

PRODUÇÃO DE ADUBOS FLUIDOS PARA CANA-DE-AÇÚCAR¹

G.H. Korndörfer¹; D.L. Anderson²; V.C. Mundim¹; M.S. Simões³

(1) Universidade Fed. de Uberlândia;

(2) University of Florida;

(3) Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz/ESALQ

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo produzir e determinar algumas das características físico-químicas de adubos fluidos empregados na cultura da cana-de-açúcar. Vários critérios foram empregados para avaliar a qualidade dos fertilizantes: pH, densidade, sinérese, altura de precipitado, temperatura de reação, temperatura de cristalização e seqüência de mistura. As misturas foram preparadas com diferentes matérias primas, porém, aquamônia, ácido fosfórico e cloreto de potássio foram, de um modo geral, as formas básicas fornecedoras de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Entre os principais resultados observados nesta pesquisa podemos apontar: a) as fórmulas contendo aquamônia como fonte de N apresentam menor densidade quando comparada com as demais; b) o produto Uran pode ser fabricado usando apenas uréia, nitrato de amônio e água, sem necessidade de uma fonte de calor como se costuma convencionar; c) a aquamônia deve ser obrigatoriamente adicionada após o ácido fosfórico e no fundo do reator para diminuir as perdas de NH₃; d) a densidade do fluido (fertilizante) aumenta com a concentração de nutrientes; e) a relação 1:3 de N proveniente da aquamônia e P₂O₅ proveniente do ácido fosfórico é a que proporciona a maior solubilidade e pH mais adequado; f) a bentonita (argila de suspensão) deve ser adicionada às suspensões sempre no final do processo de mistura, isto é fabricação.

Palavras chaves: adubos fluidos, aquamônia, controle de qualidade, densidade, cana-de-açúcar

ABSTRACT: LIQUID FERTILIZER PRODUCTION FOR SUGARCANE

This research objective is to determine the physiochemical properties of mixing selected fluid fertilizer for sugarcane production. The criterion used to measure fertilizer quality was pH, density, syneresis, precipitation, temperature reaction, salt-out temperature and batch operation sequence. Mixtures were prepared from various raw material, however. However, aqua ammonia, phosphoric acid and potassium chloride were the basic sources used to supply, nitrogen, phosphorus and potassium. Research results were that (1) mixtures using aqua ammonia resulted in lower densities than mixtures using other nitrogen sources; (2) urea-ammonium nitrate fertilizer may be produced using urea, ammonium nitrate, and water without using a heat source; (3) aqua ammonia should be added deep into the reactor after adding phosphoric acid to avoid NH₃ losses; (4) mixture densities increase with nutrient concentration; (5) a 1:3 (N:P₂O₅) weight ratio using aqua ammonia and phosphoric acid yield mixtures approaching neutrality and high solubility (low salting out possibilities); and, bentonite (gelling clay) should be added into the reactor as a final processing step.

¹ KORNDÖRFER, G.H.; D.L. ANDERSON; V.C. MUNDIM; & M.S. SIMÕES. 1995. Produção de adubos fluidos para cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba/SP. v. 14, n. 2, p.25-29.

Key words: fluid fertilizer, aqua ammonia, liquid fertilizer mixing, density, sugarcane

INTRODUÇÃO

A produção de adubos fluidos teve início por volta de 1923 nos USA, com a dissolução de matérias-primas sólidas (BICHARA, 1986). No Brasil, o uso de adubos fluidos é mais recente tendo aumentado bastante sua participação em relação aos demais tipos de fertilizantes.

Testes com a aplicação de amônia anidra diretamente em soqueiras de cana foram realizadas pela primeira vez pela Ultrafértil na usina da Barra/SP, em meados de 1960. Em 1979 teve início a fabricação de fertilizantes fluidos em Cubatão/SP, seguindo-se logo após a instalação de um grande número de fábricas junto às usinas e destilarias.

No Brasil, a adubação fluida é mais difundida na cultura da cana-de-açúcar. Os principais motivos para este pioneirismo foi a infra-estrutura existente nas usinas, com o reaproveitamento de sucatas (tanques, tubulações, etc), e a grande exigência da cultura em N e K.

Os fertilizantes fluidos podem ser aplicados diretamente ao solo, superficialmente ou em profundidade, misturado ou não com herbicidas, pulverizado nas folhas ou utilizado na fertirrigação (gotejamento, aspersão, micro-aspersão ou pivô-central). De um modo geral os adubos fluidos apresentam as seguintes vantagens em relação aos adubos sólidos: não necessita de mão de obra numerosa; a movimentação e transferência do produto é feita por meio de bombas hidráulicas; a aplicação no solo é mais uniforme; a segregação de nutrientes é menor; permite o uso de inseticidas e herbicidas juntamente com o adubo; maior rendimento operacional durante a aplicação; permite o uso de micronutrientes nas misturas; grande versatilidade nas formulações; menor custo de produção; menor poluição ambiental durante o processo de produção.

