

_____ Statistics of Crop Responses to Fertilizers. Rome: FAO, 1966.

Frederick, K.D. "Agricultural Development in the Brazilian Northeast", unpublished paper in USAID/Rio files, Rio de Janeiro, December, 1970.

Fuzatto, M.G. Estudo Técnico-Econômico da Adubação do Algodoeiro no Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1970.

Instituto de Economia Agrícola. Desenvolvimento da Agricultura Paulista. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1971.

Knight, Peter T. Brazilian Agricultural Technology and Trade. New York: Praeger Publishers, 1971.

Lanzer, Edgar Augusto. "Análise Econômica de um Grupo de Equipamentos de Fertilização e Calagem do Solo na Cultura do Trigo - Rio Grande do Sul". Tese não publicada. Porto Alegre, 1970.

Nelson, William C. "Comercialização de Fertilizantes". Notas de Pesquisa, nº 3-P, Série A. Projeto Formação de Capital, ESALQ, Piracicaba, maio, 1971.

Rask Norman, Richard L. Meyer and Fernando C. Péres. "Crédito Agrícola e Subsídios a Produção como Instrumentos para o Desenvolvimento da Agricultura". Notas de Pesquisa nº 6-P, Série A. Piracicaba: ESALQ, Projeto Formação de Capital, novembro, 1971.

Santos, E.A. and Neptune, A.M.L. "Adubação de Milho no Município de Oliveira, Estado de Minas Gerais". Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 1969, pp. 213-265.

Steitieh, Akram M. "An Analysis of Input Productivity and Productivity Change on Crop Enterprise in Southern Brazil", unpublished Ph.D. dissertation, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Ohio State University, 1971.

Streeter, Carroll P. "Operation Armadillo: A State at the Southern Tip of Brazil Undergoes a Transformation of Its Agriculture". unpublished manuscript. Rockefeller Foundation, New York: February, 1970.

Vieira, Sonia and others. Estudo Comparativo de Três Funções na Análise Econométrica de Experimentos de Adubação, Piracicaba: ESALQ/USP. 1971.