



## **DIFERENÇA ENTRE AS TABELAS DE RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E A PRODUTIVIDADE MÁXIMA ECONÔMICA**

## **DIFFERENCE BETWEEN THE TABLES OF FERTILIZER RECOMMENDATIONS AND MAXIMUM ECONOMIC YIELD**

**CINTHIA CABRAL DA COSTA**

EMBRAPA

(cinthia.costa@embrapa.br)

### **RESUMO**

Este artigo procurou identificar o impacto no lucro do produtor rural caso as recomendações de adubação considerem os preços do produto e do insumo e indiquem as quantidades de nutriente para atingir o ponto de máximo econômico e não as tabelas atualmente utilizadas neste processo. Foram analisados os produtos agrícolas milho e soja e os nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio. Foram utilizados: valores indicados nas tabelas de recomendação de adubação utilizadas no país; funções de produtividade para os produtos e insumos analisados, obtidas em revisões bibliográficas; cenários de preços utilizando os preços observados nos últimos quinze anos e; três condições de solo que diferem em relação ao seu nível inicial de fertilidade e, portanto, na necessidade de adubação complementar. Verificou-se que o produtor rural poderia aumentar seu lucro alterando o método de estimar a necessidade de adubação da sua lavoura, na média dos cenários analisados e considerando o impacto individual de cada nutriente, em mais de 10% do valor de sua receita com o produto. Portanto, um instrumento para o produtor definir a quantidade de insumos a ser aplicada na sua lavoura com base no nível de produtividade máxima econômica é um importante meio de gerar renda no campo.

**Palavras-chaves:** função de produção; fertilizante; lucro; produção agrícola.

### **ABSTRACT**

This paper aims to identify the impact on farmer profit if the fertilizer recommendations consider the product and input prices to indicate the amount of nutrient need to achieve the maximum economic yield and not the currently tables of fertilizer recommendations used in this process. Corn and soybeans were agricultural products analyzed, and the nutrients were: nitrogen, phosphorus and potassium. It was used: values presented in the tables of fertilizer recommendations; yield functions obtained from literature reviews; price scenarios using the observed prices in the last fifteen years; three soil conditions which differ from its initial level of fertility and thus, the need for supplementary fertilization. It was found that the farmers could increase their profits by changing the method of estimating the need for fertilizing their

## ANAIS

crops, in the average of the scenarios analyzed, and considering the individual impact of each nutrient, in more than 10% of its revenue from product. Therefore, a tool to help the producer to set the amount of nutrients to be applied in farming based on maximum economic yield is an important means of generating income in rural areas.

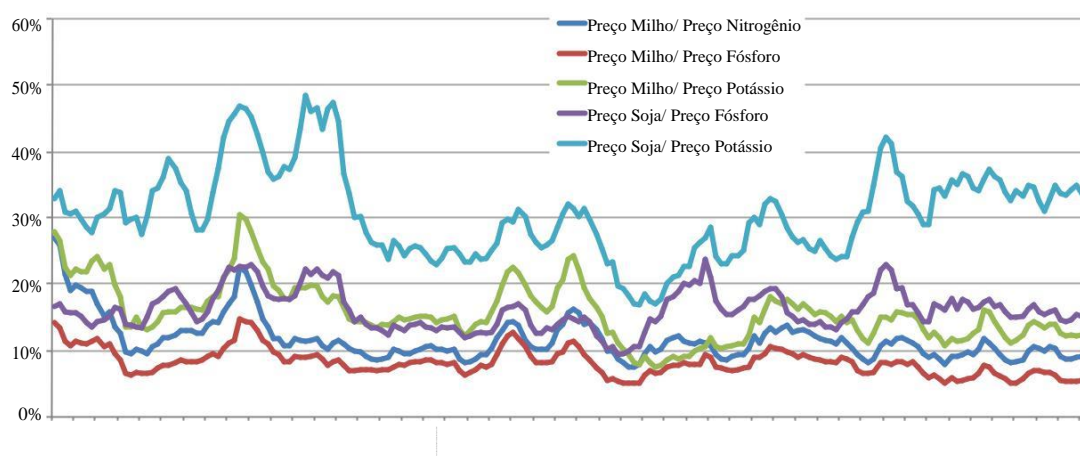
**Keywords:** yield function; fertilizer; profit; agricultural production.

### 1. INTRODUÇÃO

Uma questão sempre presente na agricultura refere-se a mensuração das quantidades ótimas de nutrientes que o produtor deve aplicar na sua lavoura para que tenha uma maior produtividade e maior lucro com seu produto. Esta questão está relacionada principalmente aos macronutrientes, os quais as plantas precisam em maiores quantidades e, portanto, sua incorporação no solo origina resposta de produtividade da planta de maneira mais significativa. Entretanto, há duas questões diferentes neste processo. Uma questão é a quantidade de fertilizante para atingir a produtividade máxima (PM) e a outra é a quantidade deste insumo que origina o máximo retorno financeiro para o produtor, ou a produtividade máxima econômica (PME).

Para responder ambas as questões experimentos têm sido feitos em diferentes locais, e com vários produtos e insumos com o objetivo de identificar o comportamento da produtividade destes produtos à incorporação do insumo analisado. O item 2 descreve o comportamento padrão de uma curva de resposta da produtividade das culturas agrícolas ao uso de fertilizantes e como são obtidos os valores de quantidade do insumo que originam os pontos de produtividade máxima (PM) e de produtividade máxima econômica (PME).

Com o objetivo de simplificar o processo de recomendação de adubação algumas publicações, produzidas pelos principais órgãos de pesquisa agropecuários do país, são adotadas como padrão para este processo na agricultura brasileira. Entretanto, apesar de procurar considerar as respostas das plantas aos nutrientes e, provavelmente, o preço do produto e insumo, a relação entre estes preços se alteram com muita frequência (como ilustra a Figura 1) e podem, portanto, modificar o nível ideal de nutriente a ser aplicado para atingir o máximo econômico.



**Figura 1.** Relação entre os preços por tonelada dos produtos milho e soja e dos macronutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio na economia brasileira no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015.

**Fonte:** IEA, 2015.

Este artigo teve como objetivo identificar o impacto sobre o lucro para o produtor rural se as recomendações de adubação fossem realizadas considerando os preços do produto

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

## ANAIS

e do insumo e não nas tabelas atualmente utilizadas neste processo<sup>1</sup>. Para isto foi considerado os produtos agrícolas milho e soja, e os principais nutrientes utilizados para fertilização química nestas culturas.

As tabelas de recomendação atualmente utilizados no país, assim como o método utilizado para analisar os impactos sobre a lucratividade do produtor rural ao utilizar estas tabelas, em comparação ao método economicamente mais eficiente, são descritos no item 3. O item 4 apresenta os resultados da pesquisa e o item 5 apresenta as principais conclusões.

## 2. COMO DEFINIR AS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

Como qualquer outro produto da economia, a produção agrícola obedece a uma função de produção onde o aumento na quantidade de insumos gera um aumento da sua produtividade, até um certo limite técnico. Segundo Frizzzone (1993), a função de resposta ou de produção das culturas é uma relação física entre as quantidades de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto, para uma dada tecnologia conhecida. Este tópico abordou o funcionamento de uma função de produção com apenas um insumo, que foi o considerado neste estudo - fertilizante, para mostrar a relação entre estes dois fatores: fertilizante e produtividade.

A Figura 2 mostra uma função de produção típica para um produto agrícola ( $X$ ) em função da quantidade de fertilizantes aplicado ( $I$ ). Assim, há uma região de crescimento acentuado, onde a produtividade marginal ( $PMgI$ ), assim como a produtividade média ( $PMeI$ ), em relação ao aumento no uso de fertilizante são crescentes. A seguir, um aumento no uso de fertilizante reduz a  $PMgI$ , mas o produto médio ( $PMeI$ ) ainda é crescente. Esta região é denominada de primeiro estágio da função de produção. No estágio seguinte (estágio dois da função de produção), tem-se o  $PMgI$  ainda em decréscimo, assim como a  $PMeI$ . Finalmente, quando a produção agrícola começa a decrescer com o incremento de fertilizante, temos o terceiro estágio da função de produção, onde a  $PMgI$  é negativa.