Como desvantagem podemos relacionar: baixa concentração de nutrientes; necessidade de agitação durante o transporte, armazenamento e aplicação; maiores riscos de

acidentes durante a produção e aplicação na lavoura; alta corrosividade; formação de precipitados e entupimento de bicos.

O fertilizante fluido pode ser definido como um produto que é manipulado, transportado, armazenado e aplicado na forma líquida. Segundo BICHARA (1986), os fertilizantes fluidos apresentam-se na forma de líquidos claros, ou soluções, e na forma de suspensões, sendo que a primeira apresenta todos os nutrientes necessários às plantas completamente dissolvidos. Já nas suspensões, uma parte dos nutrientes necessários às plantas estão na forma de cristais suspensos na solução.

Para a fabricação de suspensões ou soluções claras, existem dois processos, descritos por BICHARA (1986), sendo eles: a) A mistura a quente (HOT MIX) é assim conhecida porque envolve a reação química entre amônia anidra ou aquamônia e o ácido fosfórico, com despreendimento de calor, pois ocorre reação exotérmica, produzindo fosfato de amônio na forma líquida; b) A mistura a frio (COLD MIX) utiliza matérias primas, tais como, URAN e 06-30-00 que juntamente com o KCl sólido dão origem a diversas fórmulas NPK. Esta classificação se aplica perfeitamente ao sistema americano de fabricação de adubos fluidos. Entretanto, no Brasil, a maioria das formulações são obtidas pela neutralização do ácido fosfórico com aquamônia e posterior dissolução dos sais de potássio e complementação nitrogenada.

Os principais produtos utilizados como matéria-prima na fabricação de fertilizantes fluidos para cana-de-açúcar são: a) Fontes nitrogenadas: amônia anidra, aquamônia, nitrato de amônio, uréia, sulfato de amônia e URAN; b) Fontes fosfatadas: MAP, DAP, ácido fosfórico; c) Fontes potássicas: cloreto de potássio e nitrato de potássio.

Um dos maiores problemas na fabricação dos adubos fluidos, é a dificuldade em se obter formulações de alta concentração de nutrientes. Isto porque, quando se adiciona grandes quantidades de sais à água, ocorre, com frequência, a formação de precipitados. Assim, para preparar suspensões torna-se

necessário o uso de agentes de suspensão (argilas). A principal argila utilizada como agente de suspensão é a atapulgita, porém, pouco disponível no mercado brasileiro. A bentonita sódica, uma argila expansiva pertencente ao grupo das montmorilonita substitui de forma eficiente a atapulgita, abundante no Brasil e patenteada por SMALTER et al (1966).

Segundo GOZZO (1985), nas suspensões apenas uma pequena parcela do potássio permanece em solução sendo que a maior parte do elemento é mantida em suspensão através de argilas, que aumentam a viscosidade do meio, sustentando os cristais, principalmente potássio. Para fins práticos, a concentração de 12% de K_2O nas soluções, é tido como limite superior. Nas fórmulas com mais de 12% de K_2O , o uso da argila de suspensão é obrigatório.

O controle de qualidade de um adubo é um conjunto sistemático e metódico de procedimentos que permitem, direta ou indiretamente, obter e comercializar um produto com padrões de qualidade pré-estabelecidos. O seu objetivo é compatibilizar a maximização da produtividade, da produção e da qualidade do produto com a minimização dos custos de produção (BALAY, 1984).

Os adubos fluidos assim como os sólidos apresentam problemas quanto a qualidade. A corrosividade do adubo é um dos grandes problemas, provocando destruição de equipamentos de aplicação (tanques, pivôs, etc). A densidade e a viscosidade deve ser tal que, proporcione uma boa aplicação evitando entupimento de bicos. Um dos grandes fatores que aumentam a viscosidade das soluções, são as impurezas encontradas em matérias primas, como Ca, Fe, Al, SiO_2 , Mg e So_4 . A temperatura de reação é outro parâmetro importante, pois temperaturas baixas provocam formação de cristais durante a mistura, provocando entupimento de bicos e isto agrava-se quando se usa MAP ou DAP como fonte de fósforo, pois estes abaixam a temperatura da mistura. Para evitar, deve-se substituir esses elementos por ácido fosfórico, como fonte de fósforo. A formação de precipitado é problemática, principalmente, em fórmulas onde entra o KCl na mistura, que

é de difícil manutenção em suspensão, para minimizar, deve-se procurar usar um KCl de excelente qualidade (KCl standart) de granulometria tal que, 100% passe em peneiras de 20 mesh e 90% em peneiras de 35 mesh (BALAY, 1984).

