



APLICAÇÃO DE REAÇÕES ÁCIDO-BASE NA OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES FOLIARES

Bruna Naves da Silva¹; Rafaella Vaz Flausino¹; Mauro Luiz Begnini²

¹Universidade de Uberaba, Graduandas em Engenharia Química

²Universidade de Uberaba, Programa de Mestrado em Engenharia Química

*e-mail: brunanaves@live.com

RESUMO - Os fertilizantes são de fundamental importância para as plantas em geral, por serem produtos que oferecem a elas os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento. Há um tipo de fertilizante denominado fertilizante foliar, que consiste basicamente em ser aplicado na parte aérea das plantas, sendo uma aplicação bastante eficaz, pois consegue solucionar alguns problemas que outros fertilizantes comuns não conseguem, devido a sua forma de aplicação. Existem vários tipos de fertilizantes produzidos de diferentes formas, podendo ser mineral, orgânico, sintético ou natural. O presente artigo tem como principal objetivo identificar a causa da variação de tonalidade de dois fertilizantes foliares líquidos que são obtidos através de uma reação ácido-base entre o ácido fosfórico (H_3PO_4) e o hidróxido de potássio (KOH), buscando soluções viáveis para o problema e a satisfação do cliente. Nos estudos realizados foi encontrado o principal motivo para que haja essa diferença de tonalidade dos fertilizantes, através de vários experimentos realizados em laboratório, podendo concluir que a temperatura foi o principal causador dessa diferença, sendo ela a consequência da velocidade de dosagem do ácido fosfórico. A solução encontrada para resolver o problema da tonalidade dos produtos foi a padronização da velocidade de adição de ácido fosfórico.

INTRODUÇÃO

De acordo com a ONU (Organização das Nações Unidas), até 2019 a população mundial era de 7,7 bilhões de pessoas devendo ultrapassar os 11 bilhões de pessoas até 2050 (ONU News, 2019), com isso, a demanda de alimentos deverá aumentar para conseguir abastecer toda a população (CUNHA, 2017; REETZ, 2017).

Uma forma de aumentar a produção agrícola, mantendo a sustentabilidade, é com o uso de fertilizantes, pois, eles ajudam a repor os nutrientes perdidos, e assim, diminuir as áreas agrícolas e preservar as áreas florestais. (REETZ, 2017).

Os fertilizantes são os responsáveis por boa parte (aproximadamente 50%) da produção de culturas mundial como fibras, forragem e até mesmo combustíveis

alternativos, fazendo com que tenham papel fundamental na vida do ser humano, e por isso são considerados recursos básicos e importantes na produção de culturas (REETZ, 2017).

Fertilizantes

Os fertilizantes são produtos que fornecem nutrientes para as plantas, no qual pode ser mineral, orgânico, sintético ou natural (ALCARDE, 1998).

Os fertilizantes foliares consistem basicamente na aplicação de nutrientes em vegetais na parte aérea das plantas. Com isso a demanda está em constante desenvolvimento quando se trata de volume de produção nos últimos anos, exigindo também a necessidade de uma boa qualidade dos produtos, com baixos custos de produção

e maximização dos resultados (BALEN, 2015).

Os nutrientes são essenciais para um bom desenvolvimento das plantas, onde os macros nutrientes são elementos químicos necessário em uma maior quantidade, pois eles têm a função estrutural da planta (CUNHA, 2017). Já os micronutrientes são elementos químicos fornecidos a planta em uma dosagem mais baixa que os macros nutrientes (FERNÁNDEZ, 2015), e eles tem função reguladora da planta (CUNHA, 2017).

Padronização na produção de fertilizantes

Os fertilizantes e as técnicas de análise dos produtos precisam ser padronizados, para que todas as indústrias de fertilizantes de todos os países possam seguir uma mesma norma tanto para sua produção, onde irá garantir sua eficiência no campo, e também para a pureza durante sua análise. Portanto, a padronização é de suma importância para haver uma melhor eficácia no desempenho global dos produtos (FERNÁNDEZ, 2015).

