

PLANEJAMENTO FATORIAL DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA A BASE DE *Moringa oleifera* E ALGINATO DE SÓDIO

ADRIANA R. FRANCISCO¹, TAIZE CASTANHO², GIOVANI A. BROTA³, JOSÉ E. S. PATERNIANI⁴.

¹ Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Pós doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas-SP, Fone.: (0XX19) 3521-1029 – z_drica@yahoo.com.br;

² Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Mestranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP;

³ Tecnólogo em Saneamento Ambiental, Doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP;

⁴ Eng^o Civil, Prof. Livre docente da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas-SP.

**Apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015 - São Pedro - SP, Brasil**

RESUMO - Em regiões onde não há tratamentos convencionais de água, a utilização de *Moringa oleifera* como agente coagulante é amplamente empregada. Entretanto, é necessário implantar melhorias nas técnicas de aplicação, tendo em vista a grande carga residual de sólidos proveniente da semente em água tratada. Esse trabalho teve como objetivo selecionar as melhores dosagens de aplicação de *Moringa oleifera* com Alginato de Sódio por meio de planejamento fatorial 2³. O Alginato de Sódio adicionado em íons de Cálcio permite a formação de esferas geleificantes, a fim de concentrar o excesso residual da semente. Uma triagem das principais variáveis foi desenvolvida para traçar o planejamento: massa de Alginato de Sódio (0,250 e 0,300 g), massa de *Moringa oleifera* (2 e 3 g) e gradiente de mistura rápida na coagulação (200 e 400 s⁻¹). O tratamento que se destacou obteve 99% de eficiência para redução de turbidez em água tratada, empregando menor quantidade de Alginato de Sódio, maior quantidade de *Moringa oleifera* e menor gradiente de mistura. Calculando os efeitos de interação de primeira e segunda ordem no planejamento foi possível observar que a *Moringa oleifera* foi a variável determinante que contribuiu no tratamento independente da massa aplicada.

Palavras-chave: sementes, coagulante natural, esferas geleificantes

FACTORIAL DESIGN OF A SYSTEM WATER TREATMENT BASED OF *Moringa oleifera* AND SODIUM ALGINATE

ABSTRACT - In places where no conventional water treatment, *Moringa oleifera* as coagulant is widely employed. However, it is necessary improves application techniques, in order to reduce residual solids of *Moringa oleifera* in treated water. This work aimed to select the best *Moringa oleifera* application rates with Sodium Alginate by 2³ factorial design. Sodium Alginate added Calcium ions allows the formation of gelling spheres, in order to concentrate the residual excess of the seed. There was a study that was possible to choose of variables in the planning: mass Sodium Alginate (0.250 and 0.300 g), mass *Moringa oleifera* (2 and 3 g) and rapid mixing gradient for coagulation (200 and 400 s⁻¹). The best treatment obtained efficiency of 99% for reducing turbidity in treated water, using smaller amount of Sodium alginate, a greater amount of *Moringa oleifera* and lower gradient mixture. Calculating the effects of first and second order interaction in planning it was observed that the *Moringa oleifera* was the variable that contributed in the treatment independent of applied mass.

Key-words: seeds, natural coagulants, gelling spheres

INTRODUÇÃO

Nas zonas rurais do nordeste brasileiro a utilização das sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de água para o consumo humano tem sido prática frequente, dada à escassez de água potável para a população rural dessa região (BEZERRA, *et al.*, 2004). A maior desvantagem do uso do extrato de solução contendo o pó de sementes de *Moringa oleifera* é a quantidade de resíduos da semente dispersos em água tratada, uma vez que proporcionam o aumento do teor de matéria orgânica em água tratada (GHEBREMICHEL *et al.*), 2005.

Diante da inovação de novos métodos de aplicação da *Moringa oleifera* para a redução do teor de matéria orgânica no tratamento de água, a utilização do pó da semente imobilizado em esferas preparadas a partir do Alginato de Cálcio e Cloreto de Cálcio pode também impedir a dispersão de matéria orgânica. Entretanto, é necessário testar as diversas combinações entre a semente e esses reagentes para dessa forma estabelecer um tratamento adequado.

Por essa razão, esse trabalho visa empregar um estudo de planejamento fatorial 2^3 para estabelecer as melhores condições de tratamento entre as principais variáveis de estudos para a utilização da *Moringa oleifera* imobilizada em Alginato de Sódio no tratamento de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, nos laboratórios de Hidráulicas e Saneamento. Para tal foi utilizado o espaço físico do Laboratório de Hidráulica para as instalações experimentais, e no Laboratório de Saneamento ocorreu desenvolvimento das análises físico/químicas.