No equilíbrio, a produção só ocorre no segundo estágio da função de produção. Isto ocorre porque, no estágio I, uma vez que o  $PMeI$  é crescente, o produtor é incentivado a aplicar mais do insumo, até que ele identifique que o  $PMeI$  deixa de crescer (estando, neste ponto, na fase II). Já a fase III não é utilizada pelo produtor pois, neste caso, o aumento no uso do insumo reduz a produtividade. Assim, ambas as fases I e III são economicamente ineficientes para a produção e o equilíbrio se estabelece na fase II.

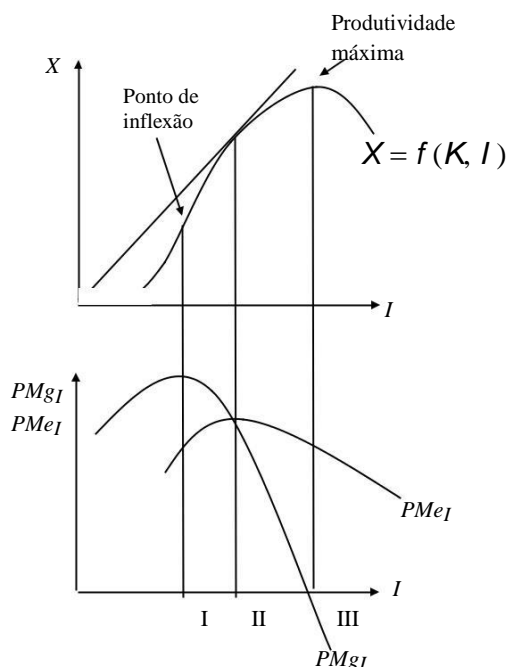
O aumento na produtividade é benéfico para o produtor rural porque, desta maneira, ele pode aumentar sua receita por área com a venda do produto. Entretanto, o aumento no uso de insumos para que esta maior produtividade seja alcançada gera também custos adicionais. Assim, o desafio para o produtor é estabelecer a quantidade de insumos que irá originar seu máximo retorno econômico. Para isto, utilizando apenas a área da função de produção representativa do segundo estágio de produção e multiplicando pelo preço do produto ( $P_x$ ), temos, na Figura 3, uma função representativa da receita do produtor. Multiplicando a quantidade do insumo fertilizante ( $I$ ) pelo seu preço ( $P_i$ ) temos representado, também na Figura 3, a função de custo. Nesta figura observa-se que, a produção máxima ( $X_{MAX}$ ) ocorre com a quantidade de insumo  $I_2$ . Neste ponto, a receita também é a máxima ( $VX_{MAX}$ ).

---

<sup>1</sup> Muitas tabelas de recomendação de adubação descrevem níveis diferentes de insumo para diferentes níveis de produtividade esperada da cultura agrícola. Esta informação pode, indiretamente, ser utilizada para, por exemplo, em situações de baixo nível do preço do produto e, ou, alto nível do preço do insumo, uma recomendação considerando uma quantidade menor de fertilizante possa ser utilizada. Entretanto, não se tem uma relação direta entre esta relação de preços e as recomendações. Tal relação seria, inclusive, muito difícil de ser colocada no formato destas tabelas uma vez que podemos ter infinitas destas relações. A Figura 1 descreve o comportamento de algumas destas relações de preço apenas para os últimos 15 anos, e utilizando dados do Estado de São Paulo.

## ANAIS

Entretanto, este ponto não corresponde ao nível de produção que origina o máximo de retorno econômico para o produtor, que é o seu lucro ( $\pi$ ). O máximo lucro para o produtor, descrito como  $\pi_A$  nesta figura, corresponde à quantidade de insumo  $I_1$ , que origina um nível de produção  $X_A$  e receita  $VX_A$ , menor do que àquela descrita para o ponto de máxima produção ( $VX_{MAX}$ ).



**Figura 2** – Representação da função de produção agrícola  
**Fonte:** Ferguson (1988).

Assim, podemos conceituar dois termos distintos: o de produtividade máxima (PM) e o de produtividade máxima econômica (PME). No caso descrito na Figura 3, a produtividade máxima (PM) ocorre para o nível de insumo  $I_2$ , originando o nível máximo de produtividade ( $X_{MAX}$ ), e a PME ocorre para o nível de insumo  $I_1$ , originando a produtividade  $X_A$ , onde o produtor têm o maior nível de lucro.

Estas representações gráficas das funções de produção e de lucro podem também ser descritas de maneira algébrica, e são representadas, respectivamente, pelas equações (1) e (2):

$$X = a + bI + cI^2 \quad (1)$$

$$\pi = a_1 + a_2I + a_3I^2 - a_4I \quad (2)$$

onde “a”, “b” e “c” são valores numéricos que indicam, respectivamente, a constante, o coeficiente linear e o coeficiente angular da equação que representa a função de produção. Para que esta função seja representada por uma curva conforme descrita na Figura 2, o coeficiente linear (“b”) deve ser o número positivo e o coeficiente angular (“c”) deve ser um valor negativo.

A maneira matemática de obter os pontos de máxima produtividade (PM) e de máxima produtividade econômica (PME) da cultura a partir destas funções ocorre igualando a zero a primeira derivada da função em relação ao insumo  $I$ . As equações (3) e (4) descrevem esta derivação:

$$\frac{dX}{dI} = b + 2cI = 0 \quad (3)$$

$$\frac{d\pi}{dI} = a_2 + 2a_3I - a_4 = 0 \quad (4)$$

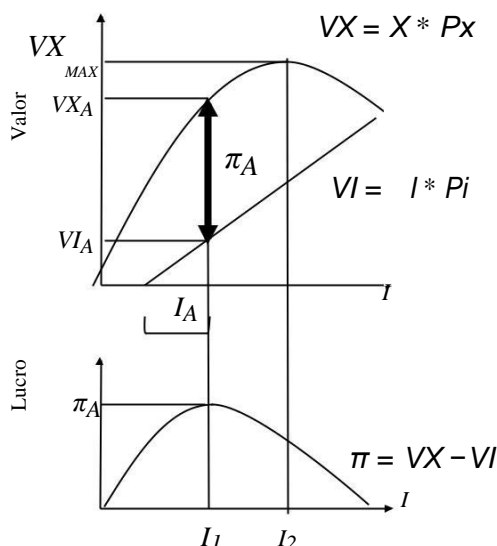
Isolando a variável que indica a quantidade do insumo ( $I$ ) nestas equações tem-se as quantidades do insumo que representam a PM e a PME. As equações (5) e (6) indicam,

## ANAIS

respectivamente, o cálculo utilizado, a partir das funções de produção e de lucro, que correspondem aos pontos de PM e PME.

$$= \frac{(P_1 - P_2) \cdot X}{(P_1 - P_2) \cdot X} \quad (5)$$

$$= \frac{(P_1 - P_2) \cdot X}{(P_1 - P_2) \cdot X} \quad (6)$$



**Figura 3** – Representação da receita, custo e do lucro do produtor elaborados a partir da função de produção agrícola

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Portanto, a maneira economicamente mais eficiente de se conhecer o nível do insumo a ser aplicado em determinada cultura é estimando a equação (6). Entretanto, verifica-se nesta equação que seu valor pode variar conforme variar também os preços do produto e do insumo, o que é muito comum na economia. Esta grande variação no preço de produtos agrícolas ocorre uma vez que sua produção é altamente dependente das condições climáticas, que podem alterar, de maneira significativa, a oferta destes produtos. Por outro lado o preço dos insumos também sofre alterações em função de condições econômicas diversas, inclusive em função da variação na taxa de câmbio da economia brasileira, dado que o país é importador líquido deste insumo. A Figura 1 mostra esta oscilação no preço dos produtos agrícolas e insumos analisados neste trabalho nos últimos 15 anos na economia brasileira. Diante disto fica a questão: será que as tabelas de recomendação de adubação atualmente utilizadas no país realmente refletem os níveis de insumo que correspondem ao ponto de maximização de lucro do produtor? E se não, em quanto a consideração destes preços para estabelecer o PME ao invés do uso destas tabelas pode estar afetando o lucro do produtor? O próximo item descreve o método e dados utilizados para responder esta questão assim como as análises realizadas a partir destas questões.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

Para obter as recomendações relacionadas aos pontos de máximo econômico são necessárias as seguintes informações: função de resposta do milho e da soja a cada um dos macronutrientes; preço destes produtos agrícolas e de cada um dos nutrientes. As funções de produção utilizadas neste estudo foram obtidas da literatura e estão descritas na Tabela 1, assim como a fonte do estudo que originou tal função. Nesta tabela são também apresentados as quantidades de cada nutriente que origina o ponto de máxima produtividade física (PM), calculado conforme descrito na equação (5).

