

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE POLIACRILAMIDA ANIÔNICA NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO MILHO**

Murilo Augusto Destefani

JABOTICABAL-SP

1º SEMESTRE/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE POLIACRILAMIDA ANIÔNICA NOS
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO MILHO**

MURILO AUGUSTO DESTEFANI

Orientador: Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para graduação em
ENGENHARIA AGRONÔMICA

JABOTICABAL-SP

1º SEMESTRE/2025

D476i

Destefani, Murilo Augusto

Impacto de diferentes doses de poliacrilamida aniônica nos atributos químicos do solo e na produtividade do milho / Murilo Augusto Destefani. -- Jaboticabal, 2025

37 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Douglas Henrique Bandeira

1. Agricultura. 2. Solos Manejo. 3. Solos Conservação. 4. Solos Agregação. 5. Recursos Agrícolas Conservação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



MURILO AUGUSTO DESTEFANI

IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE POLIACRILAMIDA ANIÔNICA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

Área de Concentração: Manejo do solo

Data da defesa: 10/07/2025

☒ Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. José Eduardo Corá

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. Márcilio Vieira Martins Filho

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

21/07/25

Aprovado Ad Referendum do
Conselho do Departamento

p/ Prof. Dr. José Eduardo Corá
Chefe do Departamento

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSÔA DA CRUZ
Vice-Chefe do
Departamento de Ciência do Solo

Vice-Chefe no Exercício da Chefia do
Departamento de Ciência do Solo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e sabedoria para concluir esse trabalho, pois mesmo nos dias mais difíceis encontrei Nele a resiliência para seguir em frente. Agradeço aos meus pais, que são minha base, por terem me proporcionado todas as condições necessárias para que eu conseguisse focar nos meus estudos e poder dar o melhor de mim. Agradeço também a minha namorada por sempre me apoiar e estar ao meu lado em todos os momentos. Destaco a importância e agradeço todos os professores que tive durante meu trajeto acadêmico, em especial o meu orientador Douglas por me ajudar em todas as etapas da elaboração e conclusão deste trabalho.

"O próprio Senhor irá à sua frente e estará com você; ele nunca o deixará, nunca o abandonará. Não tenha medo! Não se desanime!"

Deuteronômio 31:

IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE POLIACRILAMIDA ANIÔNICA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

RESUMO

A intensificação da agricultura em solos tropicais impõe desafios relacionados à conservação da estrutura e fertilidade do solo, especialmente em sistemas com preparo convencional. Neste contexto, a poliacrilamida aniônica (PAM) tem se destacado como uma alternativa promissora por suas propriedades físico-químicas que favorecem a estabilidade estrutural e a retenção de nutrientes no solo. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação superficial de diferentes doses de PAM (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) sobre os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho (*Zea mays L.*), conduzido em Latossolo Vermelho sob condições tropicais, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP/Jaboticabal. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com três repetições, totalizando 15 parcelas. A aplicação do polímero foi realizada logo após a semeadura, sem incorporação, simulando condições práticas de campo. Os atributos químicos avaliados incluíram pH, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), fósforo disponível, bases trocáveis (K, Ca, Mg) e matéria orgânica, analisados antes e após o ciclo da cultura. A produtividade do milho foi determinada ao final do ciclo, com correção para 13% de umidade. Os resultados indicaram que a aplicação de PAM não promoveu alterações estatísticas nos valores de pH, SB ou CTC, mas favoreceu o aumento da disponibilidade de fósforo e potássio, especialmente nas doses de 75 e 100 kg ha⁻¹. Em termos de produtividade, todas as doses de PAM proporcionaram incrementos em relação à testemunha, sendo a dose de 60 kg ha⁻¹ a que apresentou maior rendimento absoluto, com significância estatística. Conclui-se que a PAM é uma tecnologia promissora para melhorar a eficiência produtiva em solos tropicais, associando benefícios químicos e físicos do solo em uma abordagem sustentável.

Palavras-chave: condicionante de solo, conservação do solo, sustentabilidade agrícola, latossolo vermelho.

IMPACT OF DIFFERENT RATES OF ANIONIC POLYACRYLAMIDE ON SOIL CHEMICAL PROPERTIES AND CORN YIELD

ABSTRACT

The intensification of agriculture in tropical soils poses challenges related to the conservation of soil structure and fertility, especially in systems using conventional tillage. In this context, anionic polyacrylamide (PAM) has emerged as a promising alternative due to its physicochemical properties that enhance structural stability and nutrient retention in the soil. This study aimed to evaluate the effects of surface application of different PAM doses (0, 25, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹) on soil chemical attributes and the yield of maize (*Zea mays* L.), conducted in a Red Latosol under tropical conditions at the Teaching, Research and Extension Farm of UNESP/Jaboticabal. The experiment was carried out in a randomized block design with three replications, totaling 15 plots. The polymer was applied immediately after sowing, without incorporation, simulating practical field conditions. The evaluated chemical attributes included pH, base sum (SB), cation exchange capacity (CEC), available phosphorus, exchangeable bases (K, Ca, Mg), and organic matter, analyzed before and after the crop cycle. Maize yield was determined at the end of the cycle, adjusted to 13% moisture. The results indicated that PAM application did not cause statistical changes in pH, SB, or CEC values but enhanced the availability of phosphorus and potassium, especially at doses of 75 and 100 kg ha⁻¹. In terms of productivity, all PAM doses resulted in yield increases compared to the control, with the 60 kg ha⁻¹ dose showing the highest absolute yield with statistical significance. It is concluded that PAM is a promising technology to improve productive efficiency in tropical soils, combining chemical and physical soil benefits in a sustainable approach.

