


Produtividade de milho e atributos químicos do solo em função de aplicação de soro ácido de leite

Engenheira agrônoma – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV) E-mail: samiraqueirozagronoma@gmail.com. **Samira Furtado de Queiroz** 

Professora da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), e-mail: mcp.cruz@unesp.com.br. **Mara Cristina Pessoa da Cruz** 

Engenheiro agrônomo - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), e-mail: Walter@agroestat.com.br. **Walter Maldonado Júnior** 

Professor do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), e-mail: lucas.braos@ifsuldeminas.edu.br. **Lucas Boscov Braos** 

Engenheira agrônoma – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), e-mail: bettiol236@gmail.com. **Aline Carla Trombeta Bettiol** 

RESUMO

O soro ácido de leite é um resíduo produzido em grande quantidade no Estado de Minas Gerais e em outros estados do Brasil, que pode ser utilizado como fertilizante. Os objetivos com este trabalho foram avaliar os atributos químicos do solo e a resposta de produtividade do milho à aplicação de soro ácido de leite. O experimento foi instalado em Frutal-MG, em Latossolo Vermelho distrófico de textura média, e conduzido nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016, nas mesmas parcelas. O delineamento foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos (doses de soro) e cinco repetições. As doses totais de soro foram equivalentes a 0, 62.500, 125.000, 187.500 e 250.000 L ha⁻¹ por ano, as quais foram divididas em três aplicações, aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura de milho, nos estádios V2, V4 e V6. Foram avaliados atributos químicos do solo, estado nutricional da planta e produtividade de grãos. Os valores de pH (CaCl₂) aumentaram e os teores de (H+Al) diminuíram em função das doses de soro na camada de 0-20 cm. As bases trocáveis aumentaram no solo, no primeiro ano, pela aplicação do soro ácido de leite, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. No segundo ano, os teores de K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis aumentaram pela aplicação do soro, mas foram menores em relação ao primeiro ano, apesar das duas aplicações de soro, o que evidencia baixo efeito residual do soro quando aplicado em solos com CTC baixa, como o Latossolo no qual o experimento foi instalado. Da diminuição do (H+Al) e do aumento das bases resultou aumento nos valores de V% em ambas as camadas. As formas de N-mineral, NH₄⁺ e NO₃⁻, aumentaram nos dois anos agrícolas na camada de 20-40 cm com a aplicação do soro de leite. Os teores de Na⁺ não atingiram valores críticos, tanto no solo quanto nas plantas. Conclui-se que o soro ácido de leite proporcionou ganhos nas condições de fertilidade do solo, mas apesar de ter havido entrada de grandes quantidades de nutrientes via soro no ambiente de produção, houve efeito na produtividade de milho apenas no primeiro ano, com aumento na produção de grãos de 487 kg ha⁻¹ com aplicação de 85.000 L ha⁻¹ de soro.

Palavras-chave: Resíduo orgânico; Nitrogênio; Potássio; Sódio.

Maize yield and chemical attributes of soil as a function of acid whey application

ABSTRACT

Acid whey is a residue produced in large quantities in the State of Minas Gerais and in other states of Brazil, which can be used as fertilizer. The objectives of this research were to evaluate the chemical attributes of the soil and a maize yield response to the application of milk acid whey. The experiment was installed in Frutal-MG, in a typic Haplustox, and conducted in the agricultural years 2014/2015 and 2015/2016, in the same plots. The experimental design was randomized blocks, with five treatments (whey doses) and five replicates. The total doses of acid whey were equivalent to 0, 62,500, 125,000, 187,500 and 250,000 L ha⁻¹ per year, and they were divided into three applications at 15, 30 and 45 days after maize sowing at stages V2, V4 and V6. Soil chemical attributes, plant nutritional status and grain yield were evaluated. The pH (CaCl₂) values increased and the (H+Al) contents decreased as a function of the whey doses in the 0-20 cm layer. The exchangeable bases increased in the soil, in the first year, by the application of acid whey, in the layers of 0-20 and 20-40 cm. In the second year, the levels of exchangeable K⁺, Na⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ increased with application of acid whey, but were lower in relation to first year, despite the two whey applications, which shows low residual effect of the whey when applied in soils with low CEC, as the Haplustox where the experiment was carried out. The increase of the bases and the decrease in the acids increase the values of bases saturation degree in both layers. The mineral-N, NH₄⁺ and NO₃⁻ forms, increased in two years in the 20-40 cm layer with a whey application. The Na⁺ contents did not reach critical values, both in the soil and in the plants. It was concluded that the acid whey provided gains in the soil fertility conditions, but despite the input of large amounts of nutrients via whey in the production environment, there was effect on maize yield only in the first year, with an increase in grain yield of 487 kg ha⁻¹ with application of 85,000 L ha⁻¹ of whey.

Keywords: Organic waste; Nitrogen; Potassium; Sodium.

Productividad del maíz y características químicas del suelo en función de la aplicación de suero de leche

RESUMEN

El suero ácido es un residuo producido en grandes cantidades en el estado de Minas Gerais y otros estados de Brasil, que puede usarse como fertilizante. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar los atributos químicos del suelo y la respuesta de productividad del maíz a la aplicación de suero ácido. El experimento se instaló en Frutal-MG, en un Latosol Rojo distrófico de textura media, y se llevó a cabo en las temporadas de cultivo 2014/2015 y 2015/2016, en las mismas parcelas. El diseño fue en bloques aleatorizados, con cinco tratamientos (dosis de suero) y cinco repeticiones. Las dosis totales de suero fueron equivalentes a 0, 62,500, 125,000, 187,500 y 250,000 L ha⁻¹ por año, que se dividieron en tres aplicaciones, a los 15, 30 y 45 días después de la siembra del maíz, en las etapas V2, V4 y V6. Se evaluaron los atributos químicos del suelo, el estado nutricional de la planta y el rendimiento de grano. Los valores de pH (CaCl₂) aumentaron y los niveles de (H+Al) disminuyeron en función de las dosis de suero en la capa de 0-20 cm. Las bases intercambiables aumentaron en el suelo en el primer año con la aplicación de suero ácido en las capas de 0-20 y 20-40 cm. En el segundo año, los niveles de K⁺, Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiables aumentaron con la aplicación de suero, pero fueron menores en comparación con el primer año, a pesar de las dos aplicaciones de suero. Esto indica un bajo efecto residual del suero cuando se aplica a suelos con baja CIC, como el Oxisol en el que se instaló el experimento. La disminución en (H+Al) y el aumento en bases resultaron en valores de V% aumentados en ambas capas. Las formas de N mineral, NH₄⁺ y NO₃⁻, aumentaron en ambos años agrícolas en la capa de 20-40 cm con la aplicación de suero. Los niveles de sodio (Na⁺) no alcanzaron valores críticos ni en el suelo ni en las plantas. Se concluye que el suero ácido proporcionó ganancias en las condiciones de fertilidad del suelo, pero a pesar de la gran cantidad de nutrientes que ingresaron al ambiente de producción a través del suero, el efecto en la productividad del maíz solo se observó en el primer año, con un aumento en la producción de grano de 487 kg ha⁻¹ con la aplicación de 85,000 L ha⁻¹ de suero.

Palabras clave: Residuos orgánicos; Nitrógeno; Potasio; Sodio.

Introdução

As produções estimadas de leite e de queijo no Brasil, no ano de 2025, foram de 27,51 bilhões de litros (Ibge, 2026), de toneladas e 1,4 mil toneladas, respectivamente (MILK POINT, 2026). Para cada 1 kg de queijo produzido são gerados 9 litros de soro (LIMA; ROCHA, 2016), e

com base na estimativa de produção de queijo de 2026, obtém-se o volume de 12,6 bilhões de litros de soro gerados no ano. Por mais que este subproduto seja utilizado para alimentação animal e em produtos alimentícios, o alto custo para a concentração do soro limita seu uso como alimento.

Na maioria das vezes os laticínios não conseguem dar vazão a toda produção de soro, o que pode levar ao descarte incorreto. Isso torna importante a proposição de alternativas adequadas para o seu aproveitamento, entre elas, o uso como fertilizante orgânico. Na composição do soro têm-se vários nutrientes de plantas, com maiores concentrações de N e K.

A utilização do soro de leite como fonte alternativa para o fornecimento de nutrientes é aplicável em todas as regiões do País, mas pode ser mais importante onde predomina a agricultura familiar, com produção de milho para grãos e silagem, ou cultivo de gramíneas forrageiras. Minas Gerais é o estado onde se concentram as maiores produções de queijo do País (Fiemg,2026), e parte significativa da produção de queijos é artesanal, em propriedades pequenas. Saber reciclar os nutrientes de forma correta dentro destas propriedades é uma forma de manter a produção sustentável e garantir a permanência dos produtores dentro da atividade.

O soro é produzido em grande quantidade e descartado na maioria das indústrias laticinistas do País. Em regiões onde há predominância de solos pobres e ácidos, com agricultura de baixo nível tecnológico, a utilização do soro, somada a práticas de correção de acidez e de fornecimento de nutrientes a partir de outras fontes, pode ser uma forma de alterar a realidade local, mas que precisará de suporte técnico, uma vez que o uso equivocado pode resultar em descrédito para a forma de manejo proposta e em perda da qualidade do ambiente.

Diante do exposto, os objetivos com este trabalho foram avaliar os atributos químicos do solo e a resposta de produtividade de milho à

aplicação de soro ácido de leite, em experimento conduzido em Frutal-MG.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2014/2015 (ano 1) e 2015/2016 (ano 2), na Fazenda São Matheus, em Frutal (MG), a 524 m de altitude, em Latossolo Vermelho Distrófico de textura média (Embrapa, 2013), sob clima tropical Aw com inverno seco (RUBEL; KOTTEK, 2010). A amostragem de solo para caracterização da área foi realizada nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm e foram submetidas as análises químicas conforme Raij *et al.* (2001) e a análise granulométrica pelo método da pipeta (CAMARGO *et al.*, 2009). Os resultados da caracterização do solo estão apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1. Atributos químicos e análise granulométrica, do solo da área experimental, na Fazenda São Matheus, Frutal (MG).

Prof.	P-resina	MO	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V	B	Zn
cm	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----					%	mg dm ⁻³			
0-20	3	16	4,1	0,6	4	1	31	8	6	37	15	0,31	0,2
20-40	3	13	4,1	0,4	3	1	28	11	4	32	14	0,25	0,2
				Areia			Silte			Argila			
				-----g kg ⁻¹ -----									
0-20			730				20			250			
20-40			730				20			250			

O experimento foi conduzido na mesma área, nos dois anos agrícolas, em delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos (doses de soro de leite: 0, 62.500, 125.000, 187.500 e 250.000 L ha⁻¹) e cinco repetições. A área total foi de 1.716 m², com parcelas compostas por cinco linhas de plantas, espaçadas em 0,8 m (24 m²), totalizando 62.500 plantas ha⁻¹. A área útil correspondeu às três linhas centrais, desconsiderando 1 m nas extremidades (9,6 m²).

A caracterização do soro foi realizada por meio de amostragens nas datas de aplicação, em ambos os anos. Nas amostras in natura, determinaram-se C e N totais por combustão seca (Leco® CN 628), pH e teores de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻, sendo as formas minerais de N obtidas por

destilação/titulação conforme Cantarella e Trivelin (2001). Após digestão nítrico-perclórica, foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg, S e Na, segundo Carmo *et al.* (2000). Os resultados estão apresentados na

Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do soro ácido de leite do queijo tipo requijão, utilizado nos experimentos conduzidos em 2014/2015 e 2015/2016.