Sendo assim, a análise e o acompanhamento da produção precisam seguir padrões estabelecidos pela empresa, que é uma ordem de produção no qual segue as exigências da IN 39 (Instrução Normativa nº 39, 2018) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), no qual exigem regras sobre as definições, especificações e garantias do registro de produtos e das autorizações; embalagem/rotulagem, documentos fiscais e propaganda; das tolerâncias e disposições finais dos produtos.

Fertilizantes mineral complexo

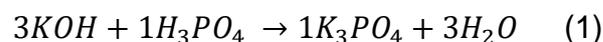
Os fertilizantes minerais se subdividem em três classes, fertilizante mineral simples, fertilizante mineral misto e fertilizante mineral complexo (ALCARDE, 1998). O fertilizante mineral complexo é formado a partir de reações químicas de dois ou mais compostos que são constituídos por mais de um tipo de nutriente (PINTO, 2017). Dentre as reações químicas mais frequentes tem-se a reação de neutralização (reação ácido-base).

Este trabalho tem como objetivo identificar a causa de a variação de tonalidade de dois fertilizantes foliares líquidos, obtidos

através de reações ácido-base (neutralização) que ocorre entre as matérias primas ácido fosfórico (H_3PO_4) e hidróxido de potássio (KOH), fornecedoras dos nutrientes P_2O_5 e K_2O , respectivamente, de uma empresa de agroquímicos da região de Uberaba – MG.

METODOLOGIA

A fim de identificar a causa da diferença de tonalidade dos produtos acabados, foram formulados dois tipos de fertilizantes foliares, sendo identificados como A e B, tais esses, fornecedores dos macros nutrientes primários nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O). A reação que ocorre entre as matérias primas ácido fosfórico (H_3PO_4) e hidróxido de potássio (KOH) está demonstrada na Equação 1:



Foram realizadas quatro formulações de cada produto, sendo quatro do produto A e quatro do produto B, utilizando diferentes tempos de dosagem do ácido fosfórico (H_3PO_4 - 50% de P_2O_5), já que durante a formulação desses produtos na produção, notava-se que, dependendo da velocidade de adição desse ácido o produto final é obtido com tonalidades diferentes causando a insatisfação de clientes que chegavam a observar essa diferença.

Foram utilizados dois ácidos fosfóricos (H_3PO_4) de lotes diferentes nas formulações dos fertilizantes, nos quais possuíam a mesma garantia (teor de P_2O_5 presente na matéria prima), diferenciando-se apenas em sua tonalidade, onde um possuía um tom de marrom escuro e o outro um tom de marrom mais claro, como apresentado na Figura 1.

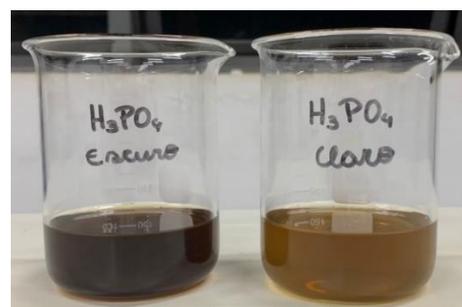


Figura 1: Diferença de tonalidade entre os H_3PO_4 .

Formulação do produto A

Na primeira formulação utilizou-se um béquer de vidro de 400 mL contendo uma solução com hidróxido de potássio (KOH – 75% de K_2O), com quantidade suficiente para se obter a garantia (K_2O) requerida pelo fertilizante. A solução estava sob agitação mecânica em 670 RPM (rotação por minuto) e em banho maria com temperatura de 26,9°C. Em seguida, foi adicionando-se, com auxílio de uma bureta, de 50 mL o H_3PO_4 de tonalidade escura, no qual também foi adicionado uma quantidade suficiente para se obter a garantia (P_2O_5) requerida pelo fertilizante. Nessa formulação o H_3PO_4 foi adicionado lentamente (em 34min).