Keywords: Soil conditioner, soil conservation, agricultural sustainability, Red Latosol

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1	Local do Experimento.....	15
3.2	Instalação das Parcelas.....	16
3.3	Preparo do Solo	16
3.4	Amostragem	17
3.5	Análises realizadas	17
3.6	Aplicação PAM	18
3.7	Variedade e Espaçamento.....	19
3.8	Adubação.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A conservação do solo é um dos principais desafios enfrentados pela agricultura moderna, especialmente em regiões tropicais, onde a intensidade das chuvas e o uso intensivo do solo tornam os sistemas produtivos mais vulneráveis à degradação. A erosão hídrica, frequentemente induzida por manejos inadequados, é responsável pela perda de milhões de toneladas de solo fértil todos os anos, afetando negativamente a produtividade agrícola, a qualidade da água e o equilíbrio ambiental (FAO, 2019; Bertoni & Lombardi Neto, 2017). A busca por práticas sustentáveis que preservem as funções físicas, químicas e biológicas do solo é, portanto, fundamental para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Dentre as práticas emergentes no manejo conservacionista do solo, destaca-se o uso de condicionadores químicos como a poliacrilamida aniônica (PAM). O PAM é um polímero sintético de alto peso molecular, solúvel em água,

com capacidade de interagir com partículas do solo, promovendo a floculação e a estabilização de agregados (Green et al., 2000; Sojka et al., 2007). Seu uso tem sido amplamente estudado em países de clima temperado, onde foi comprovada sua eficácia na redução da erosão, melhoria da infiltração de água, e controle da dispersão de argilas (Lentz & Sojka, 1994; Mamedov et al., 2007).

Embora os efeitos físicos de PAM sejam bem documentados, os impactos sobre os atributos químicos do solo ainda são pouco compreendidos, especialmente em ambientes tropicais. Estudos sugerem que o uso de PAM pode influenciar indiretamente parâmetros como o pH, a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC), uma vez que a estabilização da estrutura do solo pode afetar a dinâmica de retenção e troca de íons na fase sólida (Mamedov et al., 2010; Lentz et al., 2002). No entanto, a maioria dos trabalhos concentra-se em solos de regiões áridas ou semiáridas, com pouca representatividade dos solos altamente intemperizados, ácidos e de baixa atividade química característicos do Brasil (Silva et al., 2020).

O Brasil, com sua grande diversidade edafoclimática e posição de destaque na produção agrícola mundial, apresenta um contexto único para a investigação de tecnologias adaptadas às condições tropicais. Nesse cenário, o milho (*Zea mays L.*) desempenha papel estratégico, sendo uma das culturas de maior importância econômica e social no país. Além de sua elevada demanda por nutrientes e sensibilidade às condições físico-químicas do solo, o milho é frequentemente utilizado em sistemas de rotação de culturas e produção de palhada para o plantio direto, influenciando diretamente a qualidade do solo em sistemas conservacionistas (EMBRAPA, 2018; Malavolta, 2006).

A produtividade do milho está diretamente associada à fertilidade do solo, sendo afetada por atributos como pH, disponibilidade de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e CTC. O manejo inadequado, aliado à elevada exigência nutricional da cultura, pode levar à rápida exaustão da fertilidade, especialmente em solos que já apresentam limitações químicas naturais, como os Latossolos e Argissolos (Novais et al., 2007). Nesse contexto, práticas que contribuam para a manutenção da estabilidade estrutural e da fertilidade química do solo são fundamentais para sustentar altos níveis de produtividade e promover o uso eficiente dos recursos.

Apesar do potencial do uso de PAM como ferramenta para conservação do solo, há uma lacuna importante na literatura científica sobre seus efeitos em ambientes tropicais e em condições reais de cultivo, particularmente no que diz respeito à sua influência sobre os atributos químicos do solo e sua relação com o desempenho de culturas como o milho (Tang et al., 2006; Silva et al., 2020). A maioria dos estudos se concentra nos efeitos físicos imediatos, com poucos dados sobre mudanças na composição iônica do solo, interação com fertilizantes, ou influência a longo prazo sobre a fertilidade.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto de diferentes doses de poliacrilamida aniônica sobre os atributos químicos do solo (pH, soma de bases e capacidade de troca catiônica) e sobre os componentes de rendimento da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho típico de região tropical úmida. Ao integrar a avaliação de parâmetros químicos com o desempenho agrônomo da cultura, busca-se gerar informações científicas que

subsidiem o uso racional dessa tecnologia no Brasil, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais produtivos e sustentáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da aplicação em superfície de doses crescentes de poliacrilamida aniônica (PAM) sobre os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho (*Zea mays*).

Pretende-se contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis, que aliem aumento de produtividade à conservação do solo, especialmente em sistemas que enfrentam desafios como a degradação física e química do solo.

2.2 Objetivos específicos

Investigar como a aplicação de PAM influencia a disponibilidade de nutrientes no solo, incluindo os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e matéria orgânica, contribuindo para a compreensão das possíveis alterações na fertilidade do solo;

Analisar o impacto da PAM sobre a produtividade do milho, considerando parâmetros como a produção de grãos por hectare, peso de espigas e outros componentes do rendimento;

Comparar os resultados obtidos entre as diferentes doses aplicadas, a fim de identificar a dose mais eficiente e sustentável para otimizar o desempenho agrônômico do sistema produtivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi implantado e conduzido nas dependências da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Jaboticabal-SP (21°14' S e 48°17' O), localizado a 605 m de altitude. O clima da microrregião, pelo sistema de Köppen-Geiger, é o Aw-tropical de savana, com verões quentes e chuvosos e invernos mais secos e amenos (Bouhid & Garcia, 2015). A temperatura média anual é de cerca de 22,5° C. A precipitação média anual aproxima-se de 1.500 mm. O solo é um Latossolo Vermelho com textura argilosa, e área experimental possui declividade média de 0,040 m m⁻¹.