Anos agrícolas	pH	CO	N	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	C/N	P	K	Ca	Mg	S	Na
		--g kg ⁻¹ --		-----mg L ⁻¹ -----			-----g L ⁻¹ -----					
2014/2015	3,7	22	1,7	17,6	1,3	13	1,0	2,0	1,3	0,1	0,004	0,37
2015/2015	4,4	24	1,6	10,5	2,2	15	1,1	2,3	1,2	0,1	0,004	0,37

No primeiro ano, o preparo do solo foi realizado, com aração seguida da aplicação de calcário (2,4 t ha⁻¹; PRNT = 85%) para elevar a saturação por bases a 70%, conforme recomendação para a cultura do milho (Raij e Cantarella, 1997). Simultaneamente, foi aplicado gesso agrícola (1,5 t ha⁻¹), com base no teor de argila da camada de 20-40 cm (Quaggio; Raij, 1997), sendo ambos distribuídos em área total e incorporados com grade aradora.

Após a colheita de 2014/2015, realizou-se nova amostragem de solo por parcela para avaliação da saturação por bases, seguida de reaplicação de calcário a lanço, de forma manual, visando novamente elevar o V a 70%, conforme a mesma recomendação.

Nos dois anos agrícolas a semeadura ocorreu no dia 30 de novembro, em sistema de cultivo convencional (ano 1) e plantio direto (ano 2). No (ano 1) foram usados, na semeadura, 500 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-10 com 0,8% de Zn, que resultou na aplicação de 25 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 50 kg ha⁻¹ de K₂O e 4 kg ha⁻¹ de Zn. No segundo ano foram aplicados 640 kg ha⁻¹ da fórmula (4-14-8), que resultou em 25,6 kg ha⁻¹ de N, 89,6 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 51,2 kg ha⁻¹ de K₂O. Nos dois anos agrícolas as adubações foram baseadas na análise de solo, com meta de produtividade de 6 a 8 t ha⁻¹ de grãos e classe de média resposta solos muito ácidos (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

A aplicação de Zn foi realizada via solução nos dois anos, utilizando sulfato de zinco: aos 10 dias após a semeadura no ano 1 ($0,35 \text{ kg ha}^{-1}$), para complementar a dose recomendada por Raij e Cantarella (1997), e aos 5 dias no ano 2 (4 kg ha^{-1}), com distribuição manual próxima às plantas.

As doses de soro ácido de leite foram parceladas em três aplicações iguais, realizadas aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura nos estádios V2, V4 e V6, com distribuição manual por regadores, próximos à linha de plantas. Após cada aplicação, foi fornecido 4 kg ha^{-1} de N em cobertura, na forma de sulfato de amônio, visando evitar possível imobilização de nitrogênio.

Aos 60 dias após a semeadura, no estágio R1, foram coletadas amostras foliares de 30 plantas por parcela, no terço médio da folha oposta à primeira espiga, conforme Coelho *et al.* (2002). As análises determinaram os teores de N por combustão seca pelo Leco® CN 628 e de P, K, Ca, Mg, Na e Zn segundo Carmo *et al.* (2000), sendo os procedimentos repetidos nos dois anos agrícolas.

A produção foi determinada por meio da colheita das espigas na área útil das parcelas, nos dois anos agrícolas. Os grãos foram pesados, homogeneizados e amostrados para determinação da umidade, conforme Brasil (2009), com posterior correção para 13%.

As amostras de solo foram coletadas com trado tipo sonda nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, cerca de 100 dias após a última aplicação de SL. Foram determinados N-mineral, matéria orgânica, pH (CaCl_2), K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , H^+Al e Al^{3+} , segundo Raij *et al.* (2001), sendo a saturação por bases (V%) calculada a partir desses dados.

As precipitações pluviárias totais foram de 1.005 mm (ano 1) e de 1.677 mm (ano 2). No intervalo de tempo entre os experimentos, o solo ficou em pousio e a precipitação foi de 154 mm.

Os dados de análise foliar e produtividade foram submetidos à análise de variância conjunta e regressão polinomial, em delineamento em blocos ao acaso. Os atributos químicos do solo foram avaliados em esquema de parcelas subdivididas, considerando doses de soro como tratamentos principais e profundidades como secundários, com análise conjunta entre os anos (BARBOSA; MALDONADO Jr., 2015).

Resultados e discussão

Nos anos 2014/2015 e 2015/2016, os maiores teores de matéria orgânica do solo ocorreram na camada de 0-20 cm, sem efeito significativo das doses de soro, interação com as profundidades e diferença entre os anos agrícolas (**Tabela 3**). Alterações na MOS geralmente ocorrem em longo prazo, como demonstrado por Barros et al. (2010). Além disso, o soro de leite não possui compostos como celulose e lignina, importantes para a formação da matéria orgânica do solo.

Os maiores valores de pH foram observados na camada de 0-20 cm em ambos os anos, influenciados principalmente pela calagem e pela aplicação de soro (**Tabela 4**). No primeiro ano agrícola, os valores de pH na camada de 0-20 cm aumentaram, com o ponto de máximo em 5,0, obtido com aplicação de 134.000 L ha⁻¹ de soro de leite (**Figura 1**). No ano 2, não houve efeito significativo em nenhuma das profundidades, mas ocorreu diferença entre os anos agrícolas, e esta diferença está relacionada a calagem realizada nos dois anos (**Tabela 4**).

A acidez potencial foi menor na camada de 0–20 cm em ambos os anos, devido a calagem. No ano 1, houve efeito das doses de soro nessa camada, com efeito quadrático e redução inicial de 5,2 mmol_c dm⁻³, comportamento inverso ao observado para o pH, e o consumo dos H⁺ de reserva, componentes do (H+Al) e é a causa da variação observada no valor de pH (**Figura 2 e Tabela 5**).

No ano 2, não houve efeito das doses de soro, mas observaram-se menores valores de H+Al devido ao efeito residual da calagem e do soro (**Tabela 5**). Nas demais profundidades não houve efeito significativo,

porém houve diferença entre os anos em todas as camadas, relacionada ao manejo do solo e a adição de bases.

Tabela 3. Matéria orgânica no solo, em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		MO g dm⁻³					
0-20	2014/2015	17	18	17	18	18	17aA ²
20-40		14	15	15	15	14	14bA
40-60		14	13	13	13	12	13cA
0-20	2015/2016	17	19	16	17	19	18aA
20-40		14	13	14	14	15	14bA
40-60		13	13	13	14	14	13cA
		Teste F					CV%
Soro	2014/2015	0,31 ^{ns}					9,60
Prof.		103,27 ^{**}					8,12
Soro X Prof.		0,74 ^{ns}					
Soro	2015/2016	1,78 ^{ns}					11,22
Prof.		88,58 ^{**}					8,27
Soro X Prof.		1,19 ^{ns}					
Soro	0-20 cm	0,77 ^{ns}					9,00 ³
Anos agrícolas		1,81 ^{ns}					12,00 ⁴
Anos X Soro		0,03 ^{ns}					
Soro	20-40 cm	0,45 ^{ns}					6,07
Anos agrícolas		0,14 ^{ns}					7,65
Anos X Soro		2,51 ^{ns}					
Soro	40-60 cm	3,34 ^{ns}					9,52
Anos agrícolas		2,01 ^{ns}					6,07
Anos X Soro		1,36 ^{ns}					

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

Tabela 4. Valores de pH (CaCl₂) no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		pH CaCl₂					
0-20	2014/2015	4,51	4,93	4,94	4,85	4,67	4,78aB ²
20-40		4,08	4,18	4,07	4,23	4,24	4,16bB
40-60		4,28	3,90	4,01	3,98	4,02	4,04bB
0-20	2015/2016	5,39	5,29	5,44	5,38	5,41	5,38aA
20-40		4,77	4,80	4,97	4,71	4,75	4,80bA
40-60		4,64	4,67	4,86	4,65	4,75	4,71bA
				Teste F			CV%
Soro	2014/2015			0,18 ^{ns}			5,53
Prof.				25,45 ^{**}			9,10
Soro X Prof.				0,95 ^{ns}			
Soro	2015/2016			0,85 ^{ns}			6,09
Prof.				30,94 ^{**}			6,58
Soro X Prof.				0,13 ^{ns}			
Soro	0-20 cm			0,83 ^{ns}			8,04 ³
Anos agrícolas				42,77 ^{**}			7,04 ⁴
Anos X Soro				0,71 ^{ns}			
Soro	20-40 cm			0,19 ^{ns}			7,33
Anos agrícolas				72,45 ^{**}			7,48
Anos X Soro				0,63 ^{ns}			
Soro	40-60 cm			0,69 ^{ns}			5,28
Anos agrícolas				67,58 ^{**}			4,66
Anos X Soro				1,78 ^{ns}			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} e ^{**}: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV:2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

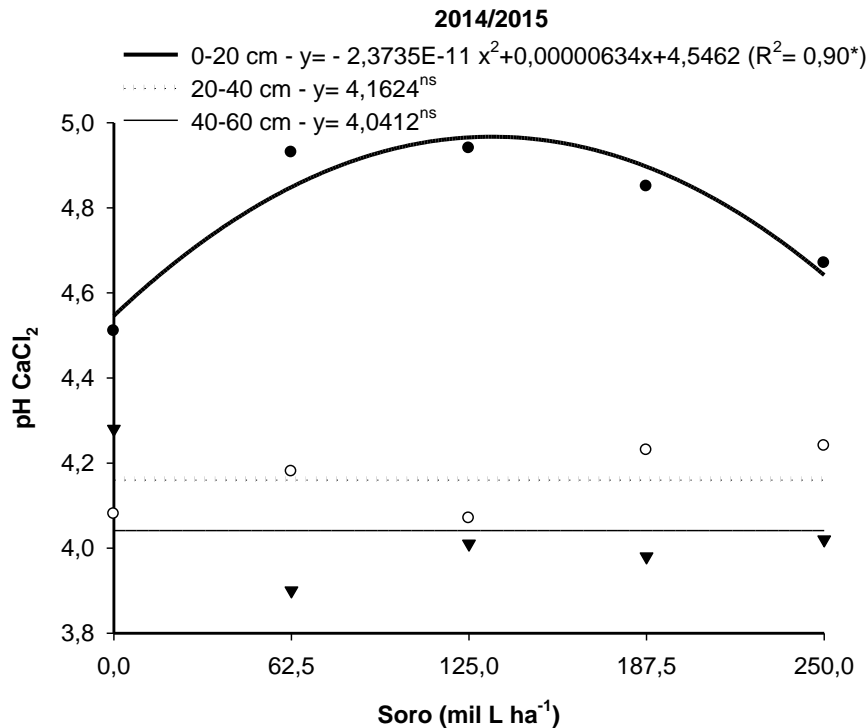


Figura 1. Valores de pH (CaCl₂) no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. * e^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