A influência dos preços de milho, soja, nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) foi analisada para alguns cenários de preços, atendendo ao intervalo dos preços reais

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

## ANAIS

observados no país nos últimos quinze anos (janeiro de 2000 a outubro de 2015). Todos os preços foram deflacionados para outubro de 2015 de maneira que pudessem ser comparados os diferentes cenários. Para isto foi utilizado o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) disponibilizado por FGV (2016).

**Tabela 1.** Funções de produção utilizadas para produção de milho e soja, com respectivas fontes e níveis de nutrientes que originam o ponto de máxima produtividade (PM)

Produto agrícola (X)	Nutriente Avaliado (I)	Função de produção	Fonte	Quantidade de nutriente no PM (Kg/ha)
Milho	Nitrogênio (N)	$X=651+28,9*I-0,13*I^2$	Lucena et al. (2000)	111
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	$X=814,28+14,62*I-0,037*I^2$	Lucena et al. (2000)	198
	Potássio (K <sub>2</sub> O)	$X=-2981+115,5*I-0,318*I^2$	Silva & Ritchey (1982)*	182
Soja	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	$X=1.523+31,84*I-0,199*I^2$	Souza et al. (2014)	80
	Potássio (K <sub>2</sub> O)	$X=2.726+13,415*I-0,068*I^2$	Leal et al. (2015)	98

Nota: \*Equação estimada a partir do gráfico da função de produção apresentada naquele estudo.

Em relação aos preços dos macronutrientes, uma vez que há diferentes fertilizantes que os contém, os preços dos mesmos para compor a análise realizada neste estudo foram os seguintes: uréia, que contém 45% de N; fosfato simples, que computa 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e; cloreto de potássio, que conta com 60% de K<sub>2</sub>O. A Figura 1 mostra a relação entre os preços de milho e soja e cada um dos insumos avaliados para estas culturas no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015.

Com as funções de produção e os preços foram estimadas as quantidades ótimas (que origina a PME) de cada fertilizante, em cada cultura, pela equação (6) descrita na seção anterior. Já o lucro do produtor, por unidade de área (R\$/ha) foi estimado conforme descrito na equação (2).

Entretanto, a quantidade de fertilizante aplicado não é necessariamente igual ao nível que acarreta a PME, uma vez que a análise de solo pode indicar já algum nível do nutriente no solo. Isto ocorre para fósforo e potássio. O nitrogênio não é analisado uma vez que é muito móvel no solo e, portanto, são aplicadas suas quantidades totais indicadas para o nível de PME. Os níveis destes nutrientes no solo são usualmente classificados na unidade de mg/dm<sup>3</sup> de solo. A Figura 4 mostra os limites máximos de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O) que algumas das principais literaturas referentes à classificação de solos descreve para níveis considerados muito baixo, baixo, médio e bom destes nutrientes. A descrição dos níveis descritos nesta figura foi feita de maneira aproximada uma vez que nestas classificações há variações não apresentadas nesta figura considerando critérios como teor de argila (Ribeiro et al., 1999; Sousa & Lobato, 2004; Manual, 2003 e Oliveira, 2003); tipo de cultura (Raij et al., 1996); região do país (Malavolta, 1989) e capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (Sousa & Lobato, 2004 e Manual, 2003).

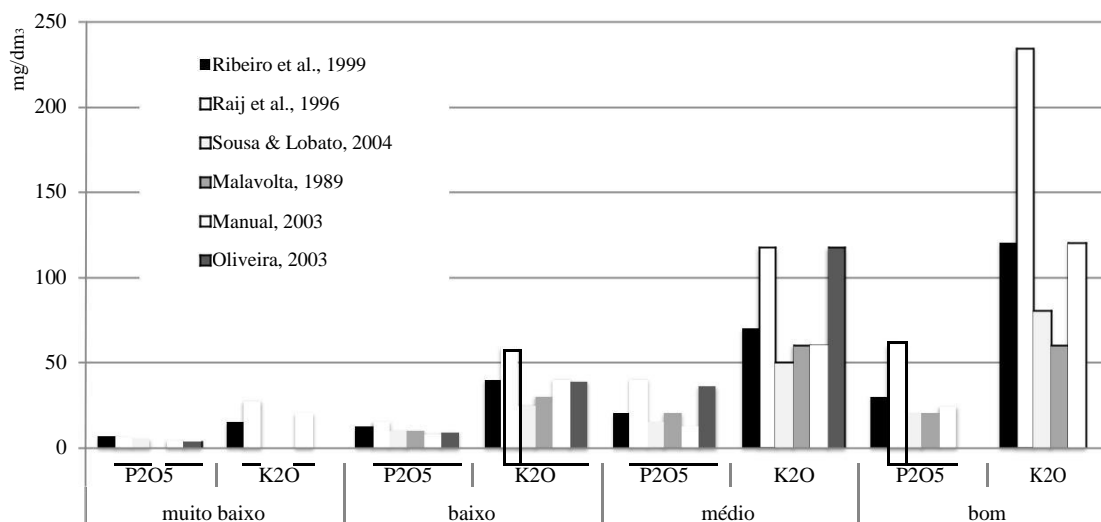
Para as análises realizadas neste estudo foram considerados três diferentes níveis de fertilidade do solo, para cada um dos nutrientes analisados. A Tabela 2 descreve os níveis de nutrientes em cada uma das três condições de solo utilizadas. Foi considerado os limites máximos de cada classe compondo o nível de nutriente da classe seguinte. Ou seja, a média dos limites máximos utilizados para classificar o solo como tendo nível muito baixo de nutriente foi o valor utilizado para o solo com baixo nível de nutriente distrito na Tabela 2. O valor médio do limite máximo de nutriente no solo utilizado para classifica-lo como “baixo”

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.

## ANAIS

foi utilizado como a quantidade de nutriente contida no solo classificado como “médio” neste estudo. Já a média do limite máximo de nutriente que classifica o solo como sendo “médio” foi utilizado neste estudo como parâmetro para o cenário do solo com “bom” nível de nutriente neste estudo.



**Figura 4.** Limites máximos de fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) para solos com níveis destes nutrientes considerados muito baixo, baixo, médio e bom destes nutrientes, em  $mg/dm^3$ .

**Fonte:** elaborado pelos autores, a partir de: Ribeiro et al., 1999; Sousa & Lobato, 2004; Manual, 2003; Oliveira, 2003; Raij et al., 1996 e Malavolta, 1989.