O estudo consistiu em imobilizar a *Moringa oleifera* em Alginato de Sódio formando esferas geleificantes para minimizar a dispersão de matéria orgânica em água tratada. Como essa nova metodologia de aplicação nunca foi testada, houve necessidade em promover um estudo de triagem para combinar as melhores dosagens do coagulante com o Alginato de Sódio, e após isso conduzir uma otimização a partir do planejamento fatorial 2^3 , e dessa forma determinar as melhores dosagens no tratamento da água.

A água utilizada neste estudo foi preparada sinteticamente pela adição de bentonita em água destilada, com objetivo de elevar a turbidez em torno de 60 NTU. O preparo consistiu em adicionar 3,5 bentonita em um recipiente contendo 18 litros de água destilada e deionizada por agitação durante 30 minutos. Após esse intervalo, a água é deixada em repouso por 24 horas.

Na triagem entre as combinações de dosagens de Alginato de Sódio destacaram as concentrações de 1% (0,250g), 1,1% (0,275g), 1,2% (0,300 g). Essas massas de Alginato de Sódio foram medidas em béqueres e posteriormente adicionadas 25 mL de solução coagulante líquida a base de *Moringa oleifera*. Após esse procedimento, a mistura foi deixada em agitação constante por um período de “overnight”. No dia seguinte foi adicionado pó de *Moringa oleifera* sob a mistura e agitado por 30 minutos. As esferas foram formadas a partir do gotejamento dessa mistura em Cloreto de Cálcio 1,0 M. Ao final, as esferas foram banhadas novamente em Cloreto de Cálcio 15% e lavadas com água destilada e deionizada.

O aparelho utilizado para avaliar o tratamento da água foi o reator estático composto por jarros, denominado Jar Test. Preencheu-se cada jarro com 2 L de água sintética preparada com bentonita, e em seguida adicionou-se as esferas prontas. A operação conduziu-se por 30 segundos de mistura rápida (coagulação), 30 minutos de mistura lenta (floculação) e decantação (120 minutos), sendo esse último processo utilizado para promover as coletas de amostras.

Nesse estudo foi empregado o planejamento fatorial 2^3 , por se tratar de um planejamento adequado ao número de variáveis que mais influenciaram durante a triagem. As variáveis selecionadas foram massa de Alginato de Sódio, massa de *Moringa oleifera* e gradiente de mistura rápida, durante a etapa de coagulação. Para avaliar o planejamento fatorial 2^3 utilizou-se como resposta a turbidez, que é um parâmetro fundamental de qualidade de água. Além disso, todos os ensaios foram conduzidos em duplicata. As quantidades de cada um determinadas pelos níveis inferior (-) e superior (+) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis selecionadas e seus respectivos níveis, no planejamento 2³

Variáveis (x)	Nível (-)	Nível (+)
Massa de Alginato de Sódio (g) – x ₁	0,250	0,300
Massa de pó de <i>Moringa oleifera</i> (g) – x ₂	2,0	3,0
Gradiente de velocidade (s ⁻¹) – x ₃	200	400

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do planejamento fatorial 2³, a partir da resposta do parâmetro turbidez, mostraram que para todas as combinações existentes ocorreu eficiência no tratamento de água acima de 95%. A grande maioria das amostras testadas obtiveram turbidez abaixo de 1 NTU, sendo considerado pela legislação de potabilidade de água da Portaria 2914 do Ministério da Saúde, um valor de referência em tratamento de água. Na tabela 2 é possível observar todas as combinações geradas a partir s variáveis e os resultados obtidos em cada ensaio.

Tabela 2: Resultado do planejamento 2³ a partir das combinações entre as variáveis

	Variáveis			Interações				Turbidez (NTU)	Turbidez (NTU)				
	1ª ordem			2ª ordem		3ª ordem				Média	Var	Desv Pad	Eficiência (%)
Média	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₂	x ₁₃	x ₂₃	x ₁₂₃						
Ensaio 1	+	-	+	-	+	-	+	0,61	0,70	0,66	0,01	0,06	99,00
Ensaio 2	+	+	-	+	-	+	-	1,13	1,08	1,11	0,01	0,04	98,31
Ensaio 3	+	-	-	+	+	-	+	0,58	0,85	0,71	0,04	0,19	98,91
Ensaio 4	+	-	+	+	-	-	+	1,33	1,53	1,43	0,02	0,14	97,82
Ensaio 5	+	+	+	-	+	-	-	0,80	0,74	0,77	0,01	0,04	98,82
Ensaio 6	+	+	-	-	-	-	+	1,31	1,76	1,54	0,10	0,32	97,66
Ensaio 7	+	-	-	-	+	+	+	3,20	2,87	3,04	0,05	0,23	95,37
Ensaio 8	+	+	+	+	+	+	+	0,59	1,49	1,04	0,41	0,64	98,41