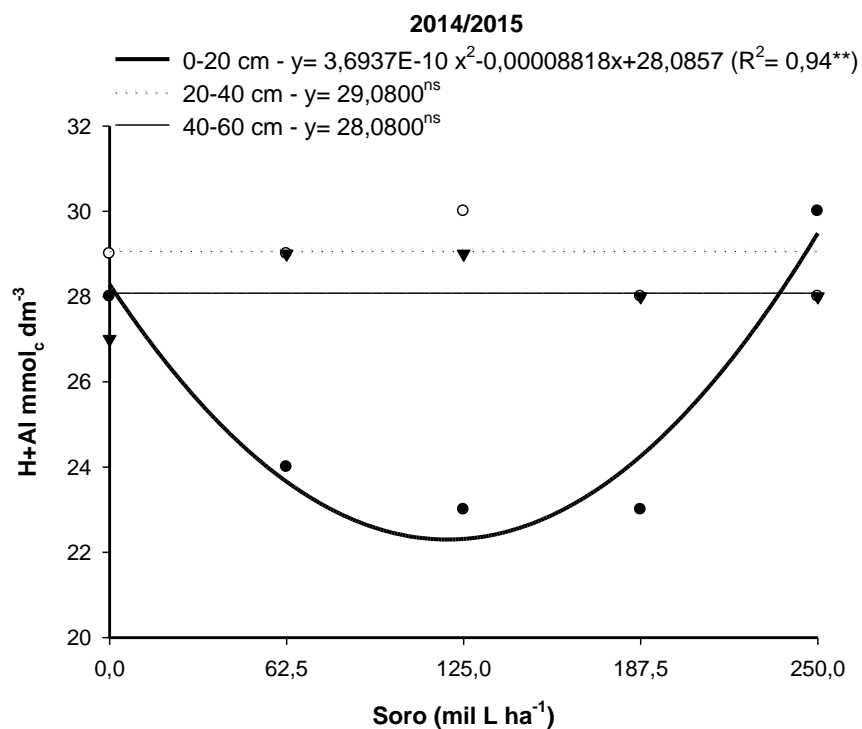


Figura 2. Acidez potencial no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. ** e^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 5. Acidez potencial, no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		H+Almmol, dm ⁻³					
0-20	2014/2015	28	24	23	23	30	26bB ²
20-40		29	29	31	28	28	29aB
40-60		27	29	29	28	28	28aB
0-20	2015/2016	20	20	18	19	19	19bA
20-40		23	24	27	28	23	25aA
40-60		22	23	23	26	24	23aA
		Teste F					CV%
Soro	2014/2015	0,48 ^{ns}					16,72
Prof.		6,34 ^{**}					12,39
Soro X Prof.		1,70 ^{ns}					
Soro	2015/2016	0,36 ^{ns}					24,90
Prof.		22,60 ^{**}					14,09
Soro X Prof.		1,81 ^{ns}					
Soro	0-20 cm	2,48 ^{ns}					19,36 ³
Anos agrícolas		38,35 ^{**}					17,93 ⁴
Anos X Soro		0,73 ^{ns}					
Soro	20-40 cm	1,22 ^{ns}					9,80
Anos agrícolas		12,31 ^{**}					19,95
Anos X Soro		0,89 ^{ns}					
Soro	40-60 cm	0,36 ^{ns}					39,50
Anos agrícolas		163,67 ^{**}					21,54
Anos X Soro		0,56 ^{ns}					

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

Os teores de N-NH₄⁺ variaram com a profundidade no ano 1, sendo maiores na camada de 20-40 cm. No ano 2, não houve diferença em relação ao primeiro ano nas camadas de 0-20 e 40-60 cm, mas houve redução na camada de 20 - 40 cm de 6 mg dm⁻³ na média (**Tabela 6**).

A aplicação de soro promoveu aumento linear de N-NH₄⁺ a 20-40 cm no primeiro ano, possivelmente devido à menor oxigenação e menor nitrificação nessa profundidade. Nas demais camadas e no segundo ano, não houve efeito do soro (**Figura 3 e Tabela 6**).

As condições climáticas mais favoráveis no segundo ano, associadas a maiores valores de pH, podem ter intensificado a nitrificação, reduzindo os teores de amônio no solo.

Tabela 6. Amônio no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos Agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		N-NH₄⁺ mg dm⁻³					
0-20	2014/2015	5,73	10,86	11,58	8,49	7,21	8,78bA ²
20-40		5,86	19,78	11,77	7,27	33,25	15,59aA
40-60		7,22	4,89	18,47	7,21	6,51	8,86bA
0-20	2015/2016	9,93	10,03	9,11	8,17	10,24	9,49aA
20-40		8,58	9,22	8,98	10,19	11,43	9,68aB
40-60		6,76	7,61	7,48	9,60	7,81	7,85aA
				Teste F		CV%	
Soro	2014/2015			2,22 ^{ns}		27,12	
Prof.				4,75*		23,54	
Soro X Prof.				3,55**			
Soro	2015/2016			1,31 ^{ns}		26,66	
Prof.				1,74 ^{ns}		19,11	
Soro X Prof.				0,37 ^{ns}			
Soro	0-20 cm			0,73 ^{ns}		67,51 ³	
Anos agrícolas				0,33 ^{ns}		55,75 ⁴	
Anos X Soro				0,62 ^{ns}			
Soro	20-40 cm			1,13 ^{ns}		23,,12	
Anos agrícolas				2,30 ^{ns}		47,37	
Anos X Soro				43,05**			
Soro	40-60 cm			0,89 ^{ns}		31,39	
Anos agrícolas				0,16 ^{ns}		48,26	
Anos X Soro				7,33**			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **: não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. Na análise estatística os dados foram transformados em $-\log(x+1)$. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

No primeiro ano, houve interação entre doses de soro e profundidade para o N-NO₃⁻, com maiores teores em cerca de 5,5 mg dm⁻³ nas camadas de 20-40 e 40-60 cm (**Tabela 7**). Esse resultado está relacionado a alta mobilidade do nitrato em solos de textura média, favorecendo sua lixiviação para camadas mais profundas. Além disso, a elevada precipitação no período de 624 mm contribuiu para esse deslocamento no perfil do solo, ao contrário do que foi observado por Queiroz (2013), que com aplicação de 62.500 L ha⁻¹ de SL, relatou que não houve aumento dos teores de nitrato até a profundidade de 40-60 cm com precipitação pluvial no período de 400 mm.

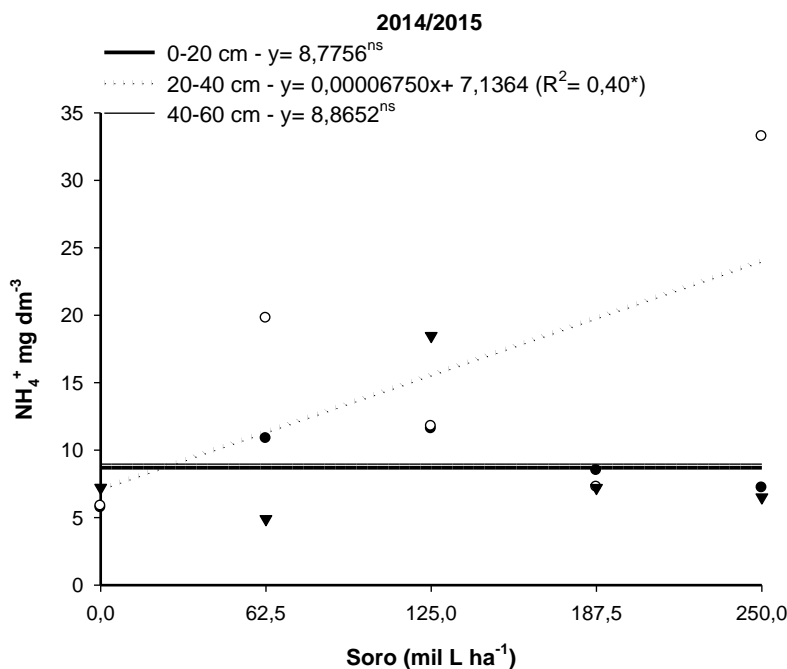


Figura 3. N-amônio no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. *e^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

No primeiro ano, o soro forneceu ao solo 0; 106,25; 212,50; 318,75 e 425,00 kg ha⁻¹ de N, na forma orgânica. Considerando a taxa de mineralização do N do soro determinada por Kuhnen (2010), equivalente a 50% em 126 dias, seriam disponibilizados 0, 53, 106, 159 e 212 kg ha⁻¹ de N no solo, que correspondem a 0, 59, 117, 176 e 235 % do nitrogênio recomendado por Raij e Cantarella (1997) para a cultura de milho para grãos, com meta de produtividade de 6 a 8 t ha⁻¹, e levando em consideração a classe de resposta média, ou seja, 90 kg ha⁻¹ de N.

Deste modo, com os dados de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ do solo obtidos tem-se que após 100 dias da aplicação ainda havia efeito das doses de soro nas formas de N-mineral do solo, particularmente na camada de 0-20 cm no ano 1 do experimento (**Figuras 3 e 4**), o que está associado a menor precipitação pluvial neste ano. O SL apresenta relação C/N baixa e por isso a imobilização não é esperada. Porém, ele possui na sua composição proteínas de extensas cadeias ramificadas, entre elas, α -lactalbumina, que é precursora da lactose. A lactose é um dissacarídeo de degradação rápida, que pode levar ao rápido crescimento da comunidade

microbiana do solo, com possibilidade de consumo de todo o N do soro e ainda, $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ do solo (BRASIL et al., 2015).

Tabela 7. Nitrato no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos Agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		N-NO₃⁻ mg dm⁻³					
0-20	2014/2015	12,18	12,90	13,48	5,81	17,96	12,47bA ²
20-40		6,73	14,47	11,17	29,26	31,65	18,66aA
40-60		12,41	15,40	20,74	18,52	18,80	17,18aA
0-20	2015/2016	5,35	4,84	2,95	5,32	8,75	5,48aB
20-40		5,69	5,15	5,75	5,51	5,66	5,56aA
40-60		4,41	3,19	3,55	6,79	2,90	4,16aB
				Teste F			CV%
Soro	2014/2015			6,06**			20,02
Prof.				8,01**			13,42
Soro X Prof.				6,96**			
Soro	2015/2016			2,28 ^{ns}			13,92
Prof.				0,96 ^{ns}			35,90
Soro X Prof.				0,79 ^{ns}			
Soro	0-20 cm			2,06 ^{ns}			68,10 ³
Anos agrícolas				16,02**			42,04 ⁴
Anos X Soro				1,49 ^{ns}			
Soro	20-40 cm			0,99 ^{ns}			27,05
Anos agrícolas				7,22 ^{ns}			63,87
Anos X Soro				14,99**			
Soro	40-60 cm			0,98 ^{ns}			36,51
Anos agrícolas				63,52**			64,75
Anos X Soro				1,49 ^{ns}			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}, e **: não significativo e significativo 1% de probabilidade, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. Na análise estatística os dados foram transformados em $-\log(x+1)$. CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

O soro resultou em aumento linear de até 2,5 mg dm⁻³ de N-NO₃⁻ em 2014/2015, na camada de 20-40 cm, e efeito quadrático de redução de 3,6 mg dm⁻³, quando aplicada a dose de 100.848 L ha⁻¹ em 2015/2016, na profundidade de 0-20 cm (Figuras 4a e 4b). Logo em seguida à diminuição do N-NO₃⁻ na camada de 0-20 cm, que foi em função de maior imobilização N, observou-se aumento a partir da dose de 187.500 L ha⁻¹, em razão do maior fornecimento de N-mineral com as maiores doses (**Figura 4b**). A diferença foi de 5,1 mg dm⁻³ de N-NO₃⁻ entre o ponto de mínimo e a estimativa do ponto máximo.

Entre os anos agrícolas, ocorreu diferença significativa entre as profundidades de 0-20 e 40-60 cm e houve interação entre as doses de leite na profundidade de 20-60 cm em 2015/2016 (**Tabela 7**). Não observou-se, pelo teste F, diferenças entre os tratamentos, havendo apenas diferença entre os anos agrícolas, com maiores teores no ano 1 devido à menor precipitação (**Tabela 7**).

Houve variação dos teores de K^+ no solo com as doses de soro e as profundidades, com interação no primeiro ano (Tabela 8). Em 2014-2015, o soro ácido elevou os teores de potássio na camada de 0-20 cm de muito baixo para baixo e médio, ou seja, um acréscimo de $0,74 \text{ mmolc dm}^{-3}$ (55%) com aplicação de 62.500 L ha^{-1} de soro, e para teor médio, com aumento médio de $2,24 \text{ mmolc dm}^{-3}$ (73%), com aplicação das doses maiores (**Tabela 8**). Conforme a dose aplicada, e na camada de 20-40 cm houve aumento com a maior dose, indicando movimentação vertical do K^+ no solo.