**Tabela 2.** Níveis de nutrientes, em  $kg/ha$ , de fósforo (em  $P_2O_5$ ) e potássio (em  $K_2O$ ) utilizados como parâmetro para analisar o impacto em solos classificados como de níveis: baixo, médio e bom daqueles nutrientes

	baixo	médio	bom
Fósforo - $P_2O_5$	9.8	21.3	47.7
Potássio - $K_2O$	41.5	77.5	158.0

**Fonte:** elaborado pelos autores, a partir de: Ribeiro et al., 1999; Sousa & Lobato, 2004; Manual, 2003; Oliveira, 2003; Raij et al., 1996 e Malavolta, 1989.

Uma outra diferença dos valores descritos na Tabela 2 em relação àqueles apresentados na Figura 4 é que, nesta tabela, os níveis de nutrientes foram transformados de  $mg/dm^3$  para  $kg/ha$ . Isto foi feito com o propósito de ficar mais claro a concentração dos nutrientes que já existiam e da quantidade que será aplicado. Assim, há uma padronização das unidades utilizadas com relação à quantidade de nutrientes já existentes, a quantidade ótima (PME) e a quantidade adicionada, seja para complementar àquela da PME como para aplicar conforme o indicado pelas tabelas de recomendação.

Entretanto, este método de adição de fertilizante, complementando àquele recomendado para a PME a quantidade que o solo já disponibiliza, não é o método utilizado pelos agricultores no país. O que atualmente predomina é o uso das tabelas de recomendação, adotadas pelos produtores e extensionistas para decidir a quantidade de fertilizantes a ser aplicado em sua lavoura. A Tabela 3 descreve as indicações de adubação para a(s) cultura(s) agrícola(s) analisada(s) neste estudo considerando algumas destas principais tabelas de recomendação utilizadas no Brasil.

A construção da Tabela 3 foi feita de maneira aproximada uma vez que as recomendações são, para algumas das fontes citadas, feitas com base em algumas diferentes expectativas de rendimento da cultura. Assim, foi adotado como critério o uso da quantidade de insumo que origina o maior nível de rendimento, quando esta variável foi considerada.

## ANAIS

Para não superestimar a simulação do impacto para o uso do nutriente segundo estas tabelas de recomendação, o nível de nutriente aplicado neste caso foi considerado como a menor quantidade descrita na Tabela 3 entre as diferentes fontes descritas. Este níveis estão em negrito nesta tabela e corresponde ao descrito no: Manual (2004) para os níveis de nitrogênio (N) no milho; Oliveira (2003) para fósforo (P) e potássio (K) no milho e; Rajj et al. (1996) para os níveis de fósforo (P) e potássio (K) na cultura da soja.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação segundo alguns dos principais manuais usados no país, em kg/ha

			Sousa & Lobato (2004)	Rajj et al. (1996)	Ribeiro et al. (1999)	Manual (2004)	Oliveira (2003)
Milho	N	solo pobre		170	160	<b>90</b>	180
		solo médio	210	170	160	<b>90</b>	180
		solo rico	210	170	160	<b>90</b>	180
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	solo pobre		100	120	125	<b>90</b>
		solo médio	120	70	100	85	<b>70</b>
		solo rico	60	50	70	75	<b>50</b>
	K <sub>2</sub> O	solo pobre		160	90	110	<b>70</b>
		solo médio	150	130	80	70	<b>60</b>
		solo rico	150	100	60	60	<b>50</b>
Soja	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	solo pobre		<b>80</b>	120	110	
		solo médio	100	<b>50</b>	80	70	
		solo rico	50	<b>40</b>	40	60	
	K <sub>2</sub> O	solo pobre		<b>80</b>	120	125	
		solo médio	100	<b>60</b>	80	85	
		solo rico	70	<b>40</b>	40	75	

**Fonte:** elaborado pelos autores, a partir de: Ribeiro et al., 1999; Sousa & Lobato, 2004; Manual, 2003; Oliveira, 2003; Rajj et al., 1996 e Malavolta, 1989.

Considerando então as informações previamente descritas, foram então simuladas as variações no lucro para o produtor rural calculando a diferença de lucratividade ao considerar as informações na Tabela 1 com o lucro estimado simulado caso o produtor considere as informações da Tabela 3 para as recomendações de adubação. A variação no lucro ( $\Delta\pi$ ) é estimada da seguinte maneira:

$\Delta\pi = [X_a * P_X - I^A * P_I] - [X_b * P_X - I^B * P_I]$  (7) onde  $X_a$  corresponde ao nível de produtividade ao utilizar a quantidade de insumo  $I_a$ , o qual foi calculado para o ponto de máxima produtividade econômica considerando as funções de produção e preços de produto ( $P_X$ ) e insumo ( $P_I$ ) como apresentado na equação (6). Como já descrito previamente, a quantidade de fertilizante aplicado ( $I^A$ ) não é necessariamente igual ao nível  $I_a$ , uma vez que a análise de solo pode indicar já algum nível do nutriente no solo. Assim,  $I_a = I^A +$  nutriente existente no solo. E  $X_b$  corresponde ao nível de produtividade correspondente à quantidade  $I_b$  de nutriente disponível para a planta. Esta quantidade refere-se à quantidade de nutriente recomendada pelas tabelas de referencia atualmente encontradas na literatura ( $I^B$ ) adicionado ao nível do nutriente no solo já existente no solo. Assim,  $I_b = I^B +$  nutriente existente no solo

Os preços pagos ao produtor para milho e soja e os preços de mercado de cada um dos nutrientes analisados foi estabelecido considerando alguns cenários para os preços observados no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015. Além disto, todos os preços foram



## ANAIS

deflacionados para 2015 utilizando o IGP-DI (FGV, 2016), de maneira que os cenários possam ser comparáveis.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados oito cenários de preços dos produtos e insumos: (A) Preços médios reais observado no período de janeiro a outubro de 2015; (B) Preço vigente em janeiro de 2000; (C) Preço vigente em outubro de 2008; (D) Preço mínimo para os produtos milho e soja e máximo para cada um dos macronutrientes, no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015; (E) Preço máximo para os produtos milho e soja e preço mínimo para os macronutrientes, considerando o período de janeiro de 2000 a outubro de 2015; (F) Preços máximos para os produtos milho e soja e para cada um dos macronutrientes, no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015; (G) Preços mínimos, tanto para os produtos quanto para os macronutrientes, observado o período de janeiro de 2000 a outubro de 2015 e; (H) Preços médios reais para o ano de 2009. Para todos os cenários os preços foram previamente deflacionados pelo IGP-DI (FGV, 2016) e estão expressos a preços de outubro de 2015. Uma vez que estes preços foram deflacionados para outubro de 2015 eles podem ser comparados.

O primeiro resultado importante a ser obtido são as quantidades ótimas de cada nutriente, ou seja àquela que origina o PME, para cada produto/insumo analisado. Estas quantidades são definidas igualando a zero a primeira derivada da função lucro de cada função analisada conforme descrito na seção 2. Na Tabela 4 são descritos os níveis de cada um dos macronutrientes calculado para cada uma das condições de preço que originam o ponto de máximo econômico (PME) para o produtor, assim como os preços (deflacionados para 2015) dos produtos e de cada um dos nutrientes que originaram àqueles resultados.

Assim, no período de 2000 a 2015 foi observado, à preços reais de 2015, tanto preço R\$1.017 por tonelada de milho e R\$1.616/ton. de soja quanto R\$353 e R\$692 por tonelada de milho e soja, respectivamente. Já para a tonelada de nitrogênio (preço do nutriente e não do fertilizante que o contem), foi observado desde valores de R\$3.165 a R\$7.043. Para a tonelada do nutriente fósforo, observou-se valores desde R\$4.554 a R\$11.266 e; para a tonelada do potássio, entre R\$2.800 e R\$6.373. Dada tais disparidades com as quais os preços, tanto dos produtos agrícolas quanto dos fertilizantes (e, consequentemente, dos nutrientes), estão sujeitos no mercado, verifica-se que os níveis economicamente mais eficientes que seriam recomendados em cada situação podem igualmente variar em níveis que dobram ou caem pela metade dependendo da condição de preços. A constatação da grande mudança no nível ótimo econômico dos nutrientes causados pela variação nos preços neste período já mostra a importância de não haver uma recomendação de adubação padrão, como ocorre atualmente. Verifica-se também, conforme esperado, que todas as quantidades de nutrientes que originam os PME são inferiores àquelas descritas para o produto atingir o ponto de máxima produtividade física (PM), descrita na Tabela 1.