3.2 Instalação das Parcelas

O experimento foi conduzido com delineamento em blocos casualizados, com unidades experimentais, ou parcelas, nas dimensões de 5 m X 12 m (60 m²), sem delimitação física, com marcações de extremidades feitas com estacas de bambu cravadas no solo, conforme Figura 1.



Figura 1. Demarcação e implantação das unidades experimentais no campo.
Fonte: O próprio autor.

3.3 Preparo do Solo

O solo de todas as parcelas experimentais foi submetido ao mesmo manejo, com o objetivo de padronizar as condições de cultivo e isolar os efeitos atribuíveis à aplicação de poliacrilamida aniônica. O preparo do solo seguiu o sistema de cultivo convencional, sendo realizado por meio de uma aração seguida de duas gradagens, visando à homogeneização da camada superficial e à adequada distribuição de PAM.

3.4 Amostragem

As coletas de solo foram feitas utilizando anel volumétrico metálico com borda cortante e espátula, em três profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm), conforme ilustra a Figura 2.

A coleta foi feita antes da semeadura e, devido a questões operacionais, a amostragem final foi realizada após o pleno desenvolvimento da cultura, assim que atingiu o estado de maturidade fisiológica e ponto ideal de colheita.



Figura 2. Coletas de solo para caracterização das unidades experimentais, antes e após o cultivo do milho. Fonte: O próprio autor.

3.5 Análises realizadas

As amostras foram preparadas e enviadas para análise química ao laboratório “Ciência em Solo”, localizado em São José do Rio Preto-SP. Os atributos químicos do solo analisados e apresentados no presente estudo foram pH da solução do solo, determinado em solução de cloreto de cálcio, capacidade

de troca de cátions (CTC) ($K^{2+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + H^{+}Al^{3+}$) e soma de bases (SB) ($K^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+}$).

Ainda, analisou-se os teores de fósforo disponível pelo método da resina, potássio, cálcio e magnésio extraídos por resina de troca iônica e determinado por espectroscopia, e matéria orgânica, obtido em oxidação via úmida por solução sulfocrômica e determinado por colorimetria.

Os componentes de rendimento do milho foram avaliados, sendo o número de grãos por espiga, peso de grãos e produtividade, determinados ao final do ciclo da cultura, conforme metodologia descrita por Souza et al. (2013). A produtividade foi calculada a partir da massa de grãos colhida em cada parcela, corrigida para 13% de umidade.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a existência de diferenças estatísticas entre os tratamentos. Quando identificada significância pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, visando à identificação das diferenças entre as doses de poliacrilamida aplicadas.

3.6 Aplicação PAM

A aplicação da poliacrilamida aniônica foi realizada imediatamente após a semeadura do milho, por meio de distribuição a lanço sobre a superfície de cada parcela, buscando-se a máxima uniformidade. Não foi realizada a incorporação do polímero ao solo, mantendo-se sua aplicação em superfície, conforme prática usual para produtos com baixa mobilidade no perfil.

3.7 Variedade e Espaçamento

A cultura escolhida para implementação foi o milho (*Zea mays L.*) e a variedade utilizada foi o híbrido DKB390 pro4, tendo como características o ciclo precoce-médio, com altura de planta entre 225 e 245 cm e altura de inserção de espiga entre 125 e 140 cm. O peso de mil grãos, segundo informações técnicas, fica em média 360g.

A semeadura ocorreu no 10 de dezembro de 2024 e a colheita foi feita no dia 10 de abril de 2025, totalizando 120 dias de cultivo. O espaçamento utilizado foi de 4 sementes por metro linear e 0,45 m entre linhas, totalizando uma população de aproximadamente 88,8 mil plantas por hectare.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados com cinco tratamentos, definidas em função das doses de PAM (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e três repetições, totalizando 15 parcelas.

3.8 Adubação

Na adubação de semeadura foi utilizado o fertilizante formulado NPK 8-28-16, aplicado na dose de 350 kg ha⁻¹, o que forneceu aproximadamente 28 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 98 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) e 56 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O). Essa etapa teve como objetivo principal assegurar o adequado estabelecimento inicial das plantas, promovendo o enraizamento e o desenvolvimento vegetativo precoce.

Já na adubação de cobertura, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (KCl) e 200 kg ha⁻¹ de ureia protegida NBPT. O KCl contribuiu com

cerca de 60 kg ha⁻¹ de K₂O, reforçando o suprimento de potássio, nutriente essencial para a regulação osmótica, fotossíntese e enchimento de grãos. A ureia protegida, por sua vez, forneceu aproximadamente 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com liberação mais eficiente e menor volatilização, promovendo um suporte nutricional contínuo durante as fases de maior exigência da cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado anteriormente, a aplicação de PAM no solo tem sido amplamente estudada por sua eficácia na melhoria dos atributos físicos, especialmente na estabilidade de agregados, infiltração de água e controle da erosão superficial (Sojka et al., 2007; Mamedov et al., 2010). No entanto, os efeitos diretos de PAM sobre os atributos químicos do solo, como pH, soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC), permanecem menos evidentes e são, geralmente, considerados secundários ou indiretos, conforme verificado na Tabela 1.

Os resultados mostraram ausência de diferenças estatísticas significativas entre as doses de PAM para o pH, soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC), independentemente da profundidade e do momento de avaliação (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com Lentz

et al. (2002), que observaram que a PAM, por ser quimicamente neutra, não altera significativamente o pH ou a disponibilidade de cátions trocáveis no solo.