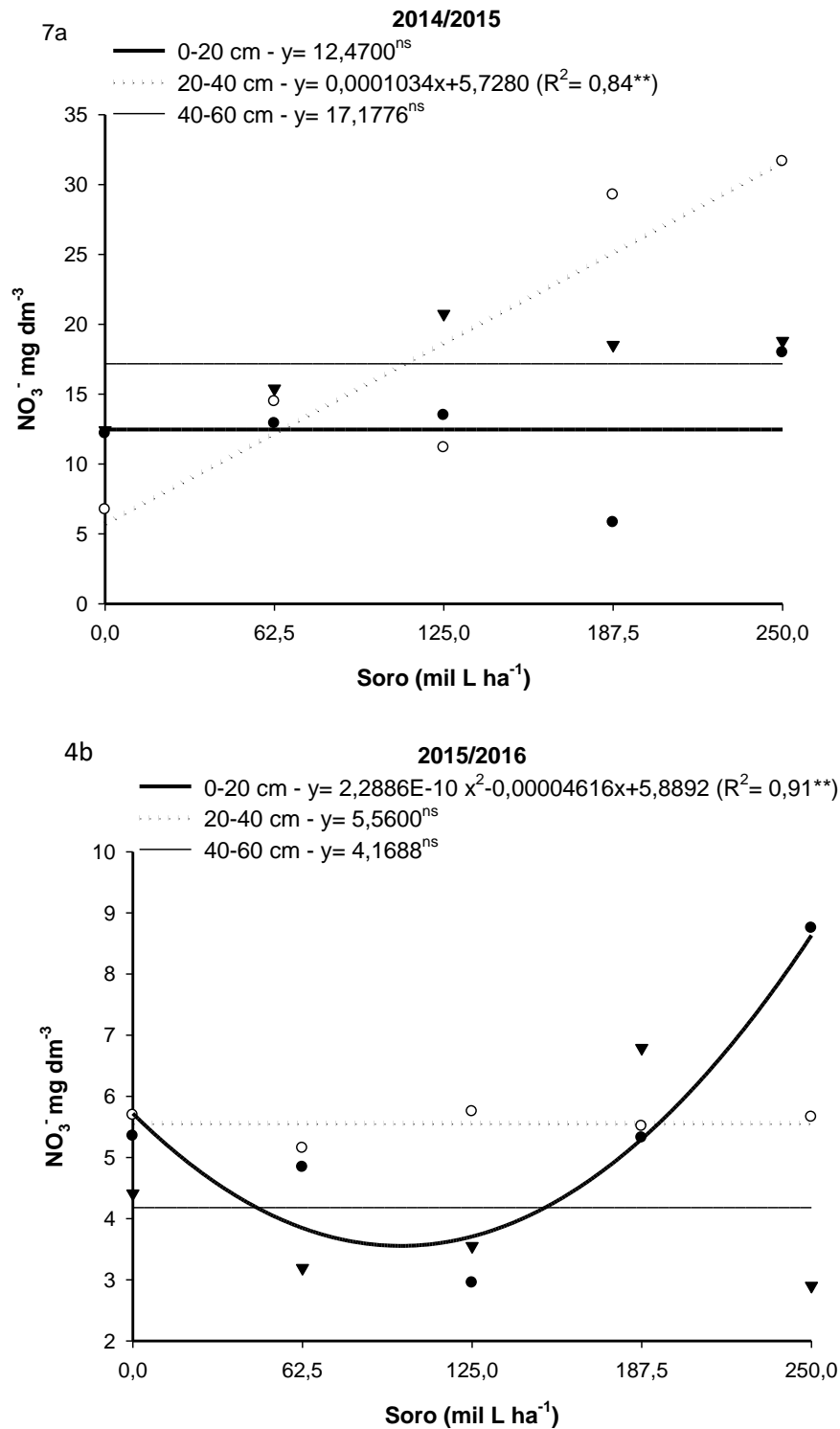


Figura 4. N-nitrato no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 (8a) e 2015/2016 (8b), nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. ** e^{ns}: significativo a 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 8. Potássio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		K⁺mmol_c dm⁻³					
0-20	2014/2015	0,60	1,34	1,94	2,40	2,38	1,73aA ²
20-40		0,44	0,78	0,86	0,78	1,02	0,78bA
40-60		0,44	0,50	0,60	0,54	0,62	0,54cA
0-20	2015/2016	0,52	0,54	1,10	1,40	1,82	1,07aB
20-40		0,40	0,46	0,82	0,84	1,20	0,79bB
40-60		0,38	0,46	1,02	1,04	1,08	0,74bB
				Teste F			CV%
Soro	2014/2015			7,81**			46,39
Prof.				124,71**			27,81
Soro X Prof.				9,06**			
Soro	2015/2016			22,89**			37,00
Prof.				10,89**			31,00
Soro X Prof.				2,12 ^{ns}			
Soro				13,01 ^{ns}			32,69 ³
Anos agrícolas	0-20 cm			16,75 ^{ns}			25,43 ⁴
Anos X Soro				1,62 ^{ns}			
Soro				7,81**			33,01
Anos agrícolas	20-40 cm			0,15 ^{ns}			38,64
Anos X Soro				1,15 ^{ns}			
Soro				2,16 ^{ns}			18,04
Anos agrícolas	40-60 cm			4,16 ^{ns}			31,81
Anos X Soro				5,34**			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

No primeiro ano agrícola, os teores de K⁺ no solo apresentaram resposta quadrática na camada de 0-20 cm com ponto máximo de 2,4 mmol_c dm⁻³ na dose de 250.000 L ha⁻¹ na camada de 0-20 cm e aumento linear na camada de 20-40 cm e ausência de variação significativa em 40-60 cm (Figura 5a), indicando mobilidade restrita do nutriente no perfil, possivelmente em função da baixa precipitação no período de 189 mm. No segundo ano (2015/2016), com volume pluviométrico de 706 mm, observou-se aumento linear dos teores de K⁺ em todas as camadas avaliadas, evidenciando maior deslocamento vertical (Tabela 8 e Figura 5b). Apesar disso, os teores foram inferiores aos do primeiro ano, intensificação das perdas por lixiviação, favorecidas pela CTC baixa de 37 mmol_c dm⁻³, textura do solo e elevada precipitação (**Tabela 8**).

No primeiro ano, o soro forneceu 0, 125, 250, 375 e 500 kg ha⁻¹ de K, e no segundo ano 0, 143, 287, 431 e 575 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Estas doses corresponderam a aplicação de 0, 150, 300, 400 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O (ano 1) e 0, 172, 345, 517 e 690 kg ha⁻¹ de K₂O (ano 2). Como no primeiro ano as quantidades de K aplicadas e a precipitação pluvial foram menores, as perdas de K no segundo ano foram maiores.

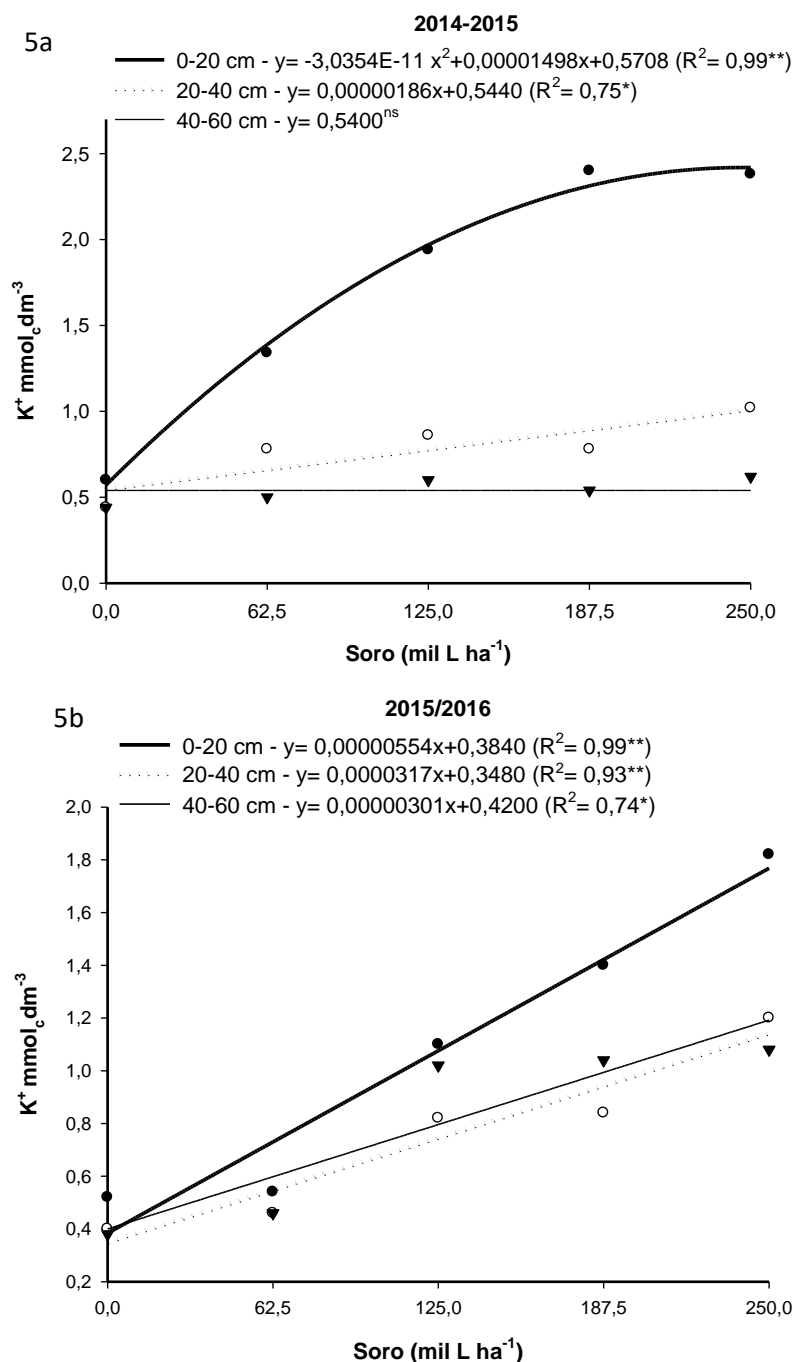


Figura 5. Potássio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 (9a) e 2015/2016 (9b), nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. **, * e ns: significativo a 1 e 5% e não significativo, respectivamente.

Os teores de Ca^{2+} na camada de 0-20 cm aumentaram de 4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ (condição inicial) para 16 e 22 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ao longo dos anos avaliados (**Tabela 9**). Entre os anos agrícolas, observou-se incremento de 27% nessa camada, com maiores valores em 2015/2016. Nesse mesmo ano, não houve efeito significativo das doses de soro ácido sobre os teores de Ca^{2+} ; houve diferenças entre as profundidades, com maiores teores na camada de 0-20 cm do que nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, com diferença média de 43% (**Tabela 9**).

Os teores de Ca^{2+} aumentaram devido à calagem, aplicação de gesso no ano 1 e uso de soro. Com a aplicação do soro foram fornecidos: 0; 81,25; 162,5; 243,75 e 325 kg ha^{-1} de Ca, promovendo incremento de cerca de 35% na camada de 0-20 cm no primeiro ano. Esse resultado difere de Mantovani *et al.* (2013), que ao aplicar 200.000 L ha^{-1} de soro ácido de leite, não obtiveram efeito significativo no teor de Ca na camada de 0-20 cm.

Ocorreu efeito quadrático na camada de 0-20 cm no ano 1 (**Figura 6**), com máximo de 18,4 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Ca^{2+} na dose de 162.420 L ha^{-1} . O soro não proporcionou aumento dos teores de Ca^{2+} nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm (**Figura 6**).