A segunda formulação utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se os mesmos parâmetros de temperatura do banho maria e RPM do agitador mecânico utilizados na primeira formulação, no entanto, o mesmo H_3PO_4 de tonalidade escura, foi adicionado em uma velocidade mais rápida que a primeira formulação (em 2min11s).

Na terceira formulação, a temperatura do banho maria estava em 20,6°C. O H_3PO_4 adicionado na formulação possuía uma tonalidade clara e foi dosado em uma velocidade lenta (em 43min). Utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se o mesmo parâmetro de RPM do agitador mecânico como na primeira formulação.

Na quarta formulação utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se os mesmos parâmetros de temperatura do banho maria e RPM do agitador mecânico utilizados na terceira formulação, no entanto, o mesmo H_3PO_4 de tonalidade clara foi adicionado em uma velocidade mais rápida (em 1min48s) que a terceira formulação.

Nas quatro formulações vistas acima, depois de toda adição do H_3PO_4 seguiu-se com a adição das demais matérias primas até se obter os produtos final desejados.

Formulação do produto B

As formulações do produto B seguiu o mesmo método das formulações do produto A. Então, na quinta formulação utilizou-se um béquer de vidro de 400 mL contendo uma solução com hidróxido de potássio. Essa solução estava sob agitação mecânica em 670

RPM e em banho maria com temperatura de 23,9°C. Em seguida foi adicionando-se, com auxílio de uma bureta, de 50 mL o H_3PO_4 de tonalidade escura. Nessa formulação o H_3PO_4 foi adicionado em uma velocidade lenta (em 1h34min).

A sexta formulação utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se os mesmos parâmetros de RPM do agitador mecânico utilizado na quinta formulação, porém o banho maria se encontrava em uma temperatura de 26,9°C, no entanto, o mesmo H_3PO_4 de tonalidade escura foi adicionado em uma velocidade mais rápida (5min15s) que a quinta formulação.

Na sétima formulação, a temperatura do banho maria estava em 24,2°C. O H_3PO_4 adicionado na formulação possuía uma tonalidade clara e foi dosado em uma velocidade lenta (em 1h39min). Utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se o mesmo parâmetro de RPM do agitador mecânico como na quinta formulação.

Na oitava formulação a temperatura do banho maria estava em 27,9°C e utilizou-se os mesmos materiais e seguiu-se os mesmos parâmetros de RPM do agitador mecânico utilizados na sétima formulação, no entanto, o mesmo H_3PO_4 de tonalidade clara foi adicionado em uma velocidade mais rápida (em 5min35s) que a sétima formulação.

Nas quatro formulações vistas acima, depois de toda adição do H_3PO_4 seguiu-se com a adição das demais matérias primas até se obter os produtos desejados.

Os produtos A e B se diferenciam em quantidade de matérias primas, onde o produto B requer 68% a mais de KOH e 110% a mais de H_3PO_4 em relação ao produto A. Portanto, sua garantia de PK são maiores que no produto A.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como visto na metodologia, cada H_3PO_4 (claro e escuro) foi dosado com diferentes velocidades, sendo elas uma mais rápida e outra mais lenta. Abaixo, estão apresentados os resultados obtidos para cada ácido, velocidade e tempo de dosagem.

a) Produto A com H_3PO_4 escuro:

Para o produto A os tempos utilizados para dosagem do H_3PO_4 escuro foram de 34min, sendo esta uma dosagem considerada lenta, e de 2min11s, sendo esta uma dosagem considerada rápida. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Controle de temperatura da adição do H_3PO_4 .

| Formulação | Temperatura inicial da solução contendo KOH | Temperatura máxima atingida na dosagem do H_3PO_4 | Temperatura final da dosagem do H_3PO_4 | Tempo de dosagem do H_3PO_4 |
|------------|---|---|---|---|
| 1 | 26,9°C | 31,1°C | 30,5°C | 34min |
| 2 | 26,9°C | 71,6°C | 31,3°C | 2min11s |