A qualidade dos adubos fluidos pode ser avaliada por meio de parâmetros físicos e químicos. Os parâmetros de natureza física são: densidade, viscosidade, tamanho e forma de partículas, sedimentabilidade, sinérese, temperatura de cristalização e tempo de cristalização e condições de armazenamento. Os parâmetros de natureza química são: forma química dos nutrientes, compatibilidade, concentração dos nutrientes, presença de compostos nocivos e pH da solução (FARAG, 1982).

A curva de pH e solubilidade, apresentada na Figura 1, é de grande importância em estudos com adubos fluidos, porque relaciona a quantidade da mistura Aquamônia/Ácido Fosfórico com pH e solubilidade. Depreende-se da Figura 1 que a melhor relação de mistura entre a aquamônia e o ácido fosfórico é de aproximadamente 1:3, isto é, 1 kg de N proveniente da aquamônia para cada 3 kg de P_2O_5 provenientes do ácido fosfórico. Nesta proporção, o adubo líquido apresenta alta solubilidade e pH próximo da neutralidade, características desejáveis do ponto de vista de qualidade.

Segundo YAMADA (1985) as principais misturas produzidas pela Quimbrasil com o objetivo de atender às usinas de açúcar, são as seguintes: 32-00-00; 12-04-12; 15-00-15; 20-00-00/4% S; 12-06-18; 18-00-18; 06-30-00; 16-04-16; 20-00-13; 03-15-10; 10-00-15; 03-15-15 e 12-00-18.

No quadro 1 podem ser observadas as principais formulações utilizadas na cana-de-açúcar no ano de 1986, segundo CACERES & KORNDORFER (1988)

A aplicação do adubo na cana-de-açúcar é feita normalmente no sulco de plantio. Podendo também ser aplicado em faixas dirigidas ao lado da linha da cultura, utilizando-se para isto um bico em leque. A aplicação em profundidade (± 15 cm) é obrigatória para aquamônia para evitar perdas de nitrogênio por volatilização. A capacidade

dos tanques para adubos líquidos pode variar

de 500 l a 1600 l (tanques laterais).

Quadro 1. Principais fórmulas de adubos fluidos utilizadas na cana-de-açúcar e suas respectivas densidades.

Cana Planta		Cana Soca	
Fórmulas	Densidade	Fórmulas	Densidade
N-P₂O₅-K₂O	--g/ml--	N-P₂O₅-K₂O	--g/ml--
02-12-12	1,23	10-00-12	1,06
02-10-10	1,27	05-02-10	1,10
2,4-10-12	1,22	08-00-09	1,10
2,5-09-09	1,20	7,1-1,5-09	1,05
07-00-10	1,06	04-00-08	1,00
04-12-12	1,24	10-00-10	1,05
03-12-12	1,26	08-00-12	1,04
03-12-10	1,25	06-1,5-12	1,00
2,4-12-12	1,20	09-00-11	1,05
03-13-14	1,28	07-1,5-10	1,09
2,4-12-15	1,33	20-00-00	0,92
03-15-15	1,35	32-00-00	1,33

As soluções nitrogenadas (Uran, aquamônia, etc), podem ser transportadas em caminhões com tanques de fibra ou aço carbono revestido. O armazenamento pode ser feito, em tanques construídos em aço carbono revestidos com resinas, alvenaria, aço inox, fibra de vidro ou materiais sintéticos. O armazenamento do ácido fosfórico deve ser em tanques de aço inox ou em fibra de vidro de aproximadamente (± 30.000 litros), pois este é bastante corrosivo quando concentrado.

Os reatores, onde são feitas as misturas, na maioria são construídos em aço inox, sendo alguns fabricados em fibra e vidro e aço carbono revestido com borracha. A capacidade média dos reatores é de 7.500 l.

Para o armazenamento da aquamônia são utilizados tanques de aço carbono que variam de 200.000 a 1.000.000 de litros dependendo do consumo. Para o ácido fosfórico, tanques de fibra de vidro ou aço inox. Já para o ácido sulfúrico utiliza-se tanques de aço carbono e os produtos

acabados em aço inox. As matérias sólidas como o KCl, são armazenadas em galpões e sua transferência para o interior do reator é feita através de esteira rolante (CACERES & KORNDORFER, 1988).

As misturas NPK, NP, NK e PK por conterem partículas em suspensão, necessitam de agitação para permanecerem estáveis. Portanto, é indispensável para o transporte, armazenagem e aplicação, tanques dotados de sistema para agitação do produto (GOZZO, 1985).