O cálcio presente no soro de leite pode estar livre nas micelas de caseínas, mas a maior parte está ligada à proteína α -lactoalbumina. Assim, a disponibilidade de Ca^{2+} do soro depende da mineralização, que é função de condições de temperatura e umidade, e de valores de pH próximos de 6,6 - *in natura* (Poppia *et al.*, 2010), além de outros fatores. Como os valores de pH do solo estavam próximos de 5,0 – CaCl_2 (**Tabela 4**), este fator pode ter limitado a mineralização.

Tabela 9. Cálcio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹	
		0	62.500	125.000	187.500	250.000		
cm		Ca²⁺mmol_c dm⁻³						
0-20	2014/2015	11	17	18	17	17	16aB ²	
20-40		5	6	7	8	7	7bB	
40-60		5	3	4	4	5	4bB	
0-20	2015/2016	21	22	22	21	22	22aA	
20-40		13	13	11	14	13	13bA	
40-60		10	12	13	12	13	12bA	
		Teste F					CV%	
Soro	2014/2015						1,87 ^{ns}	39,44
Prof.							85,39 ^{**}	37,35
Soro X Prof.							1,26 ^{ns}	
Soro	2015/2016						0,12 ^{ns}	25,47
Prof.							39,52 ^{**}	26,28
Soro X Prof.							0,27 ^{ns}	
Soro	0-20 cm						1,29 ^{ns}	26,40 ³
Anos agrícolas							20,52 ^{**}	22,44 ⁴
Anos X Soro							0,95 ^{ns}	
Soro	20-40 cm						1,05 ^{ns}	20,74
Anos agrícolas							100,04 ^{**}	26,37
Anos X Soro							0,77 ^{ns}	
Soro	40-60 cm						0,48 ^{ns}	59,07
Anos agrícolas							167,07 ^{**}	26,83
Anos X Soro							0,52 ^{ns}	

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}, ^{**}: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

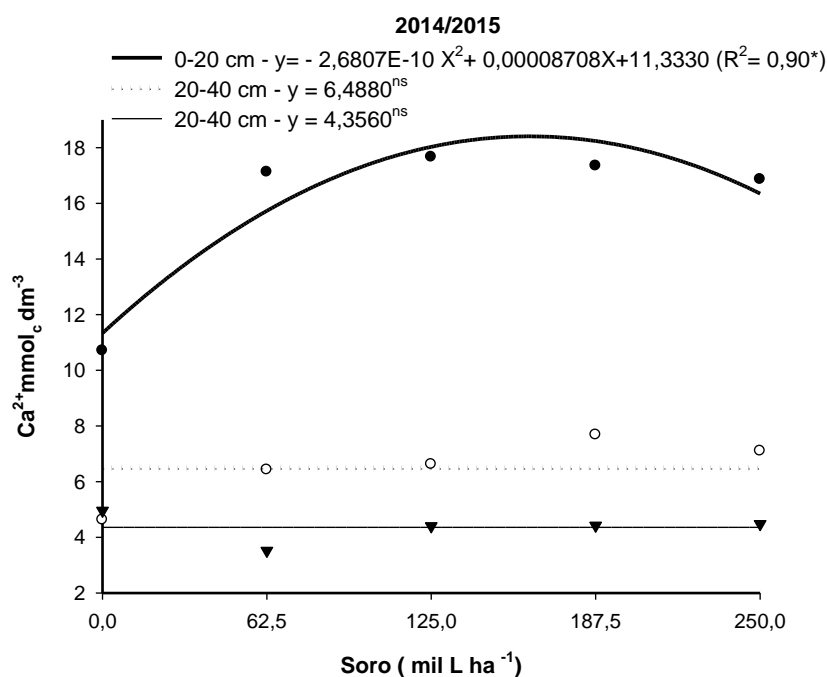


Figura 6. Cálcio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola

2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.* e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

O incremento de Mg^{2+} na camada de 0-20 cm, nos anos de 2014/2015 e 2015/2016, foi de 2,16 e 4,36 $mmol_c dm^{-3}$ (Tabela 10), respectivamente, quando comparados com a amostra inicial da área experimental, que era de 1 $mmol_c dm^{-3}$. Os aumentos nos teores de Mg^{2+} no primeiro ano foram atribuídos primeiramente a calagem (Rodrighero; Barth; Caires, 2015) e segundo a aplicação de soro, que forneceu 0; 6,25; 12,5; 18,7 e 25 $kg ha^{-1}$. Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2013), diferindo de Mantovani et al. (2013), que não verificaram efeito significativo.

Tabela 10. Magnésio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite ($L ha^{-1}$)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		$Mg^{2+} mmol_c dm^{-3}$					
0-20	2014/2015	2	4	4	3	3	3aB ²
20-40		1	2	2	2	1	2bB
40-60		1	1	1	1	1	1bB
0-20	2015/2016	6	6	5	5	5	5aA
20-40		4	4	4	3	4	4bA
40-60		4	4	4	4	4	4bA
		Teste F					CV%
Soro	2014/2015	1,71 ^{ns}					33,88
Prof.		64,01 ^{**}					36,70
Soro X Prof.		0,89 ^{ns}					
Soro	2015/2016	0,94 ^{ns}					24,71
Prof.		20,51 ^{**}					26,22
Soro X Prof.		0,99 ^{ns}					
Soro	0-20 cm	0,49 ^{ns}					27,78 ³
Anos agrícolas		39,49 ^{**}					19,23 ⁴
Anos X Soro		1,69 ^{ns}					
Soro	20-40 cm	0,34 ^{ns}					25,88
Anos agrícolas		6,04 ^{ns}					30,54
Anos X Soro		6,10 ^{**}					
Soro	40-60 cm	0,27 ^{ns}					35,45
Anos agrícolas		215,44 ^{**}					31,57
Anos X Soro		0,47 ^{ns}					

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}, ^{**}: não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴CV: 2015/2016.

No primeiro ano, houve resposta quadrática as doses de soro, com máximo em 150.204 L ha⁻¹, na camada de 0-20 cm, para as camadas de 20-40 e 40-60 cm não houve diferença no teor de Mg²⁺ com as doses de soro (Figura 7), indicando baixa mobilidade do nutriente. No segundo ano, não houve efeito das doses de soro, houve diferença significativa, entre os anos agrícolas como maiores teores de Mg²⁺ no segundo ano, nas camadas de 0-20 e 40-60 cm. Na camada de 20-40 cm houve interação entre as doses de soro e os anos agrícolas, evidenciando que o soro aumentou os teores de Mg²⁺ no primeiro ano (**Tabela 10**).

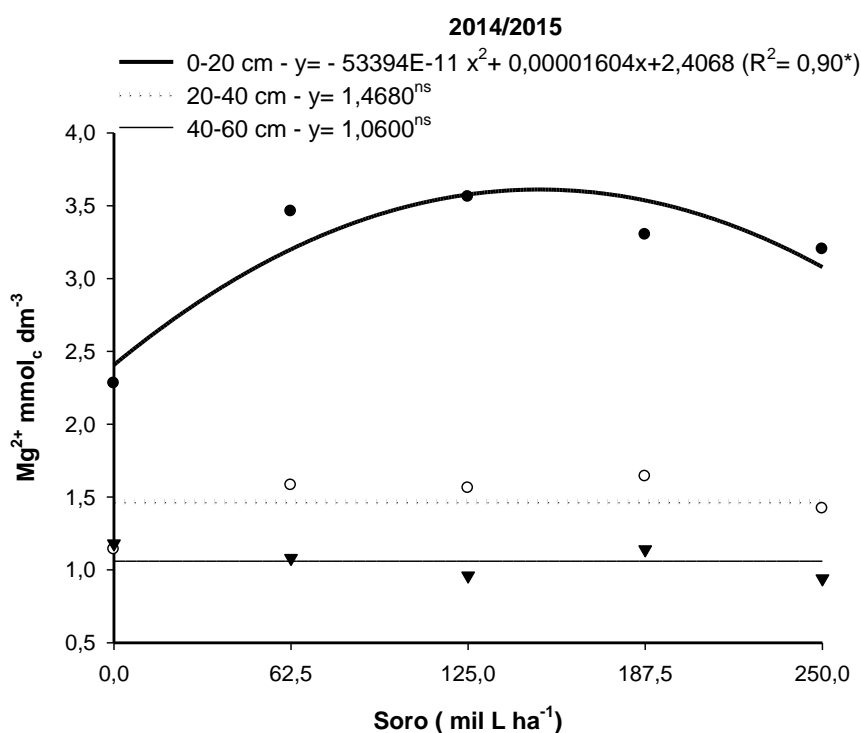


Figura 7. Magnésio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.* e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Os teores de Na⁺ no solo não variaram em função das doses de soro e profundidades, no ano agrícola 2014/2015 (**Tabela 11**). Raji (2017) menciona que os teores de Na⁺ no solo devem estar abaixo de 5% da CTC, e no primeiro ano a saturação de Na⁺ na CTC foi, em média, de 2,3% nos tratamentos sem soro, e de 2,5% nos tratamentos com soro (**Tabela 11**).

Em 2015/2016 ocorreu aumento linear dos teores de sódio no solo, em função das doses de soro, na camada de 0 a 20 cm (Tabela 11 e Figura 8). No segundo ano, a saturação de Na⁺ na CTC foi menor que no primeiro, de 0,4 % no tratamento testemunha e 1% nos tratamentos com soro (Tabela 11). Nos dois anos agrícolas foram consideradas as médias para o cálculo de saturação de sódio na CTC (ano 1= 40 mmol_c dm⁻³) e (ano 2 = 43 mmol_c dm⁻³). Resultados semelhantes foram obtidos por Queiroz (2013), sendo que os maiores valores, em média, foram registrados na camada de 0-20 cm.

Tabela 11. Sódio trocável no solo, em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 120 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2016/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		Na ⁺ mmol _c dm ⁻³					
0-20	2014/2015	0,88	0,92	0,88	0,90	1,04	0,94aB ²
20-40		0,86	1,08	0,84	0,94	1,00	0,92aB
40-60		0,90	0,78	0,82	1,08	1,02	0,92aB
0-20	2015/2016	0,22	0,36	0,42	0,30	0,56	0,37aA
20-40		0,20	0,38	0,46	0,26	0,42	0,34aA
40-60		0,12	0,44	0,28	0,40	0,38	0,32aA
		Teste F					CV%
Soro	2014/2015	0,51 ^{ns}					38,80
Prof.		0,11 ^{ns}					11,37
Soro X Prof.		1,75 ^{ns}					
Soro	2015/2016	3,36*					31,43
Prof.		0,55 ^{ns}					24,45
Soro X Prof.		1,18 ^{ns}					
Soro	0-20 cm	4,66 ^{ns}					16,10 ³
Anos agrícolas		120,66**					20,84 ⁴
Anos X Soro		0,64 ^{ns}					
Soro	20-40 cm	1,55 ^{ns}					20,39
Anos agrícolas		104,65**					26,27
Anos X Soro		0,66 ^{ns}					
Soro	40-60 cm	1,36 ^{ns}					18,00
Anos agrícolas		63,70**					32,12
Anos X Soro		1,47 ^{ns}					

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}, ** e *: não significativo, significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. Na análise estatística os dados foram transformados em raiz (x+1). ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