Na primeira formulação, a solução contendo o KOH apresentou uma temperatura de 26,9°C. O H_3PO_4 foi dosado por gotejamento. Quando se iniciou sua adição, a temperatura foi aumentando até atingir 31,1°C, sendo essa, a temperatura mais alta alcançada durante a dosagem do ácido. No entanto, a temperatura foi se estabilizando com a temperatura da água do banho-maria, e ao chegar no fim da adição do H_3PO_4 a temperatura estava em 30,5°C.

Na segunda formulação, a solução contendo KOH apresentou a mesma temperatura de 26,9°C. Quando se iniciou a adição do H_3PO_4 por gotejamento, a temperatura foi se elevando até atingir 71,6°C, e ao final da dosagem do ácido, a temperatura diminuiu para 31,3°C. A tonalidade dos produtos pode ser visualizada na Figura 2 a seguir.

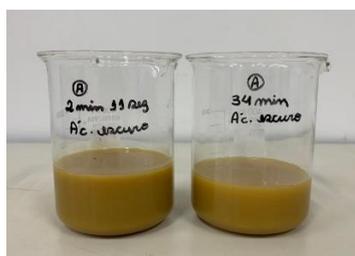


Figura 2: Produto A com diferente velocidade de dosagem do ácido fosfórico.

Como apresentado na Figura 2, não foi possível observar uma diferença significativa na tonalidade dos produtos finais obtidos.

b) Produto A com H_3PO_4 claro:

Para o produto A os tempos utilizados para dosagem do H_3PO_4 claro foram de 43min, sendo esta uma dosagem considerada lenta, e de 1min48s, sendo esta uma dosagem considerada rápida. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Controle de temperatura da adição do H_3PO_4 .

| Formulação | Temperatura inicial da solução contendo KOH | Temperatura máxima atingida na dosagem do H_3PO_4 | Temperatura final da dosagem do H_3PO_4 | Tempo de dosagem do H_3PO_4 |
|------------|---|---|---|---|
| 3 | 20,6°C | 31,2°C | 22,9°C | 43min |
| 4 | 20,6°C | 64,6°C | 24,9°C | 1min48s |

Na terceira formulação, a solução contendo o KOH apresentou uma temperatura de 20,6°C. O H_3PO_4 foi dosado por gotejamento. Quando se iniciou sua adição, a temperatura foi aumentando até atingir 31,2°C, sendo essa, a temperatura mais alta alcançada durante a dosagem do ácido. No entanto, a temperatura foi se estabilizando com a temperatura da água do banho maria, e ao chegar no fim da adição do H_3PO_4 a temperatura estava em 22,9°C.

Na quarta formulação, a solução contendo KOH apresentou a mesma temperatura de 20,6°C. Quando se iniciou a adição do H_3PO_4 por gotejamento, a temperatura foi se elevando até atingir 64,6°C, e ao final da dosagem do ácido, a temperatura diminuiu para 24,9°C. As diferenças de coloração podem ser visualizadas na Figura 3 a seguir.



Figura 3: Produto A com diferente velocidade de dosagem do ácido fosfórico.

Como apresentado na Figura 3, é possível observar a diferença na tonalidade dos produtos finais obtidos, onde a dosagem mais rápida de H_3PO_4 (1min48s) obteve-se uma tonalidade mais clara que a dosagem de maior tempo (43min).

c) Produto B com H_3PO_4 escuro:

Para o produto B os tempos utilizados para dosagem do H_3PO_4 escuro foram de 1h34min, sendo esta uma dosagem considerada lenta, e de 6min15s, sendo esta uma dosagem considerada rápida. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Controle de temperatura da adição do H_3PO_4 .

