

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ**

**EFEITO DE ADJUVANTES SOBRE ABSORÇÃO DE ZINCO
E MANGANÊS NA ADUBAÇÃO FOLIAR**

Rosmany Aires Cunha Martins
Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Co-orientador: Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção Vegetal.

JATAÍ – GOIÁS - BRASIL
Julho de 2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C972e Cunha, Rosmany Aires. Efeito de adjuvantes sobre absorção de zinco e manganês na adubação foliar [manuscrito] / Rosmany Aires Cunha. - 2009. Viii, 59 f. : il. Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2009. Bibliografia. Inclui anexos. 1. Adubação foliar. 2. Hortaliças 3. Tensão superficial da água. 4. Micronutrientes. I. Reis, Edésio Fialho dos. II. Título. CDU: 631.81.031

(BSCAJ/UFG)

ROSMANY AIRES CUNHA

TÍTULO: “EFEITO DE ADJUVANTES SOBRE A ABSORÇÃO DE ZINCO E MANGANÊS NA ADUBAÇÃO FOLIAR”

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 23 de julho de 2009, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Presidente – CAJ/UFG



Prof. Dr. Vinicius de Melo Benites
Membro Externo – EMBRAPA SOLOS



Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis
Membro – CAJ/UFG

Jataí - Goiás
Brasil

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ROSMANY AIRES CUNHA MARTINS, filha de Genésio Ferreira da Cunha e Walder Alves Cunha, nasceu em Goiânia-GO em 23 de novembro de 1965. Em 1986 ingressou na Universidade Federal de Goiás, onde estudou por três anos completos. Mudou-se, em 1989, para os EUA onde trabalhou e estudou produção de filmes e vídeos. Durante os sete anos que permaneceu nos EUA obteve o TOEFL (Testo of English as a Second Language) com pontuação de 610 pontos e o CAE (Certificate of Advanced English) obtido pela Cambridge University. Retornou ao Brasil em 1998 e em 2001 ingressou novamente na UFG para concluir o último ano do curso de Química. O mesmo foi concluído em maio de 2002. Iniciou o curso de mestrado em agronomia na Universidade Federal de Goiás-*Campus* Jataí em Março de 2007. Esta pós - graduação tem área de concentração em Produção Vegetal e linha de pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas. A defesa da dissertação foi realizada em 23 de julho de 2009.

A meus pais, Genésio (in memorium) e Walder,
Pelo que sou,

Minha eterna Gratidão.

Aos meus irmãos, Marlon e Danilo, pela infância maravilhosa em suas companhias; à minha filha Rebecca, que era a melhor criancinha que Deus tinha no céu; e ao meu amado marido Gilmar pelo apoio, amor, paciência e companheirismo

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Hamilton Seron Pereira pelos ensinamentos e por acreditar que um profissional da área de Química pode enriquecer os conhecimentos de Nutrição Vegetal.

Ao Prof. Dr. Edésio Fialho dos Reis, professor titular da UFG – *Campus* Jataí, do departamento de Genética e Melhoramento de Vegetal, pela preciosa orientação e atenção.

Ao Prof. Dr. Américo Nunes da Silveira Neto que, em suas ricas aulas, garante o aprendizado dos conhecimentos de Agronomia a um profissional de outras áreas.

Ao Marny Hoff Braitt, mestre em Produção Vegetal e empresário do Laboratório Exata, pelas dicas, amizade e serviços prestados.

Aos técnicos Cleomar T. de Aguiar e Marcos H. S. Assis, do Laboratório de Solos da UFG, pela atenção e auxílio na realização das análises laboratoriais.

À amiga e Msc. Sueli Maria da Silva, que tanto me apoiou em momentos difíceis.

A Rebecca Aires Souza e Jackelyne Stephanie Vieira pela imensa ajuda no laboratório e condução do ensaio na Casa de Vegetação.

Aos amigos da pós-graduação: Solange, Nina, Wesley, Jefferson, Rafaela, Éderson, Cláudia, Rejane, Ricardo e Thiago - por terem sido parte de uma turma comprometida e, por que não, divertida.

Aos amigos e estagiários Eloene Godoy, Jeander Franco e Gabriel Carvalho pela Grande ajuda na condução do ensaio.