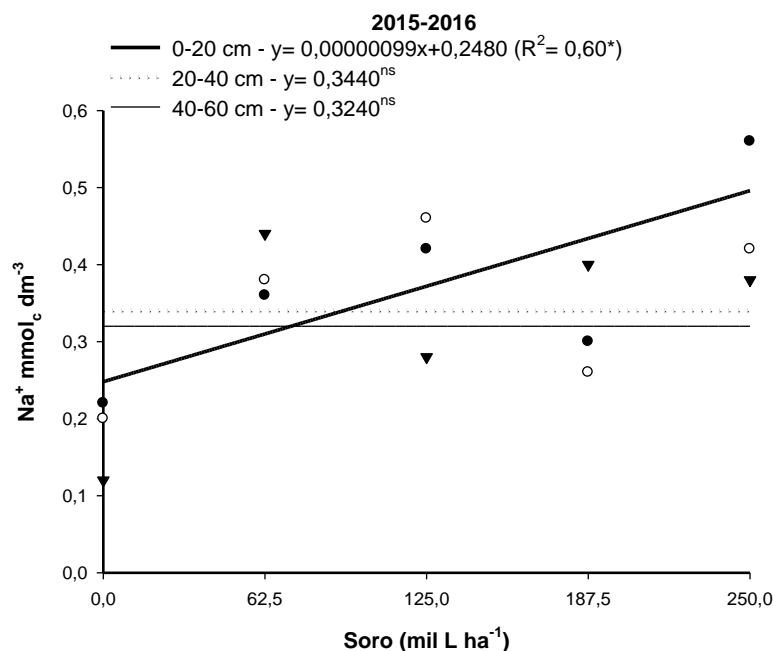


Figura 8. Sódio trocável no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2015/2016, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.* e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Houve aumento dos valores de V% em todas as camadas avaliadas, resultando em acréscimo, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, de 31, 75 e 115%, quando se comparam com os resultados do primeiro ano (**Tabela 12**). Além disso, os valores de V apresentaram-se muito maiores em relação ao inicial, que era igual a 15 e 14%, ou seja, aumento de 67 e 74 % nas profundidades de 0-20 e 20-40, respectivamente (**Tabelas 1 e 12**).

No ano 1, o soro resultou em efeito quadrático na profundidade de 0-20 cm com ponto máximo de valor de V= 52% na dose de 149.210 L ha⁻¹ (**Figura 9**). Os valores de V% acompanharam os resultados obtidos para acidez ativa e acidez total (**Figuras 1 e 2**), uma vez que foram observados aumentos dos valores de pH e redução dos cátions ácidos retidos a fase sólida do solo (**Tabelas 4 e 5**). Neste mesmo ano, o soro proporcionou aumento linear dos valores de V% na camada de 20-40 cm (**Figura 9**). Este resultado indica que houve mobilidade de bases trocáveis até esta camada e se comprova observando os resultados obtidos para K⁺, que neste ano, na profundidade de 20-40 cm aumentou no solo (**Tabela 12 e Figura 5**).

Em 2015/2016 não houve efeito das doses de soro ácido de leite nos valores de V%. Houve apenas diferença significativa entre as profundidades, com maiores valores na camada de 0-20 cm. Entre os anos agrícolas ocorreu diferença em todas as profundidades e os maiores valores de V% ocorreram no segundo ano agrícola, consequência das doses de soro aplicadas no ano anterior e da calagem realizada nos dois anos agrícolas, que possivelmente contribuíram neste ano, não de forma significativa, mas acumulativa, proporcionando melhores condições de fertilidade do solo (**Tabela 12**).

Tabela 12. Índice de saturação por bases no solo, em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Prof.	Anos agrícolas	Soro de leite (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
cm		V%					
0-20	2014/2015	34	49	50	50	44	45aB ²
20-40		15	25	24	28	27	24bB
40-60		21	17	17	20	20	19bB
0-20	2015/2016	57	59	61	61	57	59aA
20-40		44	38	38	39	44	42bA
40-60		39	41	46	39	43	41bA
				Teste F			CV%
Soro	2014/2015			2,90 ^{ns}			28,33
Prof.				86,76 ^{**}			25,27
Soro X Prof.				1,64 ^{ns}			
Soro	2015/2016			0,18 ^{ns}			22,05
Prof.				48,77 ^{**}			15,87
Soro X Prof.				0,75 ^{ns}			
Soro	0-20 cm			2,29 ^{ns}			17,66 ³
Anos agrícolas				34,40 ^{**}			12,29 ⁴
Anos X Soro				1,22 ^{ns}			
Soro	20-40 cm			0,41 ^{ns}			21,76
Anos agrícolas				24,55 ^{**}			21,87
Anos X Soro				2,65 ^{ns}			
Soro	40-60 cm			0,36 ^{ns}			39,65
Anos agrícolas				163,67 ^{**}			21,54
Anos X Soro				0,67 ^{ns}			

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**} e ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²Letras minúsculas comparam as profundidades e maiúsculas comparam os anos agrícolas em cada profundidade. ³CV: 2014/2015. ⁴ CV: 2015/2016.

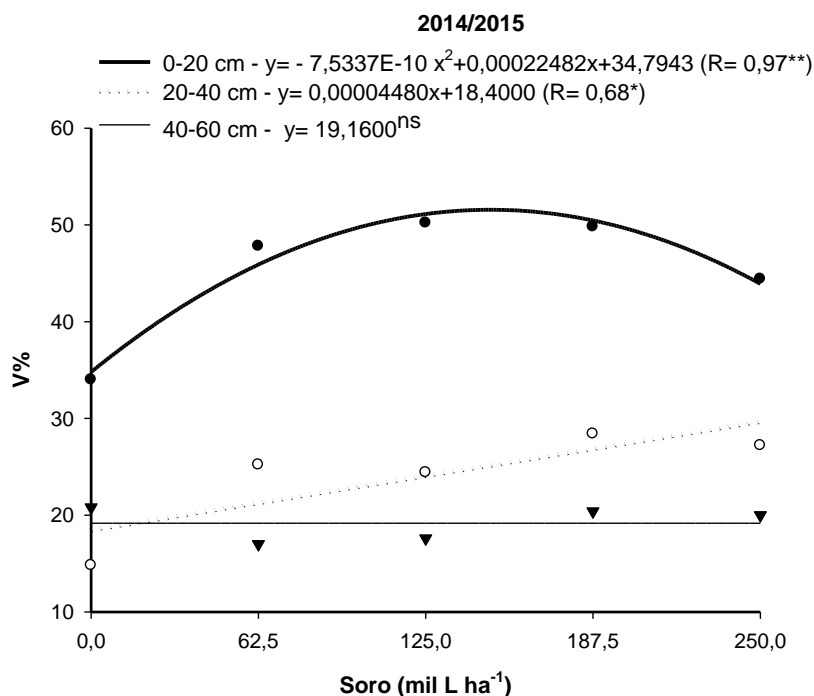


Figura 9. Índice de saturação por bases no solo em função de doses de soro ácido em cobertura, em amostras coletadas aos 100 dias após a última aplicação de soro, no ano agrícola 2014/2015, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. **, * e ^{ns}: significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

As concentrações de N no primeiro aumentaram linearmente com as doses de soro (**Figura 10**), e no segundo ano não houve efeito significativo porém as médias dos teores foram maiores (**Tabela 13**). Para P houve aumento linear, nos dois anos agrícolas (**Figura 11**) e os aumentos foram de 1,41, 1,81, 2,05 e 2,71 g kg⁻¹ de N e a diferença de P foi de 0,7 g kg⁻¹, comparando o tratamento testemunha com a maior dose de soro no ano 1 (**Tabela 13**). Gheri, Ferreira e Cruz (2003) também relataram aumento na concentração de N da parte aérea do capim-tanzânia devido à aplicação de soro de leite.

Tabela 13. Nutrientes e sódio na folha de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Anos Agrícolas	Nutr. e Na	Doses de soro (L ha ⁻¹)					Médias ¹
		0	62.500	125.000	187.500	250.000	
-----g kg ⁻¹ -----							
2014/2015	N	23,09	24,50	24,90	25,14	25,80	24,69b
	P	0,97	1,21	1,55	1,71	1,64	1,42b
	K	16,80	23,40	24,70	26,70	24,70	23,26a
	Ca	4,14	4,25	4,37	5,35	5,28	4,68a
	Mg	2,0	1,88	1,46	1,74	1,68	1,72a
	Na	3,63	4,12	4,12	4,63	4,35	4,61a
	Zn	11	12	12	12	18	13a
2015/2016	N	27,70	27,81	26,37	28,68	26,91	27,35a
	P	1,75	2,01	2,22	2,55	2,84	2,27a
	K	17,40	23,60	23,90	27,10	26,40	24,28a
	Ca	3,97	3,57	3,56	3,35	3,24	3,54b
	Mg	1,77	1,59	1,26	1,23	1,23	1,41b
	Na	1,87	2,07	2,07	1,89	2,27	2,32b
	Zn	12	15	12	12	12	12a
Teste F						CV%	
Soro	N	1,24 ^{ns}					7,62 ²
Anos Agrícolas		21,80 ^{**}					6,20 ³
Soro X Anos		1,25 ^{ns}					
Soro	P	14,49 [*]					14,00
Anos Agrícolas		106,09 ^{**}					10,12
Soro X Anos		1,81 ^{ns}					
Soro	K	81,76 ^{**}					13,55
Anos Agrícolas		0,08 ^{ns}					11,57
Soro X Anos		0,19 ^{ns}					
Soro	Ca	0,21 ^{ns}					11,18
Anos Agrícolas		9,11 ^{**}					5,63
Soro X Anos		11,30 ^{**}					
Soro	Mg	12,33 ^{**}					17,67
Anos Agrícolas		33,33 ^{**}					9,41
Soro X Anos		0,71 ^{ns}					
Soro	Na	2,24 ^{ns}					5,90
Anos Agrícolas		180,36 ^{**}					18,56
Soro X Anos		3,10 [*]					
Soro	Zn	0,81 ^{ns}					20,56
Anos Agrícolas		0,18 ^{ns}					12,10
Soro X Anos		5,99 ^{**}					

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *, ** e ^{ns}: significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. ²(CV% - 2014/2015) e ³(CV% - 2015/2016).

As entradas de N no solo foram altas, maiores ou iguais a 400 kg ha⁻¹ de N com aplicação de 250.000 L ha⁻¹ de soro. Apesar disso, no primeiro ano a concentração de N nas folhas ficou abaixo da faixa considerada adequada (27,5 a 32,5 g kg⁻¹) para a cultura do milho, segundo Coelho et al. (2002). No segundo ano, as concentrações ficaram

mais próximas do limite inferior da faixa, mas ainda abaixo do intervalo de suficiência. A diferença entre os anos agrícolas foi de 2,66 g kg⁻¹, maior no segundo ano (**Tabela 13**).