Foi possível observar que o melhor tratamento foi o menor nível da massa de Alginato, maior nível na massa do pó de *Moringa oleifera* e o menor nível de gradiente de mistura rápida, atingindo eficiência de 99% no tratamento de água. Além dos resultados de planejamento fatorial 2³, também foi realizado o cálculo de interação entre os efeitos das variáveis (Tabela 3), gerando o cálculo do coeficiente de contraste (BARROS NETO *et al.*, 2007).

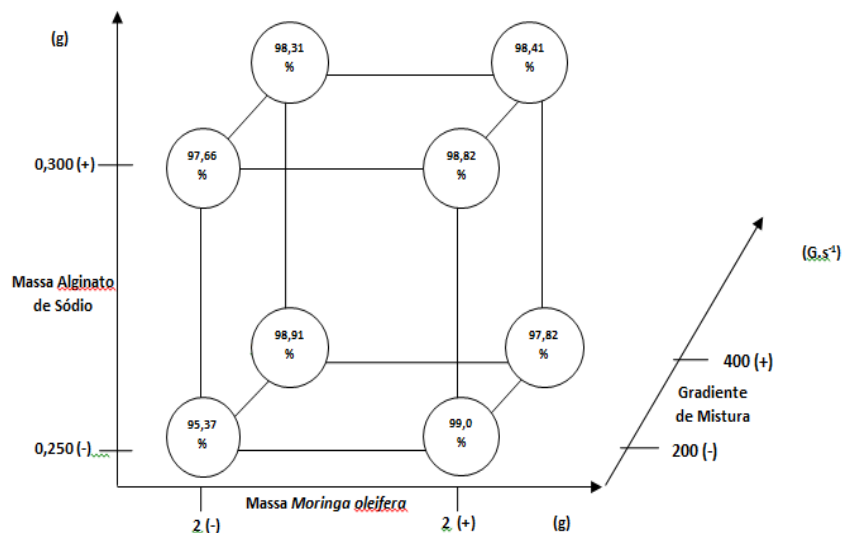
Tabela 3: Cálculo do coeficiente de contraste.

Média Global	85,74
Efeitos de 1ª ordem:	
x ₁ - Massa de Alginato de Sódio	0,025
x ₂ – Massa de <i>Moringa oleifera</i>	-0,82
x ₃ – Gradiente de Mistura rápida	-0,92
Efeitos de 2ª ordem:	
x ₁₂	0,95
x ₁₃	0,92
x ₂₃	-0,53
Efeitos de 3ª ordem	
x ₁₂₃	1,15

Na tabela 3 foi possível notar que alguns efeitos foram negativos, embora considerados baixos valores, o que não comprometeu as eficiências dos tratamentos. É importante ressaltar que a interação na terceira ordem das três variáveis apresentou um efeito positivo.

Para melhor visualização do planejamento foi construída uma representação geométrica representando as interações sofridas pelas variáveis e a influência do maior e menor nível para cada tratamento combinado (Figura 1). É possível observar que se for aumentado ou diminuído o nível de uma das variáveis, o valor da eficiência é alterado.

Figura 1: Representação geométrica das interações e a eficiência entre as combinações.



CONCLUSÕES

Com esse trabalho foi possível concluir que o planejamento fatorial contribui para a seleção de variáveis experimentais, e pode contribuir nos ensaios experimentais, uma vez que elimina um número de ensaios desnecessários, economizando tempo e reagentes. Todos os dados do planejamento fatorial continuam em processo de análise.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao CNPq processo nº 150903 / 2014 – 6 pelo financiamento do projeto e auxílio ao bolsista, e a Faculdade de Engenharia Agrícola por ceder o espaço e os equipamentos para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, A.M.E.; MOMENTÉ, V.G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Revista Horticultura Brasileira**, 22 (2): 295-299, 2004.

Brasil. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011**. Publicada no D.O.U. Nº 239, Seção 1, página 39 de 14/12/2011. Brasília. 2011.

GHEBREMICHEL, K.A.; GUNARATNA, K.R.; HENRIKSSON, H.; BRUMER, H.; DALHAMMAR, G. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**, 39: 2338-2344, 2005.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.; Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria, 3a ed., Ed. Unicamp: Campinas, 2007.