MATERIAL E MÉTODOS

As fórmulas de adubo aqui testadas foram produzidas e analisadas no laboratório de análises de fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia-UFU. As matérias primas empregadas na produção das fórmulas e seus respectivos teores de nutrientes encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2. Porcentagem dos nutrientes nas matérias primas utilizadas nas formulações.

MATÉRIAS PRIMAS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	----- % -----			
Uréia	45	-	-	-
Nitrato de Amônio	34	-	-	-
Sulfato Amônio	20	-	-	24
KCl	-	-	60	-
MAP-Pó	10	50	-	-
Ac. Fosfórico	-	52	-	-
Uran	32	-	-	-
Aquamônia	20	-	-	-
DAP	18	46	-	-

No Quadro 3 são apresentadas as quantidades de matérias primas empregadas em cada fórmula.

As misturas foram produzidas utilizando-se um béquer de vidro de 2000 ml e um agitador tipo (Fisatom) com as hélices distanciadas 3 cm do fundo do béquer. A rotação do agitador variou de 60 a 120 rpm.

O fertilizante, depois de preparado, foi separado em três partes, a primeira (70 ml) foi colocada em tubo de ensaio de 24,5 cm de altura e diâmetro de 2,7 cm para a medida de sinérese e formação de precipitados; a segunda parte (200 ml) foi acondicionada em frasco de plástico (coletor universal) para a determinação do pH, densidade e temperatura de cristalização; o restante foi armazenado em frasco de vidro com capacidade para 1000 ml.

Determinação das características físicas e químicas

Temperatura de reação: obtida com a introdução de um termômetro com escala de +40 °C a +80 °C, no interior do líquido, anotando-se as temperaturas máximas e mínimas durante a reação.

pH: feita diretamente no líquido, isto é, sem diluição, após o término da mistura dos reagentes.

Densidade: Para esta determinação foi usada uma proveta de 100 ml, de peso conhecido. A densidade foi obtida fazendo-se a relação entre a massa e o volume

$$\text{Densidade(g/ml)} = \frac{(\text{Peso proveta} + \text{adubo}) - (\text{Peso proveta})}{100 \text{ ml}}$$

Sinérese e altura de precipitado:

Este teste foi realizado colocando-se o adubo fluido em uma proveta graduada de 100 ml. Após 24 horas de repouso, mediu-se a altura de sinérese e/ou precipitado. A altura de sinérese e/ou precipitado foi calculada percentualmente em relação a altura total do líquido na proveta.

Temperatura de cristalização: em um béquer de 1000ml contendo gelo e água mergulhou-se os frascos contendo os fertilizantes e manteve-se sob agitação até o aparecimento dos primeiros cristais,

anotando-se neste momento, a temperatura. A temperatura de cristalização de uma solução, a nível de laboratório, é obtida resfriando-se o produto sob uma pequena agitação, até observar-se a formação dos primeiros cristais. Alguns autores sugerem que este resfriamento seja feito pela imersão do recipiente, contendo o fertilizante misturado com etanol e gelo seco (FARAG, 1982; PRESSENOTTI, 1983).

Emprego da Bentonita

As suspensões (fórmulas com altos teores de nutrientes) foram produzidas com auxílio de um agente de suspensão denominado, bentonita sódica. Para hidratação da bentonita foi empregado o tripolifosfato de sódio (0,5 %) e o hidróxido de sódio (1 %) como dispersantes. A hidratação foi preparada com 24 h de antecedência obedecendo-se as seguintes proporções: 90% de água e 10% de bentonita sódica em peso; agita-se vigorosamente até que a suspensão atingisse a gelificação; adicionar aproximadamente cerca de 1% de NaOH sólido em relação a massa de bentonita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4 são apresentadas as características físico-químicas das várias formulações produzidas em escala de bancada. As fórmulas 03-15-15(B), 12-3,4-12(A), 12-3,4-12(B), 12-3,4-12(C) e 32-00-00(B) produzidas e não incluídas no Quadro 4 apresentaram muitos problemas de estabilidade e precipitado, sendo portanto, consideradas impróprias para o uso e excluídas das determinações.

Os valores de pH das soluções variaram entre 0,3 e 12,8 (Quadro 4). Os valores mais baixos foram alcançados quando o ácido fosfórico foi adicionado à mistura em presença de cloreto de potássio (fórmula 00-15-12), isto é, sem prévia neutralização com aquamônia. Já os valores mais altos foram atingidos quando a aquamônia foi adicionada, também em presença de cloreto de potássio (fórmula 12-00-12).