Tabela 1. Valores de pH em CaCl_2 , soma de bases trocáveis (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) no solo, em três profundidades (média das repetições)

Dose (kg ha ⁻¹)	pH (CaCl ₂)		SB (mmol _c dm ⁻³)		CTC (Ca+Mg+K/CTC)	
-----0 – 5 cm-----						
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	5.57 Aa	5.33 Aa	52.00 Aa	40.13 Aa	66.23 Aa	61.73 Aa
25	5.30 Aa	5.23 Aa	38.33 Aa	28.33 Aa	60.33 Aa	57.36 Aa
50	5.30 Aa	5.20 Aa	36.30 Aa	27.06 Aa	55.63 Aa	49.36 Aa
75	5.36 Aa	5.26 Aa	40.93 Aa	30.06 Aa	62.73 Aa	55.93 Aa
100	5.63 Aa	5.33 Aa	45.33 Aa	31.46 Aa	59.50 Aa	54.30 Aa
CV (%)	4,38		16.28		19.66	
-----5 – 10 cm-----						
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	5.50 Aa	5.46 Aa	32.50 Aa	32.50 Aa	58.80 Aa	53.10 Aa
25	5.23 Aa	5.30 Aa	34.83 Aa	30.90 Aa	57.66 Aa	48.73 Aa
50	5.23 Aa	5.10 Aa	39.53 Aa	32.63 Aa	54.23 Aa	48.16 Aa
75	5.23 Aa	5.23 Aa	39.30 Aa	35.46 Aa	56.10 Aa	46.96 Aa
100	5.13 Aa	5.06 Aa	38.96 Aa	38.13 Aa	51.00 Aa	47.86 Aa
CV (%)	4.76		13.44		14.78	
-----10 – 20 cm-----						
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	5.23 Aa	5.43 Aa	38.23 Aa	34.70 Aa	57.73 Aa	52.30 Aa
25	5.40 Aa	5.30 Aa	29.56 Aa	21.33 Aa	56.16 Aa	51.73 Aa
50	5.36 Aa	5.06 Aa	31.46 Aa	30.80 Aa	53.23 Aa	50.03 Aa
75	5.36 Aa	5.13 Aa	33.03 Aa	31.93 Aa	58.23 Aa	53.40 Aa
100	5.36 Aa	5.06 Aa	32.33 Aa	29.26 Aa	50.53 Aa	44.26 Aa
CV (%)	5.25		16.04		13.67	

Médias seguidas da mesma letra: maiúsculas em uma coluna e minúsculas em uma linha não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

Contudo, ao se comparar os valores antes e após o cultivo do milho, foram verificadas reduções consistentes nos valores de SB e CTC em todas as profundidades, especialmente na camada de 0–5 cm, o que possivelmente pode ser atribuído à extração de nutrientes pelo milho e à acidificação do solo causada pela adubação nitrogenada. De acordo com Malavolta (2006), o milho é altamente exigente em nutrientes como cálcio, magnésio e potássio, cuja

remoção intensiva pode levar à redução da SB. A redução da CTC, por sua vez, pode estar associada tanto à redução desses cátions quanto à acidificação do meio, que compromete a eficiência das cargas negativas da matéria orgânica e dos colóides minerais em ambientes tropicais (Novais et al., 2007).

O decréscimo dos valores de pH, embora não tenha sido estatisticamente significativo, seguiu uma tendência de leve acidificação nas camadas superficiais, em especial nas doses mais elevadas de PAM. Tal efeito, no entanto, não pode ser atribuído ao polímero, mas sim ao manejo da cultura do milho e ao uso de fontes nitrogenadas potencialmente acidificantes, como ureia e sulfato de amônio, comumente aplicados em cobertura (Raij et al., 1997). Segundo Ernani et al. (2007), a nitrificação de amônio proveniente dessas fontes resulta na liberação de íons H^+ no solo, promovendo a acidificação do sistema, sobretudo nas camadas superficiais.

Adicionalmente, a redução da CTC efetiva (medida ao pH atual do solo) pode estar relacionada ao decréscimo do pH, uma vez que a atividade dos sítios de troca dependentes de pH, presentes principalmente na matéria orgânica, é reduzida em ambientes mais ácidos (Camargo et al., 2009). Isso explicaria a diminuição mais acentuada da CTC nas doses intermediárias e superiores de PAM, nas quais o efeito do cultivo do milho foi mais expressivo.

Importante destacar que a ação de PAM se restringe predominantemente à superfície do solo (0–5 cm), devido à sua baixa mobilidade no perfil, sendo seus efeitos mais associados à mitigação da erosão e conservação da estrutura superficial (Sojka & Entry, 2000). Assim, é coerente que não tenham sido observadas alterações significativas nos atributos químicos em profundidades

maiores, nem entre as doses de aplicação, e, sobretudo, devido ao fato de ter sido o primeiro ano agrícola da área experimental com aplicação de PAM.

Tabela 2. Teores de P resina, bases trocáveis (K, Ca, Mg) e matéria orgânica (MO) em amostras de solo na camada de 0 – 5 cm (média das repetições)

Doses	P resina		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		MO	
(kg ha ⁻¹)	(mg dm ⁻³)		(mmol _c dm ⁻³)		(mmol _c dm ⁻³)		(mmol _c dm ⁻³)		(g dm ⁻³)	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	38,3Ba	41,5Aa	3,1Aa	4,0Aa	24,7Aa	25,3Aa	16,0Aa	18,3Aa	23,7Aa	22,9Aa
25	35,8ABa	44,5Ab	3,0Aa	4,5Ab	23,0Aa	29,7Aa	9,7Aa	12,3Aa	20,5Aa	21,4Aa
50	36,2ABa	43,4Ab	2,7Aa	4,6Ab	20,0Aa	23,3Aa	10,7Aa	11,0Aa	20,3Aa	22,2Aa
75	35,1ABa	47,4Ab	3,0Aa	4,6Ab	23,7Aa	25,7Aa	12,7Aa	14,0Aa	22,1Aa	24,6Aa
100	29,4Aa	44,8Ab	3,1Aa	5,3Ab	23,3Aa	26,3Aa	10,0Aa	11,7Aa	22,5Aa	24,3Aa
CV (%)	9.11		19.49		21.26		25.28		9.81	

Médias seguidas da mesma letra: maiúsculas em uma coluna e minúsculas em uma linha não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

Os teores de fósforo extraído por resina apresentaram incremento após o cultivo do milho em todos os tratamentos com PAM, na camada de 0 – 5 cm (Tabela 2), sendo este efeito mais pronunciado nas doses de 75 e 100 kg ha⁻¹, com aumentos de 35,1 para 47,4 mg dm⁻³ e de 29,4 para 44,8 mg dm⁻³, respectivamente. Esses resultados contrastam com a leve elevação observada na testemunha (38,3 para 41,5 mg dm⁻³), sugerindo que a presença de PAM pode ter influenciado positivamente a disponibilidade de fósforo no solo.