| Formulação | Temperatura inicial da solução contendo KOH | Temperatura máxima atingida na dosagem do H_3PO_4 | Temperatura final da dosagem do H_3PO_4 | Tempo de dosagem do H_3PO_4 |
|------------|---|---|---|-------------------------------|
| 5 | 23,9°C | 33°C | 29,7°C | 1h34min |
| 6 | 26,9°C | 69,7°C | 31,6°C | 6min15s |

Na quinta formulação, a solução contendo o KOH apresentou uma temperatura de 23,9°C. O H_3PO_4 foi dosado por gotejamento. Quando se iniciou sua adição, a temperatura foi aumentando até atingir 33°C, sendo essa, a temperatura mais alta alcançada durante a dosagem do ácido. No entanto, a temperatura foi se estabilizando com a temperatura da água do banho maria, e ao chegar no fim da adição do H_3PO_4 a temperatura estava em 29,7°C.

Na sexta formulação, a solução contendo KOH apresentou uma temperatura de 26,9°C. Quando se iniciou a adição do H_3PO_4 por gotejamento, a temperatura foi se elevando até atingir 69,7°C, e ao final da dosagem do ácido, a temperatura diminuiu para 31,6°C. As diferenças de coloração podem ser visualizadas na Figura 4 a seguir:



Figura 4: Produto B com diferente velocidade de dosagem do ácido fosfórico.

Como apresentado na Figura 4, é possível observar a diferença na tonalidade dos produtos finais obtidos, onde a dosagem mais rápida de H_3PO_4 (6min15s) obteve-se uma tonalidade mais clara que a dosagem de maior tempo (1h34min).

d) Produto B com H_3PO_4 claro:

Para o produto B os tempos utilizados para dosagem do H_3PO_4 claro foram de 1h39min, sendo esta uma dosagem considerada lenta, e de 5min35s, sendo esta uma dosagem considerada rápida. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4: Controle de temperatura da adição do H_3PO_4 .

| Formulação | Temperatura inicial da solução contendo KOH | Temperatura máxima atingida na dosagem do H_3PO_4 | Temperatura final da dosagem do H_3PO_4 | Tempo de dosagem do H_3PO_4 |
|------------|---|---|---|-------------------------------|
| 7 | 24,2°C | 36,6°C | 29°C | 1h39min |
| 8 | 27,9°C | 77,6°C | 32,8°C | 5min35s |

Na sétima formulação, a solução contendo o KOH apresentou uma temperatura de 24,2°C. O H_3PO_4 foi dosado por gotejamento. Quando se iniciou sua adição, a temperatura foi aumentando até atingir 36,6°C, sendo essa, a temperatura mais alta alcançada durante a dosagem do ácido. No entanto, a temperatura foi se estabilizando com a temperatura da água do banho maria, e ao chegar no fim da adição do H_3PO_4 a temperatura estava em 29°C.

Na oitava formulação, a solução contendo KOH apresentou uma temperatura de 27,9°C. Quando se iniciou a adição do H_3PO_4 por gotejamento, a temperatura foi se elevando até atingir 77,6°C, e ao final da dosagem do ácido, a temperatura diminuiu para 32,8°C. As diferenças de coloração podem ser visualizadas na Figura 4 a seguir:



Figura 5: Produto B com diferente velocidade de dosagem do ácido fosfórico.

Como apresentado na Figura 5, é possível observar a diferença na tonalidade dos produtos obtidos, onde a dosagem mais rápida de H_3PO_4 (5min35s) obteve-se uma tonalidade mais clara que a dosagem de maior tempo (1h39min).

e) Produto B sob aquecimento:

Nas formulações dos itens a, b, c e d, notou-se que a tonalidade do H_3PO_4 não teve uma influência significativa no tom dos produtos finais, porém, o aumento da velocidade de dosagem desses ácidos estava influenciando diretamente na temperatura do produto, sendo que, na velocidade de dosagem rápida a temperatura se elevou bastante em relação a velocidade de dosagem lenta.