A presença de precipitado foi observado apenas na fórmula 12-0012B quando o cloreto de potássio foi dissolvido em presença da aquamônia. Esta fórmula é uma das mais empregadas na adubação de soqueira de cana. A formação de precipitado, no entanto, não é problemática a ponto de inviabilizar a mistura. Uma leve agitação é suficiente para colocar a mistura em condições de aplicação, isto é, homogênea. Para evitar o precipitado, sugere-se que esta mistura (Aquamônia + Cloreto de Potássio) seja produzida com concentrações sempre inferiores a 12% de K_2O . WEAST (1979),

diz que a concentração máxima de KCl dissolvido em água fria é de 34,7 g/ml, porém quando dissolvida em água quente esta concentração pode aumentar para 56,7 g/ml.

A presença do ácido fosfórico na mistura (fórmulas 12-02-10A e 12-02-10B) favorece a dissolução do cloreto de potássio quando a fonte de nitrogênio é a aquamônia. A reação do ácido com a aquamônia produz uma elevação de temperatura (26 °C até 32 °C) que facilita a dissolução do sal (Quadro 4).

Segundo o Quadro 4 as densidades dos fluidos (fertilizantes) variaram de 1,06 até 1,40 g/ml. A densidade aumentou proporcionalmente à concentração de soma de nutrientes conforme mostra a Figura 2. As fórmulas 10-04-10(A) e 10-04-10(B) foram produzidas com diferentes fontes de nitrogênio. Na fórmula (A), as fontes nitrogenadas foram uran e aquamônia, e na (B), aquamônia somente, como mostra o Quadro 3. A solução (A) apresentou densidade de 1,22 g/ml e a (B) 1,12 g/ml, isto pode ser explicado pela menor densidade da aquamônia (20% N), a qual, segundo (KORNDORFER, 1986) é de 0,91 g/ml a 21 °C. Quanto maior a quantidade de aquamônia na fórmula maior será a concentração de nitrogênio e menor a densidade.

A fórmula 03-12-10, produzida com aquamônia e ácido fosfórico possui uma relação N/P_2O_5 de 1:4. Esta solução apresentou elevada acidez (pH=3,5) e formação de cristais (Quadro 4). Já a fórmula 12-02-10(B), produzida com as mesmas fontes nitrogenadas e fosfatadas (Quadro 3), possui uma relação N/P_2O_5 de 6:1, cujo pH da solução foi de 10,6, ocorrendo desprendimento de NH_3 , observado pelo odor exalado.

Fórmulas com baixa concentração de nitrogênio apresentaram pH ácido, isto ocorre porque na mistura predomina o ácido fosfórico. Para se obter misturas com pH próximo da neutralidade deve-se utilizar a seguinte relação: 1 kg de N (aquamônia) para 3 kg de P_2O_5 (ácido Fosfórico). Esta relação proporciona uma mistura mais estável e de pH próximo a 5,8, conforme mostra a curva de

solubilidade e pH, apresentada por SOHIO CHEMICAL, s/d (Figura 1).

As misturas contendo aquamônia e ácido fosfórico foram feitas de modo que a aquamônia fosse lentamente adicionada no fundo do líquido (reator contendo o ácido fosfórico), aumentando-se assim a superfície de contato e melhorando a eficiência da reação. Nas formulações cuja matéria prima nitrogenada foi o urânio (ex: 10-00-05), não se percebeu cheiro de NH_3 , enquanto que as misturas feitas com aquamônia (ex: 12-00-12) grandes quantidades deste gás foram despreendidas durante a sua fabricação.

O produto denominado comercialmente como urânio foi produzido com diferentes concentrações de nitrogênio (32-00-00; 28-00-00; 24-00-00). Todas as 3 concentrações apresentaram boas características físico-químicas (Quadro 4). As soluções de urânio foram produzidas com uréia, nitrato de amônio e água (Quadro 3).

As fórmulas 10-04-11(A) e 10-04-11(B), diferenciam-se pelo uso de fontes nitrogenadas diferentes (Quadro 3). Quando foi empregado a uréia, não havendo formação de cristais, enquanto que na mistura de uréia+nitrato de amônio houve formação de cristais a 14°C (Quadro 4). Com base nestes resultados recomenda-se, sempre que possível, reduzir-se a quantidade de nitrato de amônio na mistura para evitar a cristalização.

A fórmula 20-00-00/4 (nome comercial sulfuran) produzida com sulfato de amônio e contendo 4% de enxofre (S) apresentou as melhores características físico-químicas quando a sequência de operação foi: nitrato de amônio uréia sulfato de amônio urânio aquamônia (Quadro 3). Nas fórmulas com mais do que 5% de enxofre, houve formação de cristais, prejudicando suas características tornando-se imprópria para o uso.