Esse aumento pode estar relacionado à capacidade do PAM de melhorar a estrutura do solo e a retenção de umidade, criando condições mais favoráveis à difusão e à persistência do fósforo em solução (Levy & Miller, 1997; Lentz & Sojka, 2000). Além disso, o PAM pode atuar indiretamente na mobilização de P

ao minimizar a adsorção em microagregados argilosos, cuja estabilidade estrutural pode ser alterada pelo polímero (Mamedov et al., 2010). A interação entre PAM e partículas do solo pode favorecer a manutenção do P na solução do solo, reduzindo perdas por fixação em formas menos disponíveis.

Os teores de potássio trocável aumentaram após o cultivo em todos os tratamentos, com destaque para a dose de 100 kg ha^{-1} , na camada superficial (Tabela 2), onde o valor passou de 3,1 para $5,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$. A testemunha apresentou aumento menos expressivo (de 3,1 para $4,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$). Esses dados indicam que o uso de PAM pode ter contribuído para a conservação de potássio na zona radicular, possivelmente pela redução da lixiviação, efeito também descrito por Wang et al. (2011).

Além disso, a menor mobilidade da água no solo tratado com PAM pode favorecer a retenção de íons monovalentes, como K^+ , na fase sólida do solo, especialmente em solos de textura média ou arenosa, onde as perdas por lixiviação tendem a ser mais relevantes (Lentz & Sojka, 2009).

Os teores de cálcio e magnésio apresentaram variações positivas em todos os tratamentos, na camada superficial (Tabela 2), embora sem diferenças estatísticas entre doses. O aumento no Ca^{2+} , por exemplo, variou de 20,0 para $23,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$ na dose de 50 kg ha^{-1} e de 23,3 para $26,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$ na dose de 100 kg ha^{-1} . Para o Mg^{2+} , observaram-se elevações discretas, como de 10,0 para $11,7 \text{ mmolc dm}^{-3}$ na dose de 100 kg ha^{-1} .

A manutenção ou aumento desses cátions trocáveis pode estar associada à menor perda de partículas finas e coloides, especialmente sob chuva intensa, condição comum em regiões tropicais. O PAM contribui para a agregação do

solo e, conseqüentemente, reduz o transporte de frações coloidais ricas em bases trocáveis (Sojka & Entry, 2000; Orts et al., 2000).

Tabela 3. Teores de P resina, bases trocáveis (K, Ca, Mg) e matéria orgânica (MO) em amostras de solo na camada de 5 – 10 cm (média das repetições)

Doses (kg ha ⁻¹)	P resina (mg dm ⁻³)		K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)		Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)		Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)		MO (g dm ⁻³)	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	39.4 Aa	37.5 Ba	3.1 Aa	3.5 Ba	28.6 Aa	29.3 Ba	16.3 Aa	16.3 Ba	21.9 Aa	24.1 Ba
25	36.8 Aa	44.0 Ba	2.5 Aa	4.1 Bb	27.0 Aa	25.3 Ba	10.3 Aa	13.3 Ba	18.9 Aa	20.2 Ba
50	38.2 Aa	39.5 Ba	2.6 Aa	3.2 Ba	18.0 Aa	20.6 Ba	10.3 Aa	9.3 Ba	22.9 Aa	25.2 Ba
75	42.2 Aa	39.9 Ba	3.8 Aa	4.3 Ba	27.6 Aa	22.0 Ba	10.6 Aa	10.3 Ba	20.6 Aa	22.4 Ba
100	41.0 Aa	40.2 Ba	3.1 Aa	3.3 Ba	25.6 Aa	24.0 Ba	9.3 Aa	11.0 Ba	21.3 Aa	22.4 Ba
CV (%)	13.84		24.59		16.98		15.95		7.88	

Médias seguidas da mesma letra: maiúsculas em uma coluna e minúsculas em uma linha não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 3, observou-se redução dos teores de P após o cultivo do milho na dose controle (0 kg ha⁻¹), mas em geral, nas doses de PAM (25 a 100 kg ha⁻¹), o teor de P se manteve ou apresentou ligeiros aumentos, como na dose de 25 kg ha⁻¹ (36,8 → 44,0 mg dm⁻³).

A manutenção ou até aumento do P nos tratamentos com PAM pode estar associada à redução da perda por erosão e maior proteção superficial, que limita o transporte de fósforo particulado, como relatado por Lentz e Sojka (2000) e Sojka et al. (2007). Além disso, o PAM pode melhorar a retenção de partículas finas, onde o fósforo fica adsorvido. Por outro lado, a queda no P na testemunha (0 kg ha⁻¹) é esperada, considerando a absorção pelo milho e a ausência de proteção estrutural.