Entretanto, as quantidades de fósforo e potássio a serem adicionados para atingir o PME dependem, também, se está se considerando uma situação de solo com baixo, médio ou bom níveis dos nutrientes pré-existentes no solo. Neste sentido, a quantidade do nutriente a ser aplicado para atingir o PME, corresponde a subtração do nível do nutriente descrito na Tabela 4 ( $I_a$ ) pelo nível já existente no solo em cada condição considerada (Tabela 2). Este valor é descrito nas Tabelas 5 e 6, respectivamente, para o milho e a soja, como  $I^A$ . Onde:  $I^A = I_a - \text{nutriente no solo}$ .

Além do nível de nutriente aplicado ( $I^A$ ) necessário para atingir o nível de PME ( $I_a$ ), as Tabelas 5 e 6 descrevem também os valores das variáveis  $I^B$ ,  $X_a$  e  $X_b$ , em cada condição de solo, e nos oito cenários analisados para o milho e a soja, respectivamente. Como pode ser observado nestas tabelas, os níveis de nutrientes aplicados considerando os manuais de

## ANAIS

recomendação ( $I^B$ ) não sofreram variações entre os cenários de preços analisados. Isto ocorreu porque estes preços não são variáveis que influenciam naqueles níveis recomendados. Assim, na produção de milho em solos com baixo nível de fertilidade para fósforo e potássio, observamos que, enquanto as tabelas de recomendação de adubação sugerem níveis de nitrogênio, fósforo e potássio de 90, 90 e 70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, estes níveis seriam sempre maiores para o potássio (K) se fosse considerado os níveis indicados para obter o PME, em todos os cenários de preços considerados neste estudo.

**Tabela 4.** Preços reais de 2015 dos produtos e dos insumos em cada cenário analisado e as quantidades de insumo no Ponto de Máximo Econômico (PME)

Cenários de preços	Produto	Insumo avaliado	Preço produto ( $P_X$ )	Preço insumo ( $P_I$ )	Quantidade de insumo no PME ( $I_a$ )
A: média jan-out/2015	Milho	Nitrogênio (N)	418	4,357	71
		Fósforo (P)		7,010	-
		Potássio (K)		3,191	170
	Soja	Fósforo (P)	1,073	7,010	64
		Potássio (K)		3,191	76
		Nitrogênio (N)		3,207	97
B: jan/2000	Milho	Fósforo (P)	868	6,097	103
		Potássio (K)		3,099	176
		Nitrogênio (N)		6,097	65
	Soja	Potássio (K)	1,020	3,099	76
		Fósforo (P)		7,043	60
		Nitrogênio (N)		10,271	-
C: out/2008	Milho	Fósforo (P)	527	5,630	165
		Potássio (K)		10,271	55
		Nitrogênio (N)		5,630	58
	Soja	Potássio (K)	1,030	7,043	34
		Fósforo (P)		11,266	-
		Nitrogênio (N)		6,373	153
D: valor mínimo para o produto e máximo para o nutriente	Milho	Fósforo (P)	353	11,266	39
		Potássio (K)		6,373	31
		Nitrogênio (N)		3,165	99
	Soja	Fósforo (P)	692	4,554	137
		Potássio (K)		2,800	177
		Nitrogênio (N)		4,554	73
E: valor máximo para o produto e mínimo para o nutriente	Milho	Fósforo (P)	1,017	2,800	85
		Potássio (K)		7,043	85
		Nitrogênio (N)		11,266	48
	Soja	Fósforo (P)	1,616	6,373	172
		Potássio (K)		11,266	62
		Nitrogênio (N)		6,373	69
F: valores máximos para o produto e nutrientes	Milho	Fósforo (P)	1,017	3,165	77
		Potássio (K)		4,554	23
		Nitrogênio (N)		2,800	169
	Soja	Fósforo (P)	692	4,554	63
		Potássio (K)		2,800	68
		Nitrogênio (N)		4,325	76
G: valores mínimos para o produto e o nutriente	Milho	Fósforo (P)	472	6,343	16
		Potássio (K)		5,311	164
		Nitrogênio (N)		6,343	66
	Soja	Fósforo (P)	1,111	5,311	63
		Potássio (K)			
		Nitrogênio (N)			
H: média 2009	Milho	Fósforo (P)	472	6,343	16
		Potássio (K)		5,311	164
		Nitrogênio (N)		6,343	66
	Soja	Fósforo (P)	1,111	5,311	63
		Potássio (K)			
		Nitrogênio (N)			

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

# ANAIS

**Tabela 5.** Quantidades de nutriente aplicados e níveis de produtividade do milho para o nível economicamente ótimo (PME) e àqueles indicados nas tabelas de recomendação de adubação, sob três condições de fertilidade do solo e cenários de preços, em kg ha<sup>-1</sup>

Nível nutriente no solo	Baixo			Médio			Bom		
Produto/ Insumo	Milho/ N	Milho/ P	Milho/ K	Milho/ N	Milho/ P	Milho/ K	Milho/ N	Milho/ P	Milho/ K
$I^B$	90	90	70	90	70	60	90	50	50
<b>Cenário A: média preços jan-out/2015</b>									
$I^A$	71	-	128	71	-	92	71	-	12
$X_a$	2,048	955	7,475	2,048	1,109	7,475	2,048	1,427	7,475
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário B: preço de jan/2000</b>									
$I^A$	97	93	135	97	81	99	97	55	18
$X_a$	2,231	1,925	7,511	2,231	1,925	7,511	2,231	1,925	7,511
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário C: preço de out/2008</b>									
$I^A$	60	-	123	60	-	88	60	-	7
$X_a$	1,914	955	7,431	1,914	1,109	7,431	1,914	1,427	7,431
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário D: preço mínimo para o produto e máximo para os nutrientes</b>									
$I^A$	34	-	112	34	-	76	34	-	-
$X_a$	1,491	955	7,265	1,491	1,109	7,265	1,491	1,427	7,341
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário E: preço máximo para o produto e mínimo para os nutrientes</b>									
$I^A$	99	127	136	99	116	100	99	89	19
$X_a$	2,239	2,123	7,515	2,239	2,123	7,515	2,239	2,123	7,515
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário F: preços máximos para o produto e nutrientes</b>									
$I^A$	85	38	130	85	27	94	85	0	14
$X_a$	2,165	1,429	7,490	2,165	1,429	7,490	2,165	1,429	7,490
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário G: preços mínimos para o produto e o nutriente</b>									
$I^A$	77	13	128	77	2	92	77	-	11
$X_a$	2,102	1,134	7,472	2,102	1,134	7,472	2,102	1,427	7,472
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303
<b>Cenário H: média preços de 2009</b>									
$I^A$	76	6	123	76	-	87	76	-	6
$X_a$	2,096	1,040	7,422	2,096	1,109	7,422	2,096	1,427	7,422
$X_b$	2,199	1,905	5,952	2,199	1,841	6,897	2,199	1,889	7,303

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Entretanto, considerando a PME nas situação de preços apresentadas nos cenários estes níveis seriam menores nos cenários: A (71 e 0 kg ha<sup>-1</sup>); C (60 e 0 kg ha<sup>-1</sup>); D (34 e 0 kg ha<sup>-1</sup>); F (85 e 38 kg ha<sup>-1</sup>); G (77 e 13 kg ha<sup>-1</sup>) e; H (76 e 6 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente, para níveis de N e P. Já nas condições de preços apresentadas nos cenários B e E, os níveis de N e P indicados para obter o PME seriam iguais ou maiores do que àqueles descritos nas tabelas

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.