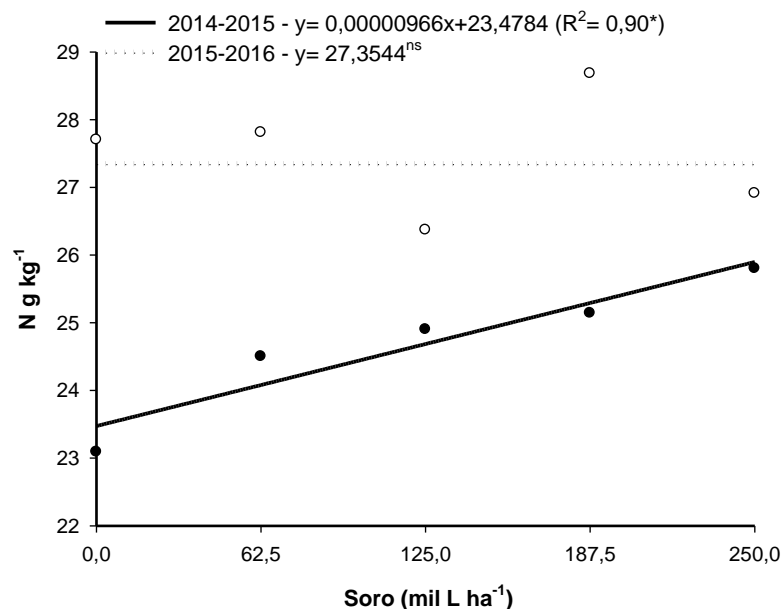


Figura 10. Nitrogênio nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. * e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

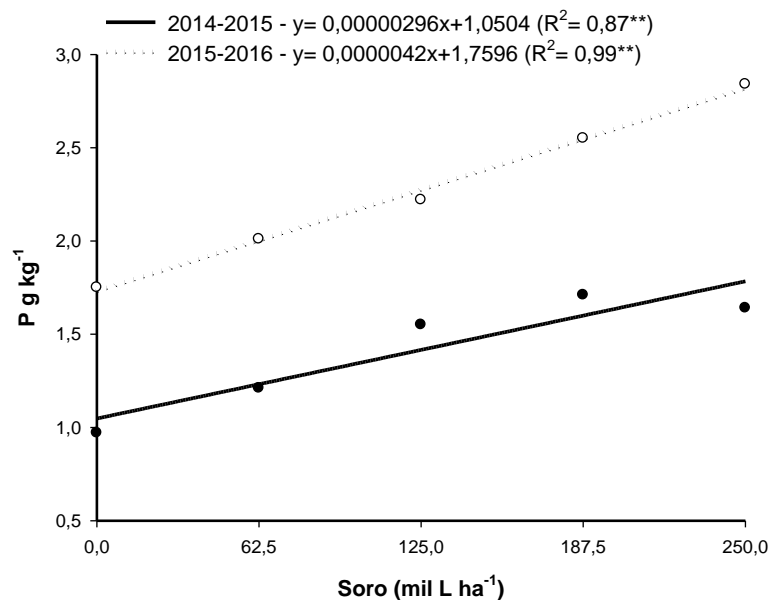


Figura 11. Fósforo nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. ** significativo a 1% de probabilidade.

No segundo ano houve efeito linear dos teores de P nas folhas de milho (**Figura 11**) e a diferença foi de $1,09 \text{ g kg}^{-1}$ de P, quando comparado o tratamento testemunha com a dose de $250.000 \text{ L ha}^{-1}$ (**Tabela 13**). A aplicação de soro, mais a adubação mineral com P não foram suficientes para resultar em concentrações de P adequadas nas folhas de milho, entre $2,5$ e $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ (COELHO et al., 2002). Para este resultado devem ter contribuído também o efeito de diluição e, no caso, indisponibilização de P por adsorção. Resultados como este foram citados por Gheri, Ferreira e Cruz (2003) e por Santos, Santos e Silva (2013).

Para K ocorreu aumento linear da concentração em função das doses de soro, nos dois anos agrícolas (**Figura 12**). As concentrações de K nas folhas nos tratamentos testemunha ficaram próximas da faixa considerada adequada para a cultura do milho, $17,5$ a $22,5 \text{ g kg}^{-1}$ (COELHO et al., 2002). Nos tratamentos com soro, a partir da dose de 62.000 L ha^{-1} foi observado acréscimo de cerca de 8 g kg^{-1} nos dois anos agrícolas. No caso do Ca, os teores nas folhas de milho foram maiores no primeiro ano (**Tabela 13**), aumentando linearmente com as doses de soro ácido de leite (**Figura 13**). No entanto, no ano 2, houve decréscimo linear das concentrações de Ca nas folhas de milho em função das doses de SL, quando comparadas com o tratamento testemunha (**Tabela 13 e Figura 13**).

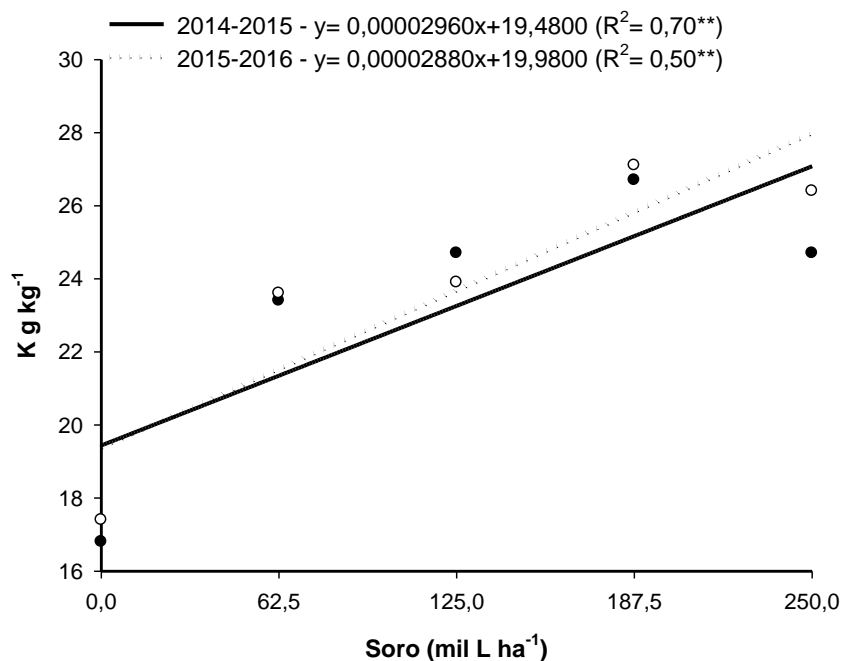


Figura 12. Potássio nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. ** significativo a 1% de probabilidade.

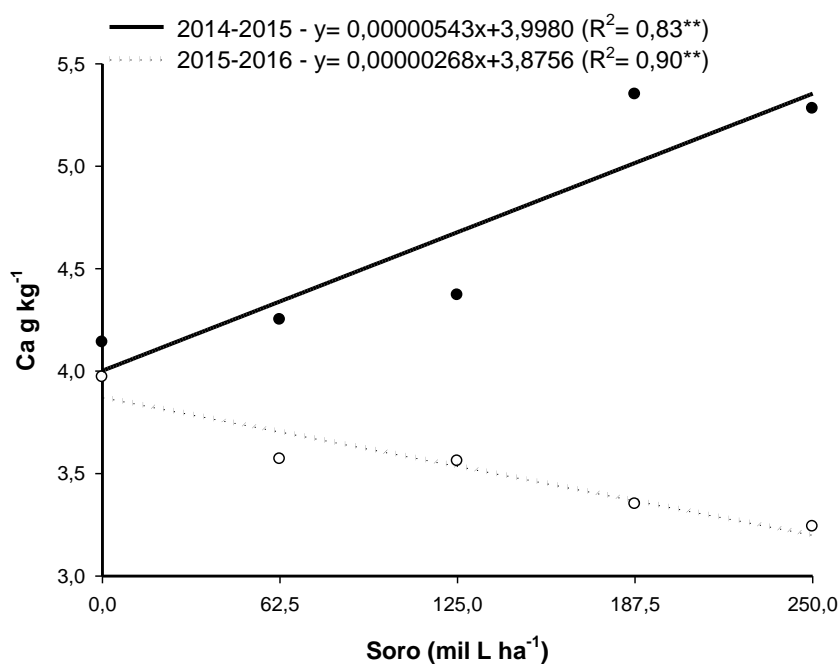


Figura 13. Cálcio nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. ** significativo a 1% de probabilidade.

As concentrações de Ca nas folhas de milho ficaram pouco acima da faixa adequada e dentro da faixa adequada, nos anos 1 e 2, respectivamente. A faixa adequada, sugerida por Coelho et al. (2002), é de 2,3 a 4,0 g kg⁻¹ de Ca para a cultura do milho (**Tabela 13**).

Em relação ao Mg, as concentrações foram maiores no primeiro ano, porém houve efeito linear decrescente, em função das doses de soro, nos dois anos agrícolas (**Tabela 13 e Figura 14**). Em média, nos dois anos, a diminuição na concentração de Mg foi de aproximadamente $0,4 \text{ g kg}^{-1}$, em função das doses de soro e comparando com o tratamento testemunha. Apesar da diminuição, as concentrações de Mg no ano 1 ficaram dentro da faixa recomendada para o milho, de 1,5 a $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ (COELHO et al., 2002).

As concentrações de Na também foram maiores no primeiro ano do que no segundo (Tabela 13). No primeiro ano o soro resultou aumento na média de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de Na, quando comparamos com o tratamento testemunha, e no primeiro ano houve ajuste quadrático nas concentrações de Na, com máximo na dose de $201.689 \text{ L ha}^{-1}$, e aumento linear crescente em 2015-2016, resultado semelhante aos obtidos por Queiroz (2013), que observou acréscimo de $0,42 \text{ g kg}^{-1}$ de Na com aplicação de 62.500 L ha^{-1} de soro. (**Tabela 13 e Figura 14**).

O Na^+ presente no soro lixivia facilmente, no primeiro ano as condições foram propícias para acúmulo desse nutriente nas plantas de milho em função da baixa precipitação, em solos com textura média presentes no experimento o Na não apresenta potencial fitotóxico, isso justifica porque, mesmo ocorrendo efeito quadrático e aumento linear nas concentrações de Na nas folhas de milho, a diferença foi pequena entre o tratamento testemunha e a maior dose de soro, de $0,7$ e $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016, respectivamente (**Tabela 13 e Figura 15**).

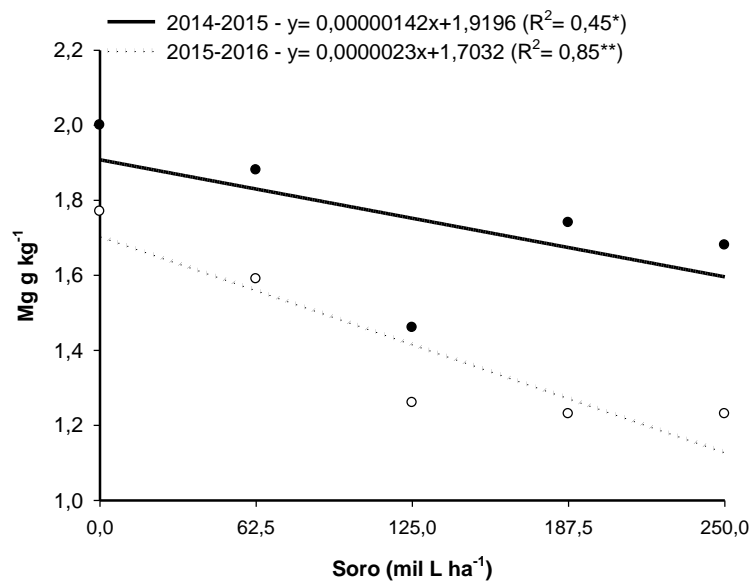


Figura 14. Magnésio nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. ** e *significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

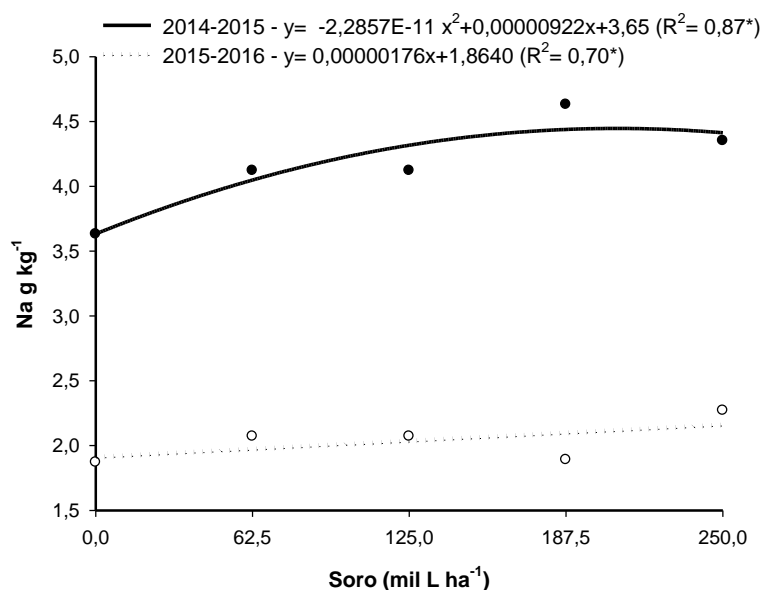


Figura 15. Sódio nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. *significativo a 1% de probabilidade.