Ainda de acordo com a Tabela 3, houve aumento significativo de K⁺ após o cultivo em todas as doses, incluindo o controle. Esse aumento foi mais expressivo nas doses de 25 e 75 kg ha⁻¹. A elevação dos teores de K⁺ pode estar associada ao efeito residual da adubação potássica aplicada para o milho,

somado à menor lixiviação de potássio nas doses de PAM, devido à melhoria da estrutura e retenção de água no solo (Sojka et al., 2007; Yu et al., 2003). A retenção de K^+ em solos tratados com PAM também pode estar relacionada à maior estabilidade de agregados, reduzindo o transporte de K^+ com a água percolada (Entry et al., 2002).

Os teores de Ca^{2+} mostraram comportamento variável entre as doses (Tabela 3). No controle (0 kg ha^{-1}), houve um pequeno aumento. Nas doses de 25 e 100 kg ha^{-1} , houve redução após o milho, enquanto nas doses de 50 e 75 kg ha^{-1} , os valores aumentaram. Essa variação pode estar relacionada à combinação de fatores como a absorção pelas plantas de milho, diluição ou concentração por efeito da umidade e dinâmica de bases trocáveis no solo e, em algumas doses, a melhora na estrutura física pode ter favorecido maior movimentação de Ca^{2+} , enquanto em outras, o efeito foi neutralizado pelo consumo da cultura.

Os efeitos da PAM sobre o cálcio são geralmente indiretos, ocorrendo via melhora na infiltração e na estrutura, como observado por Mamedov et al. (2007).

Os teores de Mg^{2+} apresentaram pouca variação em todas as doses, mantendo-se relativamente estáveis antes e após o cultivo (Tabela 3). O magnésio, por ser menos móvel que o potássio e menos suscetível à lixiviação, apresentou pouca resposta à aplicação de PAM e ao cultivo. A estabilidade dos teores de Mg é coerente com o comportamento descrito na literatura, onde o PAM não tem efeito direto sobre a disponibilidade de Mg^{2+} , mas pode reduzir sua perda por erosão (Sojka et al., 2007).

Para a matéria orgânica (MO), houve pequeno aumento da MO em todas as doses, incluindo o controle, após o ciclo do milho (Tabela 3). O aumento é provavelmente resultado da acumulação de resíduos culturais da cultura do milho (raízes e restos de palhada). Além disso, o efeito da PAM pode ter contribuído indiretamente para a redução de perdas de MO por erosão e escoamento superficial, especialmente nas doses mais altas, como sugerem Lentz et al. (1992) e Entry et al. (2002).

Por ser um polímero sintético, o PAM não adiciona matéria orgânica ao solo, mas contribui para sua conservação nas camadas superficiais.

Tabela 4. Teores de P resina, bases trocáveis (K, Ca, Mg) e matéria orgânica (MO) em amostras de solo na camada de 10 – 20 cm (média das repetições)

Doses (kg ha ⁻¹)	P resina (mg dm ⁻³)		K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)		Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)		Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)		MO (g dm ⁻³)	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
0	30.5 Aa	30.7 Ba	3.0 Aa	4.2 Ba	21.0 Aa	27.0 Ba	11.0 Aa	11.3 Ba	21.03 Aa	21.4 Aa
25	19.8 Aa	21.9 Ba	3.0 Aa	3.0 Ba	16.0 Aa	19.3 Ba	10.6 Aa	11.0 Ba	22.5 ABa	22.1 ABa
50	22.3 Aa	24.2 Ba	3.4 Aa	3.4 Ba	16.1 Aa	15.6 Ba	9.3 Aa	11.6 Ba	21.3 Aa	21.4 Aa
75	24.2 Aa	25.8 Ba	2.93 Aa	2.3 Ba	19.3 Aa	18.6 Ba	11.3 Aa	11.0 Ba	25.6 Ba	25.5 Ba
100	23.3 Aa	23.8 Ba	2.93 Aa	2.8 Ba	19.6 Aa	17.6 Ba	11.0 Aa	9.1 Ba	22.6 ABa	21.8 ABa
CV (%)	20.91		18.21		17.48		13.24		7.35	

Médias seguidas da mesma letra: maiúsculas em uma coluna e minúsculas em uma linha não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

Na camada mais profunda (10 – 20 cm), os teores de fósforo aumentaram levemente após o milho em todas as doses, com pequenas variações numéricas (ex.: de 30,5 → 30,7 mg dm⁻³ no controle e de 19,8 → 21,9 mg dm⁻³ na dose de 25 kg ha⁻¹), conforme demonstra a Tabela 4.

Esse leve aumento pode ser resultado de mobilização de P da camada superficial para camadas subsuperficiais, favorecida pela melhora na infiltração de água com a aplicação de PAM, como relatado por Sojka et al. (2007). Outro fator é a reciclagem de fósforo via sistema radicular do milho, que pode ter aumentado a concentração de P na zona explorada pelas raízes.

Para os teores de K^+ , houve aumento leve em algumas doses, como no controle ($3,0 \rightarrow 4,2 \text{ mmolc dm}^{-3}$), enquanto nas doses de 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1} as variações foram pequenas e estatisticamente não significativas (Tabela 4). O aumento no controle pode refletir liberação natural de K^+ pelo solo, ou uma concentração residual após o cultivo, devido à redução do volume de água nos poros após o período de cultivo.

O efeito da PAM sobre o K^+ na subsuperfície é geralmente pequeno, visto que o polímero atua principalmente na camada superficial (0–10 cm) (Sojka et al., 2007; Entry et al., 2002).

Na mesma camada, os teores de Ca^{2+} aumentaram após o milho na maioria das doses, principalmente no controle ($21,0 \rightarrow 27,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$) e na dose de 25 kg ha^{-1} ($16,0 \rightarrow 19,3 \text{ mmolc dm}^{-3}$). Esse aumento pode ser devido a dois fatores principais: concentração devido ao consumo de água pelas plantas e evapotranspiração, reduzindo o volume de solução do solo; possível movimentação descendente de Ca^{2+} proveniente da camada superficial, favorecida pelo melhor fluxo de água em solos com PAM. Segundo Mamedov et al. (2007), o PAM melhora a infiltração, o que pode levar a algum movimento de cátions solúveis como o Ca^{2+} para camadas mais profundas.