## ANAIIS

de recomendação: de 97 e 93 kg ha<sup>-1</sup> no cenário B e; 90 e 127 kg ha<sup>-1</sup> no cenário E, respectivamente, para os níveis de N e P.

**Tabela 6.** Quantidades de nutriente aplicados e níveis de produtividade da soja para o nível economicamente ótimo (PME) e àqueles indicados nas tabelas de recomendação de adubação, sob três condições de fertilidade do solo e cenários de preços, em kg ha<sup>-1</sup>

Nível nutriente no solo	Baixo		Médio		Bom	
Produto/ Insumo	Soja/P	Soja/K	Soja/P	Soja/K	Soja/P	Soja/K
<i>I<sup>B</sup></i>	80	80	50	60	40	40
<b>Cenário A: média preços jan-out/2015</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	54	35	42	-	16	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,743	3,350	2,743	3,354	2,743	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário B: preço de jan/2000</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	55	34	44	-	17	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,752	3,349	2,752	3,354	2,752	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário C: preço de out/2008</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	45	17	34	-	7	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,672	3,274	2,672	3,354	2,672	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário D: preço mínimo para o produto e máximo para os nutrientes</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	29	-	18	-	-	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,464	3,165	2,464	3,354	2,589	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário E: preço máximo para o produto e mínimo para os nutrientes</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	63	44	52	8	25	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,787	3,372	2,787	3,372	2,787	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário F: preços máximos para o produto e nutrientes</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	53	28	41	-	15	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,736	3,326	2,736	3,354	2,736	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário G: preços mínimos para o produto e o nutriente</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	54	27	42	-	16	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,742	3,323	2,742	3,354	2,742	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697
<b>Cenário H: média preços de 2009</b>						
<i>I<sup>A</sup></i>	56	22	44	-	18	-
<i>X<sub>a</sub></i>	2,756	3,299	2,756	3,354	2,756	3,136
<i>X<sub>b</sub></i>	2,777	3,345	2,782	3,276	2,785	2,697

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.

## ANAIS

Verifica-se que, utilizando o cálculo da PME para corrigir os nutrientes no solo da lavoura, as concentrações de nitrogênio e fósforo são menores do que àquelas descritas nas tabelas de recomendação de adubação utilizadas nos cenários: A, C, D, F, G e H. Já nas condições de preços descritas nos cenários B e E, os níveis dos nutrientes nitrogênio e fósforo seriam maiores utilizando o cálculo da PME. Comparando os níveis de potássio aplicados em solos com médio nível de fertilidade neste nutriente, nas duas situações de cálculo da quantidade de nutriente aplicado, observa-se o mesmo comportamento verificado para solos com baixo nível deste nutriente. Ou seja, utilizando o cálculo da PME o nível de potássio aplicado foi superior ao recomendado nas tabelas em todos os cenários de preços analisados. Comportamento contrário foi observado para condições de solo com bom nível de potássio: utilizando o cálculo da PME, o nível aplicado deste nutriente foi inferior ao recomendado nas tabelas em todos os cenários. Os níveis de produtividade acompanham o comportamento descrito da comparação entre as quantidades de nutrientes aplicadas nas duas situações: a - cálculo da PME e b - tabelas de recomendação de adubação. Ou seja, nas situações onde se aplicou maiores níveis de nutrientes a produtividade ( $X$ ) foi maior e vice versa. Isto mostra que não houve aplicação de nutriente em um nível acima daquele para a PM da cultura.

Já para a soja (Tabela 6) o comportamento foi diferente do observado para o milho. Em todas as situações de fertilidade de solo e cenários de preços analisados, a quantidade de nutriente calculado utilizando o cálculo da PME foi inferior àquela sugerida nas tabelas de recomendação de adubação da Tabela 3. Além disto, observou-se também que, exceto para a aplicação de fósforo em solo com médio nível de fertilidade, em todas as demais situações, o nível dos nutrientes fósforo e potássio disponíveis para a planta ( $I_b$ ) quando se considerou as quantidades indicadas naquelas tabelas de recomendação ( $I^B$ ), foi superior às quantidades estabelecidas nas funções de produção da soja utilizadas para obter o nível de produtividade máxima física (PM), descritas na Tabela 1. Assim, enquanto o nível de fósforo necessário para atingir a PM da soja segundo a função de produção descrita na Tabela 1 foi de  $80 \text{ kg*ha}^{-1}$ , ao somar o nível inicial de nutrientes no solo (Tabela 2) com os níveis recomendados ( $I^B$ , na Tabela 6), tem-se uma quantidade de fósforo disponível para a planta ( $I_b$ ) de 90 e 89  $\text{kg*ha}^{-1}$ , respectivamente, para solos com baixo e bom níveis de fertilidade neste nutriente. Para o caso do potássio, o nível necessário para atingir a PM da soja segundo a função de produção utilizada foi de  $98 \text{ kg*ha}^{-1}$ . E a quantidade de potássio disponível para a planta ( $I_b$ ), obtido ao somar o nível inicial deste nutriente no solo (Tabela 2) com os níveis recomendados ( $I^B$ , na Tabela 6), é de 121, 145 e 223  $\text{kg*ha}^{-1}$ , respectivamente, para solos com baixo, médio e bom níveis de fertilidade neste nutriente. Conforme descrito na Figura 2, a produtividade reduz após o nível de nutriente que origina o PM. Portanto, esta condição de níveis de nutrientes disponíveis superiores ao de PM foi o responsável por se observar níveis de produtividade quando considerada as tabelas de recomendação de adubação ( $X_b$ ) inferiores àqueles estimados utilizando o cálculo da PME ( $X_a$ ) em algumas situações.

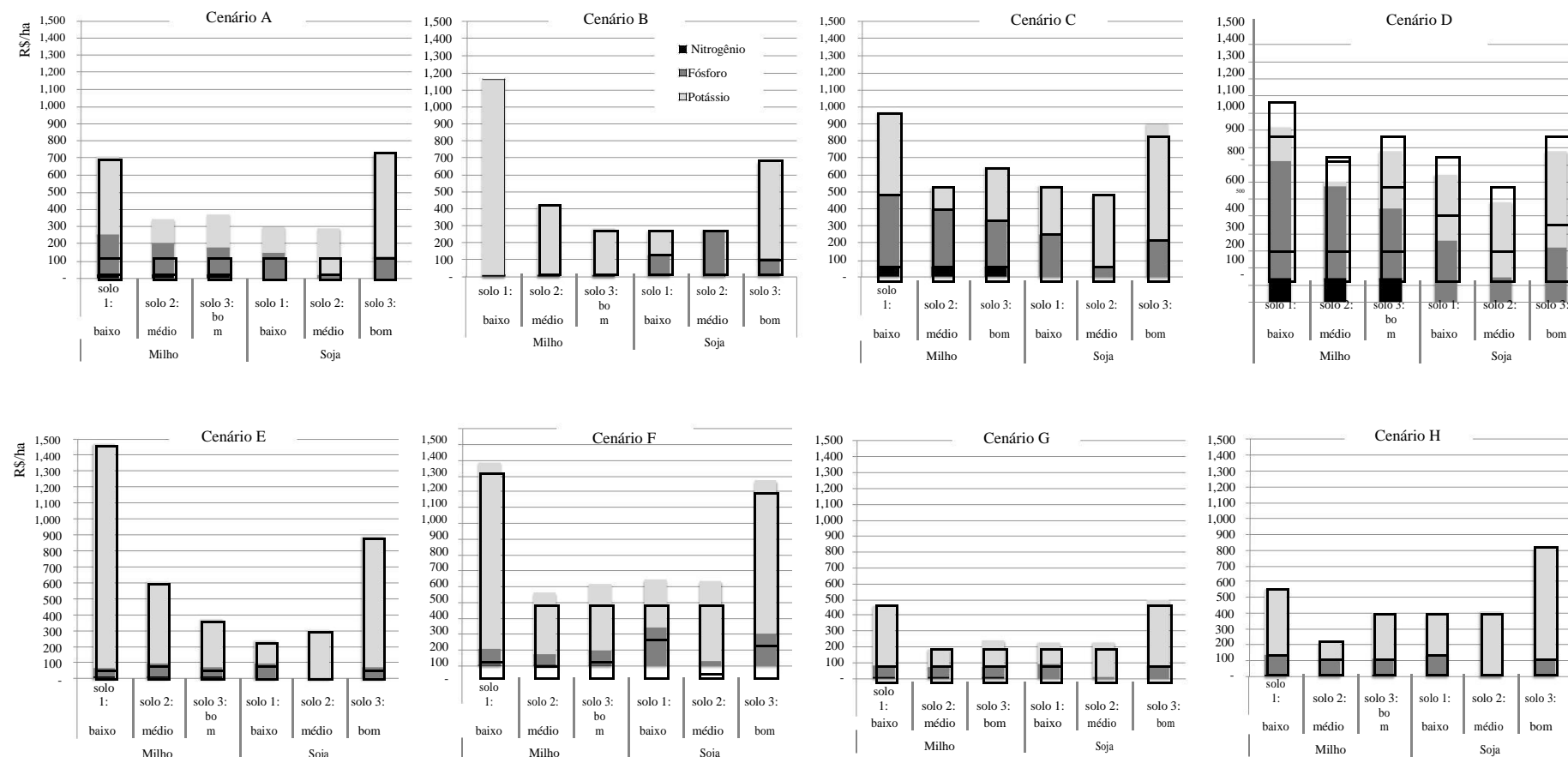
De maneira geral, e tanto para o milho quanto para a soja, entre as condições de preços analisadas, os níveis de nutrientes recomendados, utilizando o cálculo da PME, foram os menores para os cenários C e D. Os altos níveis de preços dos nutrientes e baixos preços do milho foram os fatores que contribuíram para este comportamento. Nestes dois cenários (C e D) observa-se os menores níveis de preços para o produto agrícola, milho, e os preços mais elevados para os nutrientes analisados, no período de janeiro de 2000 a outubro de 2015.