Para as concentrações de Zn não houve diferença significativa entre os anos, porém houve interação entre as doses de soro de leite e os anos agrícolas. Em 2014/2015 ocorreu efeito quadrático com ponto de mínimo na dose de 63.423 L ha⁻¹, e no segundo ano não houve efeito das doses SL (Tabela 13 e Figura 16). Em todas as situações avaliadas as concentrações de Zn nas folhas de milho ficaram abaixo da faixa adequada que varia de 15 a 100 mg kg⁻¹ (Coelho *et al.*, 2002), mesmo com

as aplicações de Zn que foram feitas na semeadura, nos dois anos de avaliação.

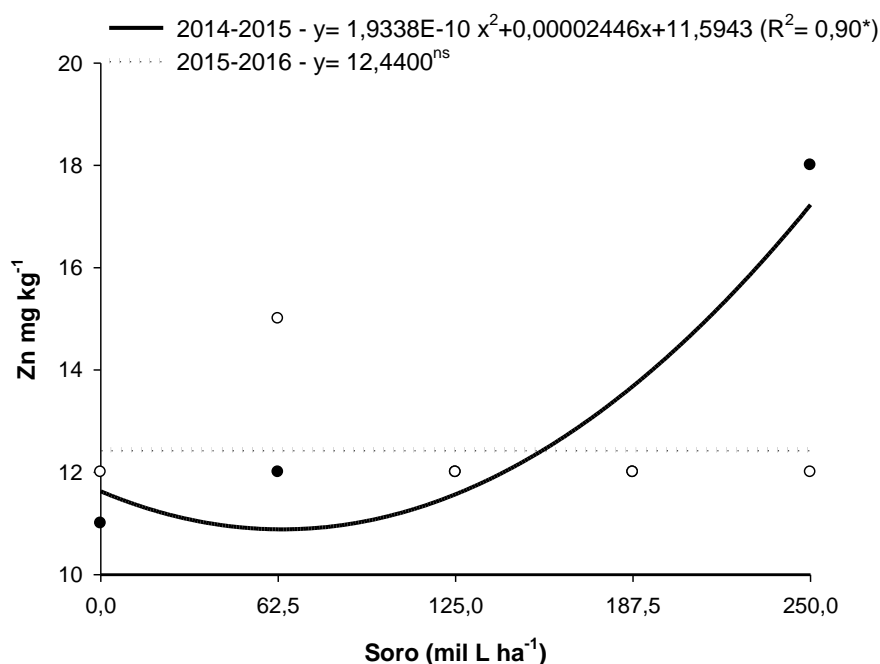


Figura 16. Zinco nas folhas de milho em função das doses de soro ácido de leite nos anos agrícolas 2014-2015 e 2015-2016. * e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Em relação a produção de grãos, o efeito das doses de soro foi quadrático no primeiro ano (**Tabela 14, Figura 17**), com máxima produção de 2.950 kg ha⁻¹ na dose de 85.000 L ha⁻¹ de soro, um incremento de 452 kg ha⁻¹, em comparação ao tratamento sem soro de leite. No primeiro ano a produção foi limitada pela aplicação de soro, ao ponto de as produções com as doses de 187.500 e 250.000 L ha⁻¹ terem sido menores do que a obtida no tratamento sem aplicação de soro (**Tabela 14**). Este efeito deve estar associado ao acúmulo de sais de K⁺ e Na⁺ no solo, devido a menor precipitação pluvial nesse ano.

Tabela 14. Produção de milho em função das doses de soro ácido de leite, aplicadas em cobertura aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura, nos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016.

Soro	Safras	
	2014-2015	2015-2016
L ha ⁻¹	-----kg ha ⁻¹ -----	
0	2.494	3.420
62.500	2.981	4.406
125.000	2.803	3.478
187.500	2.342	3.940
250.000	1.340	3.941
Médias¹	2.392b	3.837a
	Teste F	CV%
Soro 2014/2015	6,08**	24,24
Soro 2015/2016	1,12 ^{ns}	22,20
Soro nos anos agrícolas	1,06 ^{ns}	-
Anos Agrícolas	18,79*	-
Soro X Anos	2,62 ^{ns}	-

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e ^{ns}: significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Acredita-se que ocorreu deficiência de N durante o período de que vai de V8 a VT em que há maior demanda para o crescimento foliar e formação do aparato fotossintético (Almeida *et al.*, 2017), este período, pois parte significativa do N do soro estava na forma orgânica e precisava passar por processos de transformação microbianos, para ser disponibilizada para as plantas de milho. Além disso, deve-se levar em consideração que durante os estádios fenológicos V8 e V12, ocorreu cerca de 15 dias com ocorrência de veranicos, e precipitação pluvial de 39 mm. Chuvas mal distribuídas de acordo com a necessidade da cultura levaram, conseqüentemente, a uma menor produção (ALMEIDA, *et al.*, 2017).

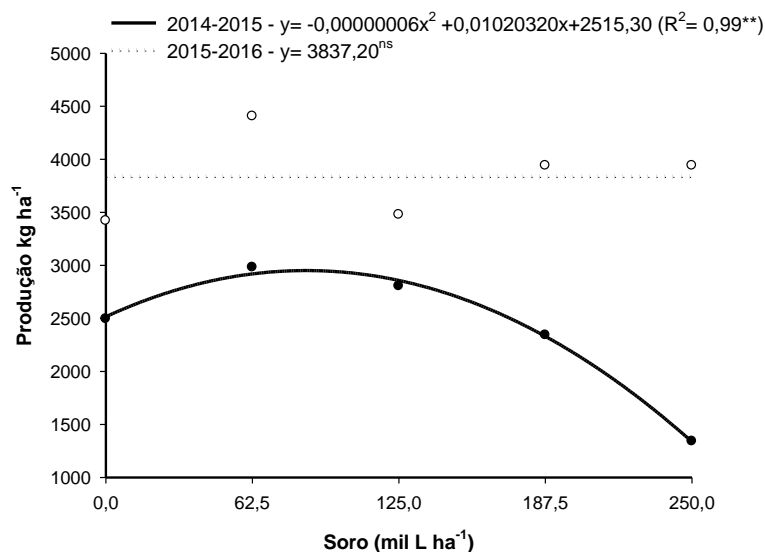


Figura 17. Produção de milho em kg ha⁻¹, em função das doses de soro ácido de leite aplicadas em cobertura aos 15, 30 e 45 após a semeadura, nos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016. ** e ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

No segundo ano não houve efeito significativo das doses de soro, mas a produtividade obtida neste ano foi maior do que a do primeiro ano (Tabela 14), o que deve estar associado à distribuição de chuvas mais ajustadas às necessidades da cultura, e à melhora das condições de fertilidade do solo. Apesar da não significância a diferença entre o tratamento testemunha e a dose de 62.500 L ha⁻¹ foi de 986 kg ha⁻¹. A diferença média de produção entre os anos foi de 1.445 kg ha⁻¹ (Tabela 18) devido à precipitação pluvial mais abundante e menor ocorrência de veranicos.

A baixa produção nos dois anos está mais provavelmente associada à falta de N, apesar de as doses aplicadas por meio do soro terem sido altas. No soro predominam formas de N orgânico, com taxa de mineralização relativamente baixa, em torno de 50% em cerca de 120 dias, em condições de laboratório (KUHLEN, 2010). Nas condições de campo, sobretudo porque as condições climáticas variam, a taxa de mineralização pode ser menor do que os 50% determinados em laboratório, e pode, ainda, não haver sincronismo entre a necessidade da planta e a liberação das formas minerais.

Conclusões

Conclui-se que o soro ácido de leite proporcionou ganhos nas condições de fertilidade do solo, e no primeiro ano agrícola ocorreu aumento da produção de 487 kg ha^{-1} na dose de 85.000 L ha^{-1} . Apesar de terem sido aplicadas grandes quantidades de nutrientes via soro ácido de leite no ambiente de produção, não ocorreu efeito estatístico na produtividade de grãos de milho no segundo ano agrícola.

Referências

ALMEIDA, A. C. S.; BONIFÁCIO, J.; PUSCH, M.; OLIVEIRA, F. C.; GESINHOFF, L. O.; BISCARO, G. A. Produtividade e eficiência de uso da água em milho cultivado com diferentes estratégias de manejo hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1448-1457, 2017.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO Jr., W. **Experimentação agrônômica & Agro Estat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Multipress, 2015: 396.

BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA), Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399p.

BRASIL, R. B.; NICOLAU, E. S.; CABRAL, J. F.; SILVA, M. A. P. Estrutura e estabilidade das micelas de caseína do leite bovino. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 25, n. 2, p. 71-80, 2015.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 2009. 94 p. (Boletim técnico, 106)

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 2001. p. 270-276.

CARMO, C. A. F. S.; ARAÚJO, W. S.; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; 2002. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 45).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de**

classificação de solos. 4.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. p.183.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS (FIEMG). **Dia Mundial do Queijo coloca Minas Gerais como referência nacional da indústria de laticínios.** 2026. Disponível em:

<https://www.fiemg.com.br/noticias/dia-mundial-do-queijo-coloca-minas-gerais-como-referencia-nacional-da-industria-de-laticinios/>. Acesso: 17 de abr.2026

GHERI, E. O.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 753-760, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em 2025, **Brasil registra a maior produção de leite, couro e ovos da história; abate de bovinos, frangos e suínos também é recorde.** 2026. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/46123-em-2025-brasil-registra-a-maior-producao-de-leite-couro-e-ovos-da-historia-abate-de-bovinos-frangos-e-suinos-tambem-e-recorde>. Acesso: 17 de abr.2026.

KUHNEN, F. **Mineralização do nitrogênio do soro ácido de leite.** 2010. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

LIMA, F. R.; ROCHA, L. O. F. Aproveitamento do soro de leite proveniente da produção do queijo do serro para fabricação de doce de leite: viabilidade econômica. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 2, p. 83-93, 2016.

MANTOVANI, J. R.; CARRERA, M.; LANDGRAF, P. R. C.; MIRANDA, J.M. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n. 4, p.324-329, 2015.

MILK POINT. **Indústrias apostam no queijo para crescer.** 2026. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/demanda-estimula-consolidacao-em-queijos-238984/>. Acesso: 17 de abr.2026.

POPPIA, F. A.; COSTAB, M. R.; RENSISC, C. M. V. B; SIVIERID, K. Soro de Leite e Suas Proteínas: Composição e Atividade Funcional. **UNOPAR – Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 31-70, 2010.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Correção da acidez do solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.).

Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1997. p.14-19. (Boletim técnico, 100)

QUEIROZ, S. F. **Soro ácido de leite associado a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho.** 2013. 38 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, “Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017. 420p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 2001. 235p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1997. p.56-59. (Boletim técnico, 100)

RODRIGHERO, M. B; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto: Comissão 3.2 - Corretivos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 1723-1736, 2015.

RUBEL, F.; KOTTEK, M. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. **MeteorologischeZeitschrift**, v. 19, p. 135-141, 2010.

SANTOS, P. M.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. E. C. Resíduo de laticínio em pastagem de capim Mombaça: atributos químicos da forragem e do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 377-390, 2013.