Os teores de Mg^{2+} se mantiveram relativamente estáveis ou aumentaram levemente após o milho em quase todas as doses, na mesma profundidade (Tabela 4). O Mg^{2+} , por ter mobilidade intermediária no solo, pode ter sido concentrado por efeito de evaporação ou consumo de água pela planta, mas a ação da PAM sobre o Mg^{2+} na camada de 10-20 cm é geralmente discreta, como observado por Lentz et al. (1992).

Os teores de MO praticamente não mudaram antes e após o milho em todas as doses (Tabela 4). Isso é esperado, pois a matéria orgânica varia lentamente ao longo do tempo, especialmente em camadas subsuperficiais. A aplicação de PAM, por ser um polímero sintético e aplicado em pequenas doses, não altera diretamente os teores de MO (Sojka et al., 2007). A estabilidade da MO também indica que não houve deslocamento significativo de material orgânico da superfície para camadas mais profundas, o que está de acordo com o comportamento físico-químico de PAM no solo.

A produtividade do milho apresentou resposta positiva à aplicação de PAM, conforme demonstrado pela curva de regressão cúbica ajustada aos dados experimentais, com coeficiente de determinação $R^2=0,9925$ (Figura 3). Tal valor evidencia um elevado grau de explicação da variabilidade da produtividade em função das doses aplicadas, refletindo a eficiência do modelo para representar o comportamento da cultura diante da adição de PAM.

Observa-se que a produtividade aumentou progressivamente com o incremento das doses, sendo que os maiores ganhos relativos ocorreram até a dose de 60 kg ha^{-1} . A partir desse ponto, embora os valores absolutos de produtividade continuem a subir, o aumento se dá a uma taxa decrescente, indicando uma tendência de estabilização da resposta da cultura. Esse comportamento é coerente com estudos prévios, como os de Sojka e Entry (2000) e Lehrs et al. (2012), que destacam o efeito benéfico da PAM na estruturação do solo, promovendo maior retenção de água, redução da erosão e melhor aeração.

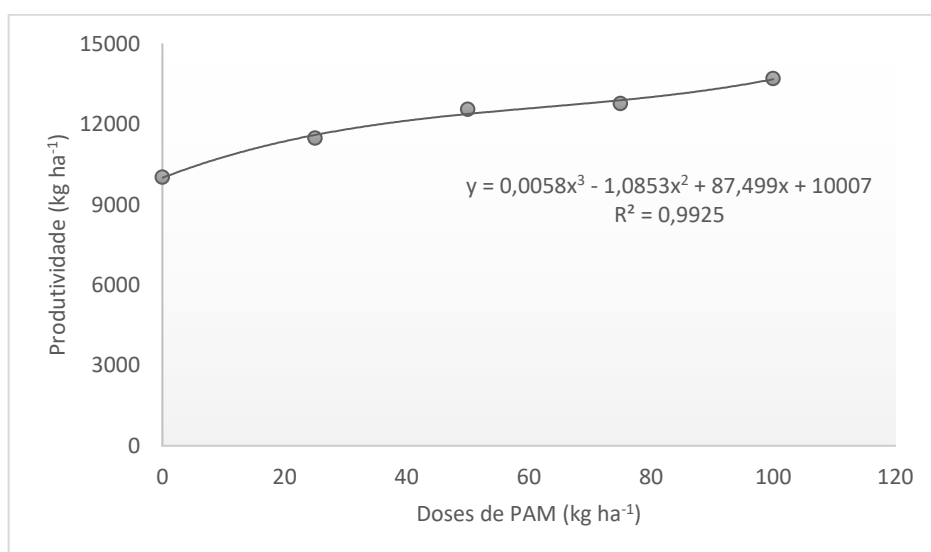


Figura 3. Valores de produtividade do milho (kg ha⁻¹) em tratamentos com distintas doses de PAM (média das repetições).

Trabalhos realizados por Sojka et al. (2007) mostram que a aplicação de PAM pode melhorar significativamente a produtividade de culturas em sistemas irrigados. Resultados similares foram observados por El-Morsy et al. (2020), que relataram aumento de produtividade de milho com aplicação de até 80 kg ha⁻¹ de PAM, porém com incrementos marginais reduzidos acima de 60 kg ha⁻¹. Esses dados corroboram os encontrados no presente estudo, reforçando que a resposta da cultura tende à saturação em doses elevadas, quando os benefícios físicos promovidos pelo PAM atingem seu limite funcional.

Sob a ótica agrônômica e econômica, a dose de 60 kg ha⁻¹ de PAM se destaca como a mais vantajosa, representando o ponto de inflexão entre ganho produtivo expressivo e limitação de retorno marginal. Esta dose proporcionou um aumento notável da produtividade em relação à testemunha (0 kg ha⁻¹), ao mesmo tempo em que evita o custo adicional associado a doses mais elevadas, cujos ganhos não justificam economicamente o investimento. Essa interpretação está em linha com os princípios de manejo sustentável, que visam otimizar a

produtividade com o menor uso de insumos possível, respeitando os limites físico-químicos do sistema solo-planta.

Cabe ainda considerar que os efeitos da PAM podem ser mais expressivos em solos suscetíveis à degradação estrutural, com baixa matéria orgânica ou submetidos a preparo intensivo, como o preparo convencional utilizado no experimento. Em sistemas de plantio direto, os benefícios da PAM podem ser complementares, mas talvez menos evidentes devido à melhor estrutura natural desses sistemas (Green et al., 2000).