Aplicando os valores apresentados nas Tabelas 2, 4, 5 e 6 na fórmula descrita na equação (7) tem-se a variação no lucro do produtor rural decorrente da alteração na aplicação dos nutrientes seguindo as tabelas de recomendação para uma recomendação que considera a função de produção do produto e os preços de mercado vigentes. Esta variação no lucro, por hectare cultivado de milho e soja, é descrita nos gráficos da Figura 5, para cada cenário.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.

## ANAIS



**Figura 5.** Valor estimado do lucro do produtor resultante da aplicação dos macronutrientes calculado via função de produção das culturas e preços de mercado subtraído do valor do lucro obtido quando a aplicação segue as tabelas de recomendação. Em R\$/ha a preços de 2015, para milho e soja, avaliado em três condições de fertilidade do solo e diferentes cenários de preços

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

**Nota:** Cenário A indica a média preços jan-out/2015; Cenário B representa os preços de jan/2000; Cenário C monta os preços de out/2008; Cenário D considera o preço mínimo para o produto e máximo para os nutrientes no período; Cenário E usa o preço máximo para o produto e mínimo para os nutrientes; Cenário F emprega os preços máximos para o produto e nutrientes; Cenário G utiliza os preços mínimos para o produto e o nutriente e; Cenário H empregou a média preços de 2009.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO.** *Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos*, Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.

## ANAIS

Inicialmente identifica-se nesta figura que a situação de aplicar a dose da PME, em quaisquer dos cenários analisados, em comparação com a condição de aplicar as doses recomendadas nos manuais, gera ganho econômico para o produtor. Ou seja, a diferença na lucratividade entre estas duas condições foi sempre positiva para o método da PME. Considerando o aumento da lucratividade alcançado para a mudança no nível dos três nutrientes aplicados, observa-se que os maiores valores foram obtidos quando a mudança ocorreu na produção de milho em solos com baixo nível de fertilidade. O maior incremento de lucratividade alcançado foi de R\$1.468,55 por hectare, que ocorreu em um cenário onde o preço do milho foi o valor máximo observado de 2000 a 2015 e o preço dos nutrientes foi o mínimo verificado no mesmo período (cenário E). É interessante observar que os maiores ganhos de lucratividade alcançados em outras situações foram observados para o cenário de preços diametricamente oposto ao cenário E. Assim, em condições onde o preço do produto foi o mínimo e o preço do nutriente foi o máximo observado no período 2000-15 (cenário D) que os maiores ganhos de lucro foram obtidos para: o milho em solos de médio e bom níveis de fertilidade (R\$700 e R\$ 874 por hectare, respectivamente) e; para a soja em solos de baixo e médio níveis de fertilidade (respectivamente, R\$740 e R\$580 por hectare).

Já o aumento no lucro da soja produzida em solo com bom nível de fertilidade foi maior, entre os cenários de preços analisados, na situação onde foi simulado a ocorrência dos maiores preços observados no período 2000-15 tanto para a soja quanto para os nutrientes (cenário F). De outra maneira, os menores valores de aumento no lucro, por hectare, tanto para o milho como para a soja, foram observados no cenário G, onde tem-se os menores níveis de preços tanto dos produtos quanto dos nutrientes no período 2000-15. A produção de milho em solo com médio nível de fertilidade foi o que apresentou menor aumento de lucro (R\$182 por hectare) naquele cenário.

Verifica-se também nesta figura que foram, principalmente, a aplicação dos nutrientes potássio e fósforo, nesta ordem, aqueles que geraram maiores ganhos de lucro para o produtor quando os níveis de aplicação destes nutrientes foram calculados considerando a PME e não utilizando os níveis propostos nas tabelas de recomendação. E os maiores ganhos, considerando apenas estes nutrientes, foram observados nos cenários de preços E e D. No cenário E observa-se o maior ganho de lucro por hectare na produção de milho considerando apenas a mudança no nível de aplicação do potássio (R\$1.405) e no cenário D o maior incremento de lucro por hectare, também considerando o milho, mas apenas para a mudança no nível de aplicação do fósforo (R\$678). Ambas as situações ocorreram sob condição de solo com baixo nível de fertilidade. O cálculo de aumento no lucro do produtor ao mudar os níveis de aplicação de nitrogênio foram muito pequenos, embora sempre positivos. O maior aumento foi observado também no cenário D (condição de preços mínimo para o milho e máximo para o nitrogênio) e foi de R\$142 por hectare cultivado da gramínea.

Finalmente, e mais importante, observa-se como o aumento no lucro pode ser alterado quando são alterados os cenários de preços. Além do fato de se observar que o produtor sempre terá benefício econômico considerando os preços do produto e do insumo no cálculo do nível de nutriente a ser aplicado em sua lavoura, a magnitude desta variação no lucro, considerando apenas os cenários de preços descritos neste estudo, são resultados de extrema relevância como informação para tomada de decisão pelo produtor. Estes resultados mostram o quanto é importante, para a renda do produtor, uma correta recomendação dos níveis de nutrientes a serem aplicados em sua lavoura. Assim, é importante o desenvolvimento de um instrumento que considere a variação nos preços de mercado de produto e dos insumos nesta recomendação. Apenas para as condições de preços (cenários) analisadas neste estudo, o aumento no lucro do produtor para a produção de milho em solo com baixo nível de fertilidade sofreu uma variação de mais de mil Reais por hectare (aumento do lucro no cenário



**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

## ANAIS

E subtraído do aumento no lucro no cenário G), caso os preços variem nos níveis descritos naqueles cenários.

Uma hipótese importante à qual os resultados deste estudo estão sujeitos é que a produtividade do milho e da soja se comportam como descrito nas funções de produção utilizadas neste estudo.