Então, levando-se em consideração as formulações realizadas nos itens c e d, onde a diferença de tonalidade se manteve mais evidente, e tendo em vista os dados observados em relação a temperatura, realizou-se um novo teste com o produto B.

Nesse teste, utilizou-se o H_3PO_4 escuro e a velocidade de dosagem do mesmo foi de forma lenta. O produto foi formulado sob uma chapa aquecedora, no qual foi ajustada com temperatura entre $80^\circ C$ e $90^\circ C$, e com agitação mecânica em 670 RPM. Os dados obtidos estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Controle de temperatura da adição do H_3PO_4 .

| Formulação | Temperatura inicial da solução contendo KOH | Temperatura máxima atingida na dosagem do H_3PO_4 | Temperatura final da dosagem do H_3PO_4 | Tempo de dosagem do H_3PO_4 |
|------------|---|---|---|-------------------------------|
| 9 | $63,0^\circ C$ | $66,0^\circ C$ | $51,1^\circ C$ | 1h41min |

Na nona formulação, a solução contendo o KOH apresentou uma temperatura de $63,0^\circ C$. O H_3PO_4 foi dosado por gotejamento. Quando se iniciou sua adição, a temperatura foi aumentando até atingir $66,0^\circ C$, sendo essa, a temperatura mais alta alcançada durante a dosagem do ácido. Chegando-se ao final de sua adição, a temperatura estava em $51,1^\circ C$. A tonalidade do produto está representada na figura 6.

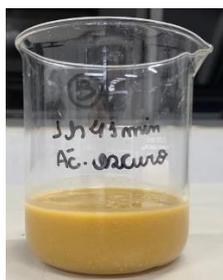


Figura 6: Produto B formulado sob aquecimento.

Na Figura 6, é possível observar que o produto obtido apresentou um tom claro, comprovando-se, portanto, que a tonalidade do produto está relacionada com o aumento da temperatura.

f) Formulação na produção:

Ao longo desse estudo, buscando identificar a causa da variação de tonalidade dos fertilizantes foliares, a empresa decidiu fazer a compra de duas bombas dosadoras para o H_3PO_4 , a fim de padronizar sua dosagem, já que antes, o produto era dosado através de abertura da válvula de um pequeno tanque de armazenamento do H_3PO_4 , denominado tanque pulmão, porém sem padrão de abertura.

No início, a dosagem estava sendo realizada em 16Hz, porém, notou-se uma demora muito grande para se adicionar todo o H_3PO_4 , e como esses dois produtos, A e B, são formulados com mais frequência no turno da madrugada, não foi possível coletar os dados necessários para avaliá-los.

Iniciou-se, portanto, testes com a frequência da bomba dosadora em 22Hz, e foi possível coletar alguns dados para os dois produtos, A e B, para essa frequência.

A Figura 7 ilustra a comparação entre dois lotes distintos para o produto A e dois lotes distintos para o produto B.



Figura 7: Produtos A e B formulados com a frequência de 22Hz.

Foi observado que com a bomba dosadora na frequência de 22Hz, a temperatura máxima atingida durante a adição do H_3PO_4 foi similar para todas as formulações, variando entre $77,1^\circ C$ e $79,7^\circ C$ durante a primeira hora de dosagem, e diminuindo gradativamente até uma temperatura entre $38,4^\circ C$ à $44,8^\circ C$ ao final de toda adição.

O produto A demorou em média de 11h40min a 12h para adicionar todo H_3PO_4 em uma batelada de 5.000L de produto. Já o

produto B demorou cerca de 9h50min a 10h para adicionar todo H_3PO_4 em uma batelada de 2.000L de produto.



Figura 8: Produto A formulado com a frequência de 30Hz.

A Figura 8 acima está ilustrando a comparação entre dois lotes distintos para o produto A com a frequência da bomba dosadora em 30Hz.