5 CONCLUSÕES

A aplicação de poliacrilamida aniônica (PAM) mostrou efeito positivo nos atributos químicos do solo, especialmente na camada de 0–5 cm, com destaque para o aumento da disponibilidade de fósforo e potássio. Os dados sugerem que o polímero contribui para a melhoria da estrutura e retenção de umidade do solo. Embora os efeitos tenham sido mais evidentes nas camadas superficiais, também foram observadas melhorias sutis em profundidade.

Em termos de produtividade do milho, a dose de 60 kg ha⁻¹ destacou-se pelo melhor custo-benefício, indicando o potencial da PAM como aliada no manejo sustentável de solos agrícolas.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (2017). Conservação do solo. 8. ed. São Paulo
- BOUHID, R.; GARCIA, G. J. (2015). Caracterização climática de Jaboticabal-SP para estudos agrometeorológicos. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 17, p. 110–125.
- CAMARGO, O. A., MONIZ, A. C., JORGE, J. A., & VALADARES, J. M. A. S. (2009). *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas*. IAC, Boletim Técnico, 106.
- COOKMEYER, T.; MOORE, J. E. (2023). Dynamics of fractionalized mean-field theories: Consequences for Kitaev materials. *Physical Review B*, v. 107, n. 22, p. 224428.
- EL-MORSY, M. A.; ZAGHLOUL, S. M.; ABDEL-AAL, S. M. (2020). Soil conditioners and irrigation efficiency in maize (*Zea mays* L.) production under sandy soil. *Agricultural Water Management*, v. 236, 106155.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de manejo e conservação do solo e da água. (2021). Contribuições para a sustentabilidade da agricultura. Brasília, DF.
- EMBRAPA. (2018). Sistema de produção do milho. Embrapa Milho e Sorgo.

ENTRY, J. A.; SOJKA, R. E.; HANEY, R. L. (2002) Influence of polyacrylamide application on nutrient movement in soils. *Journal of Environmental Quality*, v. 31, n. 1, p. 62–67.

ERNANI, P.R. ET AL. (2007). *Acidez do solo e sua correção*. In: Manual de manejo e fertilidade do solo.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Rome: FAO.

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; NORTON, L. D. (2000). Polyacrylamide: A review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment. *Journal of Soil and Water Conservation*, 55(3), 3-13.

LEHRSCHE, G. A.; SOJKA, R. E.; KOCH, D. W. (2012) Polyacrylamide and water quality effects on furrow irrigation erosion and infiltration. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 67, n. 3, p. 216–222.

LENTZ, R. D., SOJKA, R. E., & ROBBINS, C. W. (2002). Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging polyacrylamide technology. *Journal of Environmental Quality*, 31(2), 550–558.

LENTZ, R. D., & SOJKA, R. E. (2009). PAM treatment effects on infiltration, runoff, and erosion in furrow irrigation. *Transactions of the ASABE*, 52(2), 493–502.

LENTZ, R. D., & SOJKA, R. E. (2000). Applying polyacrylamide to reduce phosphorus losses from surface-irrigated fields. *Journal of Environmental Quality*, 29(2), 718–727.

LENTZ, R. D.; SOJKA, R. E. (1994). Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. *Soil Science*, 158(4), 274-282.

LEVY, G. J., & MILLER, W. P. (1997). Aggregate stability of some southern US soils. *Soil Science Society of America Journal*, 61(4), 1176–1182.

MALAVOLTA, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres.

MALIK, M.; LETEY, J. (1992). Pore-size-dependent apparent viscosity for organic solutes in saturated porous media. *Soil Science Society of America Journal*, 56(4), 1032-1038.

MAMEDOV, A. I., Huang, C., & Levy, G. J. (2010). Polyacrylamide effects on aggregate and structure stability of soils with different clay mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 74(5), 1658–1668.

MAMEDOV, A. I., Levy, G. J., & Shainberg, I. (2007). Water infiltration and seal formation as affected by soil texture and polyacrylamide molecular weight. *Soil Science*, 172(1), 20–29.

MANNIGEL, A. R. et al. (2002). Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo em cultivo de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 705–717.

MORGAN, R. P. C. (2005) *Soil erosion and conservation*. 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing.

NOVAIS, R. F. ET AL. (2007). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

ORTS, W. J., SOJKA, R. E., & GLENN, G. M. (2000). Preventing soil erosion with polymer additives. *Polymer News*, 25(12), 406–413.

RAIJ, B. VAN ET AL. (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. IAC.

SILVA, A. C. R.; OLIVEIRA, R. A.; COSTA, K. A. (2020). Uso de polímeros sintéticos na agricultura brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 44.

SOJKA, R. E.; BJORNEBERG, D. L.; ENTRY, J. A.; LENTZ, R. D.; ORTS, W. J. (2007). Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. *Advances in Agronomy*, 92, 75–162.

SOJKA, R. E., & ENTRY, J. A. (2000). Influence of polyacrylamide application to soil on movement of microorganisms in runoff water. *Environmental Pollution*, 108(3), 405–412.

SOUZA, C. M.; BORGHI, E.; SILVA, K. R.; SARTORATO, I.; SILVA, A. G. (2013). Comportamento de híbridos de milho em diferentes níveis tecnológicos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 123–134.

TANG, Z.; ZHANG, X.; YU, Z. (2006). Polyacrylamide application in irrigation for erosion control and infiltration improvement. *Agricultural Water Management*, 83(1-2), 1–12.

WANG, Ai-Ping; LI, Fa-Hu; YANG, Sheng-Min. (2011) *Effect of polyacrylamide application on runoff, erosion, and soil nutrient loss under simulated rainfall*. *Pedosphere*, [S.l.], v. 21, n. 5, p. 628–638.

YU, J.; ZHANG, X.; KHOI, D. N.; WANG, R. (2003). The influence of polyacrylamide on infiltration and erosion in agricultural soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 58, n. 4, p. 247–250.