Para a fabricação da fórmula 05-00-10 contendo 0,78% de B (Quadro 3), foi necessário fazer a dissolução prévia do bórax em água quente para em seguida acrescentá-lo na mistura, pois o bórax possui baixa solubilidade em água fria. Segundo WEAST (1979), a solubilidade do boro nesta é de 6,35 g/ml enquanto que em água quente é de 27,6

g/ml, ou seja, em água aquecida se consegue uma diluição de 4,3 vezes maior do que em água fria.

Preparo e uso da bentonita

A hidratação da bentonita deve ser feito separadamente do processo fabricação do adubo. Somente depois de previamente hidratada é que deve ser adicionada lentamente ao reator de mistura em agitação. A hidratação prévia da argila foi mais eficiente quando se adicionou o agente dispersante na água (tripolifosfato de sódio/hidróxido de sódio) antes da adição da argila. Este procedimento evita a aglutinação da argila. A utilização do hidróxido de sódio como dispersante resultou numa suspensão tão eficiente quanto a do tripolifosfato de sódio.

O agente de suspensão (bentonita) empregado na fórmula 03-15-15(A) não apresentou formação de precipitado, obtendo-se uma suspensão de boas características físico-químicas (Quadro 4). Esta mesma fórmula, sem argila, resultou num produto com grande quantidade de precipitado, isto é, com características impróprias para o uso.

CONCLUSÕES

- O produto urânio pode ser fabricado usando-se apenas uréia + nitrato de amônio e água, sem necessidade de uma fonte de calor.
- Sempre que possível, procurar adicionar aquamônia e ácido fosfórico na relação 1:3, isto é, 1 de N proveniente da aquamônia para 3 P_2O_5 proveniente do ácido fosfórico. Esta relação proporciona maior solubilidade e pH mais próximo da neutralidade.
- Na sequência de operação, a aquamônia deve ser obrigatoriamente adicionada depois do ácido fosfórico e no fundo do reator para diminuir as perdas de NH_3 .
- As fórmulas contendo aquamônia normalmente apresentam menor densidade quando comparada com as demais.

- A bentonita previamente hidratada deve ser adicionada às suspensões sempre no final do processo de mistura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALAY, H.L. Quality control of liquids and suspensions. In: INDIANA PLANT FOOD AND AGRICULTURAL CHEMICALS CONFERENCE. Purdue University. West Lafayette, Indiana. Dec 11-12, 1984.
- BICHARA, J.M. Fertilizantes fluidos. In: Curso de Introdução à Tecnologia de Fertilizantes, CEFER/IPT, São Paulo, 1986. p.9.
- CACERES, N.T.& KORNDORFER, G.H. Situação da adubação fluida das Usinas Cooperadas. BOLETIM TÉCNICO COPERSUCAR. São Paulo. (42):p31-37, 1988.
- CARMELLO, O.A.C. Tecnologia de produção e utilização de fertilizantes fluidos. COPERSUCAR, São Paulo, p23-28, 1983.
- FARAG, A.F. Classification and general characteristics of fluid fertilizers. In: Fertilizer Physical Properties. *Seminar*, São Paulo. São Paulo, IPT/CEFER. 23p, 1982.
- GASCHO,G.J. Use of fluid fertilizers in irrigate multi-cropping systems. Fluid Fertilizer Foundation Symposium Pceedings. 242p, 1985.
- GOZZO, R. A. G. Fertilizantes fluidos. Quimbrasil, São Paulo, 1985.
- KORNDORFER, G. H. Determinação rápida de nitrogênio e aquamônia. BOLETIM TÉCNICO COPERSUCAR. São Paulo. (34): p15-19, 1986.
- PRESSINOTTI, A. F. Fertilizantes fluidos. São Paulo, IPT/CEFER. 13p. Publicação 1247; Pesquisa e Desenvolvimento. 16, 1983.
- SMALTER, D.J; CRAMTON, F.; GILLIS, M.B.. (International Minerals & Chemical Corp.) Tixotropic slurry fertilizer. U.S. Patent 3,234,005, February 8, 1966, p.4 (CA64:14918a).
- SOHIO CHEMICAL COMPANY. Sohio gen nitrogen solutions for liquid fertilizer manufacture. Lima/Ohio. s/d. 23p.
- ULTRAFERTIL. Condições sobre fertilizantes fluidos. Dep. Serviços Tec. Agrônômicos. Maio 1980.
- YAMADA, T. Fluid fertilizers situation in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 31 st. Anual NFSA Convention. Las Vegas, Nevada, 1985, p9-11.
- WEAST, R.C. CRC Handbook of chemistry and physics. CRC Press, West Palm Beach, Fl. 59th ed. 1979.

Quadro 4. Características físico-químicas das fórmulas testadas.