Neste caso, para a média mensal dos preços de 2015 (jan. a out.) – Cenário A – os produtores de milho e de soja podem aumentar sua renda entre R\$340/ha e R\$700/ha ao ano, dependendo do tipo de solo, se fosse utilizada a quantidade de nutriente recomendada pela PME e não nos níveis das tabelas. Já se o cenário de preços for como o observado, por exemplo, em jan/2000 (Cenário B), este ganho poderá ficar entre cerca de R\$300/ha até acima de R\$1.100/ha para o milho ou R\$670/ha para a soja. Nos Cenários E e F (onde o preço é máximo para o produto e mínimo para o nutriente e, os preços são máximos para o produto e o nutriente, respectivamente) também foi observado uma grande variação no ganho de lucro do produtor ao variar as condições do solo. No Cenário E o ganho de lucro variou entre cerca de R\$230/ha para a soja em condição de solo com baixo nível de nutriente até quase R\$1.500/ha para milho nas mesmas condições de solo. No Cenário F, este ganho foi de R\$460/ha para milho em solo com médio nível de fertilidade a cerca de R\$1.300/ha para milho em solo menos fértil. Nos Cenário C e D (respectivamente, para os preços vigentes em outubro de 2008 e preço mínimo para o produto e máximo para os nutrientes) as variações no lucro foram menores ao alterar o tipo de solo e ficaram, em média, em torno de R\$670/ha (Cenário C) e R\$800/ha (Cenário D). Os Cenário G e H (onde os preços foram os menores observados para o produto e os nutrientes no período 2000 a 2015 e, onde os preços foram aqueles observados em 2009, respectivamente) também apresentaram ganho de lucro próximos ao mudar as condições de fertilidade do solo, mas com um patamar destes ganhos menores: R\$300/ha para Cenário G e R\$460/ha para Cenário H.

De maneira a se ter um ordem de grandeza destes aumentos no lucro para o produtor, estes valores foram transformados em percentual da receita do produtor, por ha, e é apresentada na Tabela 7. Como a produtividade e, conseqüentemente, a receita do produtor podem mudar de acordo com o método usado para a recomendação da adubação, é apresentado o percentual médio em relação a estas duas maneiras de estimar a receita do produtor. Verifica-se nesta tabela que o Cenário D foi o que apresentou os maiores ganhos, sendo estes acima de 100%. Isto ocorreu uma vez que, nas condições de preços daquele cenário (preço mínimo para o produto agrícola e máximo para os nutrientes, no período de 2000 a 2015), os níveis de nutrientes indicados nas tabelas de recomendação causavam prejuízo para o produtor rural. Com a mudança na recomendação o ganho em lucro foi muito alto, superando 100% da receita. Naquele cenário o ganho médio do lucro (para as três condições de solo) foi em média 34% do valor da receita do produtor naquele ano. O elevado percentual é favorecido também porque este cenário considerou o menor nível de preço do produto observado e, portanto, um baixo valor da receita. Em média, nos cenários analisados, o ganho do lucro foi acima de 10% da receita. Analisando por nutriente, a mudança no método de aplicação teve um impacto percentual no lucro do produtor maior para as aplicações de fósforo no milho e potássio na soja.

Uma hipótese implícita em todos estes resultados descritos é que os impactos da mudança nos níveis de recomendação dos três macronutrientes (N, P e K) e, conseqüentemente, os ganhos derivados desta mudança são adicionados. Entretanto, isto não necessariamente ocorre, uma vez que o efeito da interação entre os nutrientes analisados pode gerar impactos diferentes dos descritos para os efeitos individualizados nas funções de produção.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

## ANAIIS

**Tabela 7.** Percentuais do aumento médio para as condições de solo analisadas, do lucro do produtor resultante da aplicação dos macronutrientes calculado via função de produção das culturas e preços de mercado ao invés de seguir as tabelas de recomendação, para milho e soja, em relação a sua receita líquida

Cenários	Milho			Soja		Média
	N	P	K	P	K	
A	2%	32%	9%	3%	10%	<b>11%</b>
B	0%	0%	10%	3%	10%	<b>5%</b>
C	6%	45%	8%	6%	14%	<b>16%</b>
D	23%	106%	8%	15%	21%	<b>34%</b>
E	0%	3%	10%	1%	8%	<b>5%</b>
F	0%	5%	9%	4%	11%	<b>6%</b>
G	1%	13%	9%	3%	12%	<b>8%</b>
H	1%	15%	8%	3%	13%	<b>8%</b>
<b>Média</b>	<b>4%</b>	<b>27%</b>	<b>9%</b>	<b>5%</b>	<b>12%</b>	<b>11,5%</b>

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Esta mesma limitação permanece na análise realizada na próxima seção, uma vez que os resultados desta parte foram utilizadas. A seguir foi estimado o impacto em toda economia brasileira, caso as lavouras de milho e soja do país utilizassem os níveis dos nutrientes economicamente mais eficientes e não àqueles recomendados pelas tabelas. Neste sentido, foi pressuposto que estas tabelas de recomendação de adubação foram utilizadas, de acordo com os níveis descritos neste estudo (Tabela 3) em todas as lavouras.

## 5. CONCLUSÕES

Entre as questões colocadas para melhoria das condições da agricultura brasileira estão o aumento da produtividade e a redução de custos. Este estudo identificou um ponto onde atuar para atingir ambos propósitos. A adubação da produção agrícola é uma prática básica e essencial mas a qual, até os dias de hoje, é essencialmente guiada por tabelas padrões, que permanecem como guias por décadas, sem alterações.

Este estudo mostrou que há possibilidade de ganhos no lucro da produção agrícola derivado do aumento de produtividade e, ou, da redução no uso de fertilizante, mudando este instrumento de recomendação de adubação. Ao invés das tabelas usuais, partiu-se da teoria econômica de maximização de lucro e se utilizou este conceito para proceder às recomendações. Entretanto, para a maximização do lucro é necessário o conhecimento dos preços de mercado e, por isto, vários cenários considerando os preços observados no período de 2000 a 2015 foram analisados. A definição de diferentes cenários de preços foi também importante para mostrar como podem variar as recomendações, assim como a renda do produtor, quando estes preços se alteram.

Considerando, portanto, válidas as funções de produção utilizadas, as quais também são utilizadas como base para as tabelas de recomendação, ganhos substanciais de lucro para o produtor rural podem ser alcançados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERGUSON, C.E. **Microeconomia**. Ed: Forense Universitária. 1988.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1993. 42p. (Série Didática, 6).
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS-FGV. **Pesquisa. Instituto Brasileiro de Economia. Indicadores de Preços**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B6B6420E96>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Banco de Dados. Preços Agrícolas**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**

## ANAIS

- INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION – IFIA. **Statistics. Statistics Database. IFA.** Disponível em: < <http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx>>. Acesso em: 02 de fev. 2016.
- LEAL, A.J.F.; VALDERRAMA, M.; KANEKO, F.H.; LEAL, U.A.S.; PERIN, A.; LUCHESE, K.U.O. Produtividade da soja de acordo com diferentes doses de cloreto de potássio revestido ou não com polímeros. **Global Science and Technology**, v.8, n.1, p.19-30. 2015.
- LUCENA, L.F.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.334-337. 2000.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. rev. at. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.
- OLIVEIRA, E. L. de. (Coord.). **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2003. 30 p. (IAPAR. Circular Técnica, 128).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- SILVA, J.E.; RITCHEY, K.D. Adubação potássica em solos do cerrado. In: Anais Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira. Londrina. 1982.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p. il.
- SOUZA, J.R.; RIBEIRO, B.N.; RAPOSO, T.P.; FIORIN, J.E.; CASTRO, G.S.A.; MAGALHÃES, R.S. Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. **Acta Iguazu**, v.3, n.4, p.1-9. 2014.

**I SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO. Inserção do Agronegócio Brasileiro nas Cadeias Globais: Desafios Gerenciais e Tecnológicos, v.1 Jaboticabal-SP: 8 a 10 de junho de 2016.**