Para formulação desse produto, a temperatura máxima atingida durante a adição do H_3PO_4 variou entre 79,1°C e 82,4°C, também durante a primeira hora de dosagem, e diminuindo gradativamente até chegar a uma temperatura ao fim da adição do ácido entre 50,8°C à 53,8°C.

Esse produto demorou em média de 6h a 6h25min para adicionar todo H_3PO_4 em uma batelada de 5.000L de produto.

Nas Figuras 7 e 8 é possível observar que com a padronização da velocidade de adição do H_3PO_4 os produtos mantiveram a mesma tonalidade mesmo em lotes distintos. No entanto, até o presente trabalho, não houve mais demanda de formulações para o produto B, impossibilitando assim sua comparação com a frequência da bomba dosadora em 30Hz.

CONCLUSÃO

O objetivo do presente trabalho foi identificar a causa da variação de tonalidade dos fertilizantes foliares líquidos A e B. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a temperatura, como uma consequência da velocidade de adição do H_3PO_4 , está influenciando diretamente na tonalidade dos produtos, no qual foi comprovado através da formulação do produto B onde foi executada sob aquecimento na chapa a uma velocidade de adição do H_3PO_4 mais lento (1h41min).

A reação de neutralização ácido-base que ocorre entre o H_3PO_4 e KOH é exotérmica, ou seja, ocorre a liberação de calor, no entanto, quando o H_3PO_4 foi adicionado lentamente a temperatura de reação se manteve mais baixa tendendo-se a igualar a temperatura ambiente mais rapidamente, e por consequência se obteve um produto mais escuro. Já com a adição do H_3PO_4 mais rápida, a reação que ocorreu foi mais intensa, liberando muito calor e mantendo a temperatura mais alta durante toda adição do ácido, obtendo um produto mais claro.

Os produtos A formulados na produção, seguiram o mesmo padrão do estudo realizado em bancada, ou seja, a tonalidade escura foi obtida quando a frequência da bomba estava em 22Hz (velocidade lenta) e o produto claro quando a frequência da bomba estava em 30Hz (velocidade rápida).

Entretanto, o mais importante para a produção desses produtos é manter um padrão de tonalidade, claro ou escuro. Contudo, o ideal seria o produto de tonalidade claro, uma vez que o tempo de adição H_3PO_4 foi reduzido pela metade. Com isso, ocorre a otimização no tempo de formulação, maximizando a produtividade da empresa, mantendo a qualidade do produto e a satisfação do cliente. 

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e as eficiências das adubações. 3 ed. – São Paulo: ANDA, 1998. Disponível em: <http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/boletim_03.pdf>. Acesso em 26 abr. 2022.
- BALEN, Algacir Benjamin et al. Aplicação de fertilizante foliar na cultura da soja. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. Disponível em: <<https://www.eventossolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/341.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2022.
- CUNHA, Luiza Gonzaga Sreeldin. Cenários e desafios da indústria de fertilizantes. 2017. 48 p. Monografia

(Especialização) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20598/1/Cen%20alriosDesafiosInd%20astria.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2022.

FERNÁNDEZ, V; SOTIPOULOS, T; BROWN, P. Adubação Foliar: Fundamentos Científicos e Técnicas de Campo. 1 ed. São Paulo: Abisolo, 2015. p. 108 – 112.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 39; INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 39, DE 8 DE AGOSTO DE 2018. 154 ed. 2018. 42 p. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/36278414/do1-2018-08-10-instrucao-normativa-n-39-de-8-de-agosto-de-2018-36278366>. Acesso em: 11 abr. 2022.

PINTO, Luís Carlos Guedes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. IN 5: Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007. 42 p. Disponível em: <<https://laborsolo.com.br/uploads/arquivos/arquivos/INM05.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

POPULAÇÃO mundial deve ter mais 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos. ONU News, 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/06/1676601>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

REETZ, Harold F. Fertilizantes e seu uso eficiente. 1. ed. SP: ANDA, 2017.