Fórmulas	Densidade	pH	Altura Prec.	Sinérese	Tempo Agit.	Temp. Reação	Temp. Crist.
----%----	(g/ml)		--%--	--%--	(min)	--0C--	--0C--
00-15-12	1,26	0,3	0	31	15	24	nc
03-12-10	1,25	3,5	0	43	15	10	14
03-15-00	1,20	1,1	0	0	10	50	nc
03-15-15A*	1,28	1,1	0	21	25	34	nc
5-0-10/0,78**	1,19	8,5	0	0	15	23	nc
05-00-10A	1,15	8,1	0	0	15	22	nc
05-00-10B	1,07	12,1	0	4	20	22	nc
06-30-00	1,30	1,7	0	0	10	80	nc
10-00-05	1,12	8,1	0	0	15	20	nc
10-04-10A	1,22	5,8	0	31	15	30	nc
10-04-10B	1,12	10,9	0	22	10	35	16
10-04-11A	1,23	1,7	0	62	10	10	nc
10-04-11B	1,25	1,2	0	17	13	10	14
12-00-12A	1,06	12,8	0	0	20	20	10
12-00-12B	1,22	8,2	3	2	5	20	10
12-02-10A	1,24	5,6	0	10	15	26	10
12-02-10B	1,10	10,6	0	30	10	32	10
14-19-00	1,40	0,8	0	5	15	18	nc
20-00-00/4***	1,24	8,1	0	0	10	22	nc
21-00-00	1,30	1,8	0	0	20	5	14
24-00-00	1,22	4,2	0	0	15	0	18
24-00-00/5A	1,24	6,1	0	0	15	24	nc
24-00-00/5B	1,24	5,9	0	0	20	2	nc
28-00-00	1,26	4,3	0	0	13	4	nc
32-00-00 A	1,30	4,4	0	0	20	18	nc

* As letras maiúsculas separam as fórmulas de mesma concentração produzidas com diferentes matérias primas.

** Fórmula contendo 0,78% de boro (B)

*** Fórmulas contendo entre 4 e 5% de enxofre (S)

As letras minúsculas ao lado da quantidade de matéria prima indica a seqüência de operação utilizada, isto é, a matéria prima com a letra "a" foi a primeira no reator, seguida da matéria prima "b" e assim por diante seguindo a ordem alfabética.

nc = Indica que a fórmula não cristalizou.

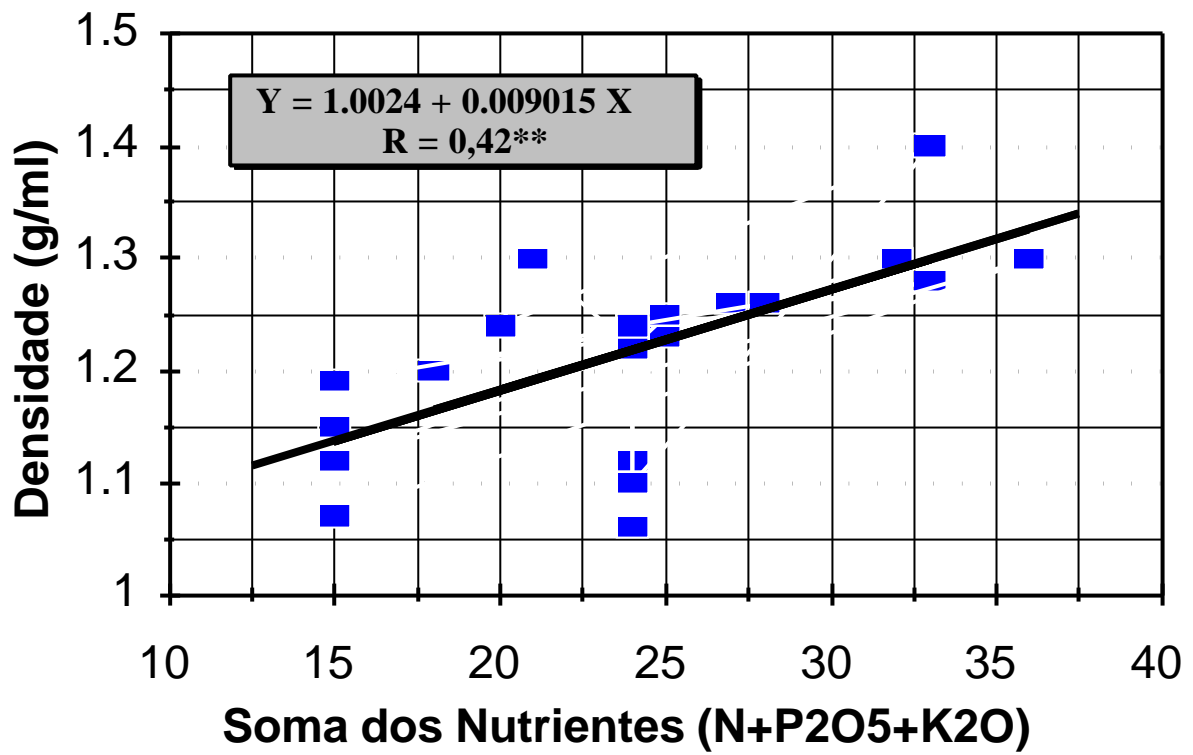


Figura 2. Efeito da concentração de nutrientes (N+P₂O₅+K₂O) sobre a densidade do líquido

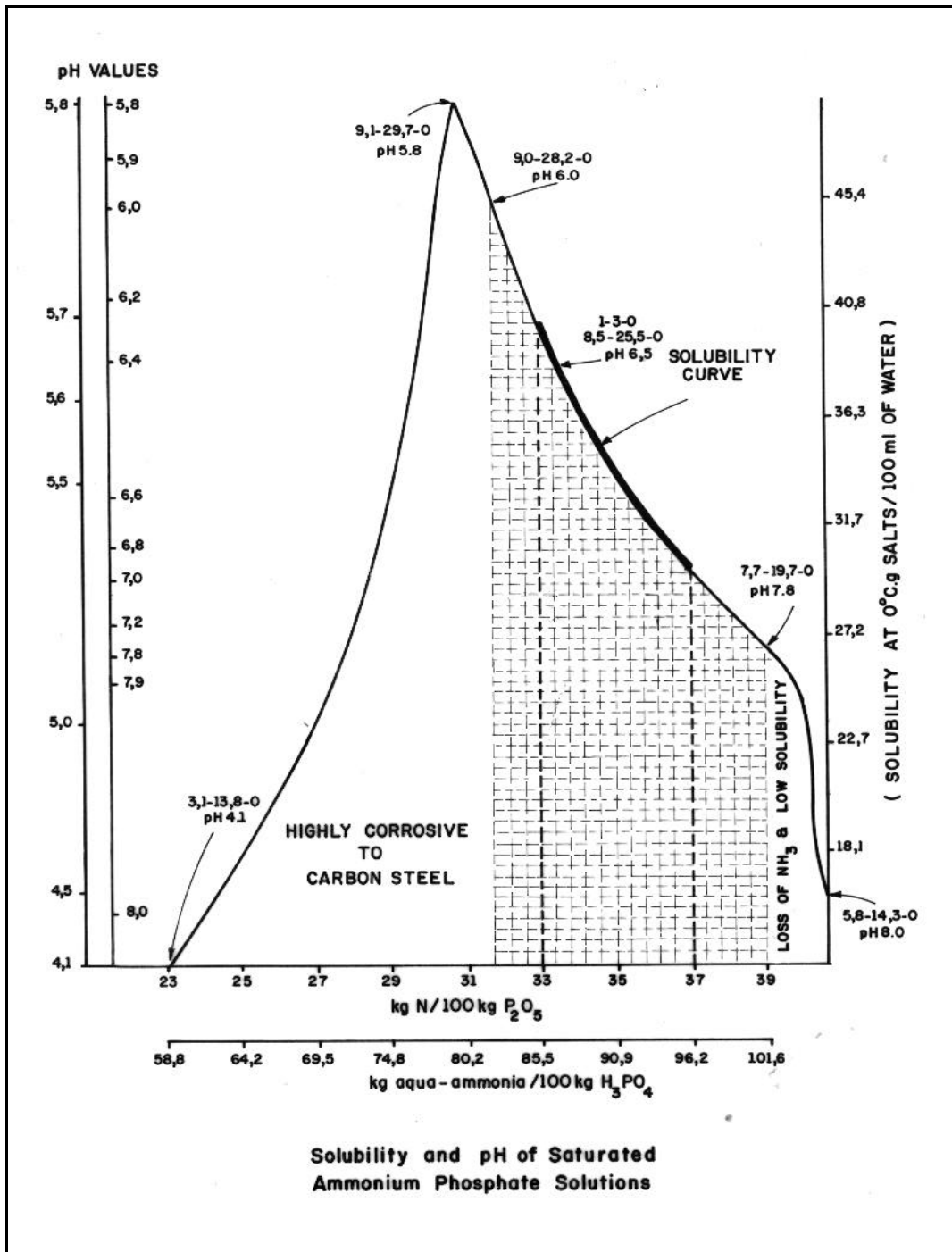


Figura 1. Curva de solubilidade e pH da mistura aquamônia e ácido fosfórico.
 Fonte: adaptado de SOHIO CHEMICAL