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Micronutrientes	3
2.2 Fonte de nutrientes	5
2.3 Micronutrientes em hortaliças	6
2.4 Estrutura da folha	8
2.5 Adubação foliar	13
2.6 Adubação foliar com micronutrientes	14
2.7 Adjuvantes	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Espécie vegetal utilizada, localização e período	23
3.2 Caracterizações do solo utilizado no experimento e preparação dos vasos.....	23
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	25
3.4 Instalações do experimento.....	27
3.5 Preparação da fonte de micronutrientes e dos adjuvantes.....	27
3.6 Pulverização.....	28
3.7 Análise das folhas	29
3.8 Análise estatística.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Zinco.....	31
4.2 Manganês.....	39
4.3 Análise da interação entre os quatro fatores.....	42
5 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	50

EFEITO DE ADJUVANTES SOBRE ABSORÇÃO DE ZINCO E MANGANÊS NA ADUBAÇÃO FOLIAR

RESUMO- O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da lecitina, amido e silicone sobre a eficiência da adubação foliar, utilizando-se sais e quelatos como fonte de micronutrientes. Para isso foi realizado um experimento onde se avaliou os efeitos da adição de diferentes adjuvantes em relação à absorção e translocação de zinco e manganês na forma de sais e quelatos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições, com quatro fatores em estudo e dois níveis cada, perfazendo um fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$, totalizando dezesseis tratamentos. Além dos tratamentos, foi adicionado testemunha como tratamento adicional, perfazendo, assim, um total de 102 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta de couve manteiga. Os tratamentos constaram de combinações entre 2 fontes (sulfato e quelato) e de presença ou ausência de três substâncias na calda de pulverização: lecitina de soja desengordurada (L), um siliconado comercial (S) e gel de amido de mandioca (A). A determinação dos efeitos constituiu-se na análise do teor de zinco e manganês nas folhas novas 30 dias após a pulverização. A adição de lecitina aumentou a absorção do zinco aplicado na forma de sulfato ao passo que o produto siliconado aumentou a absorção apenas do zinco quelatizado. Tanto a lecitina quanto o produto siliconado, quando adicionados a calda de pulverização, aumentaram o teor de manganês. O gel de amido não aumentou a absorção de nenhum micronutriente, levando até mesmo a uma redução do da absorção do quelato de zinco.

Palavras- chave: couve, cutícula, quelatos, lecitina, silicone, amido

EFFECT OF ADJUVANTS ON ZINC AND MANGANESE ABSORPTION IN FOLIAR FEEDING

ABSTRACT- The objective of the present work was to evaluate the effect of lecithin, starch and silicon may have in the efficiency of foliar feeding, that is: Can these products really contribute to the absorption and translocation of minor nutrients? Can the source of nutrient, sulfate and chelate, influence the result? The experiment was carried out under greenhouse condition at *Univerdidade Federal de Goiás (Jataí unit)/GO*, set in a completely randomized design, with six replications, four factors in study and two levels each, making a 2x2x2x2 factorial arrangement , totalizing 16 treatments. Moreover, it was added a control as an additional treatment, totalizing then, 102 experimental units. Each experimental unit was constituted by a vase of collard green plant. The treatments consisted of 2 minor nutrient sources (sulfate and chalate) and of absence and presence of three substance added to the spray solution: lecithin dewaxed (L), a commercial silicon surfactant (S), and starch (A). After analyses of the leaves, 30 days after de pulverization, it was clear that the amount of zinc and manganese was influenced by the adjutants and kind of fertilizer. The use of lecithin increased the absorption of zinc sulfate whereas the use of silicon increased only the absorption of zinc chalate. Both chelate and sulfate increased the absorption of manganese. The starch drove to a reducing absorption of zinc chelate.

Keywords: chelate, collard green, cuticle, lecithin, silicon, starch

1. INTRODUÇÃO

O número crescente da população humana e a forte tendência à urbanização têm exigido um grande aumento na produção de alimentos, com o envolvimento de um menor número de pessoas na atividade agrícola. Assim, a agricultura tem que se tornar cada vez mais eficiente para aumentar a produtividade e a lucratividade, mantendo ou reduzindo a área plantada.

Neste desafio, a adubação é uma ferramenta imprescindível porque corrige as deficiências e/ou repõe nutrientes removidos pelas colheitas.

Tradicionalmente, os macros e micronutrientes são aplicados no solo, mas há algumas vantagens de se aplicar os micronutrientes via foliar.

A aplicação de micronutrientes no solo está associada à dificuldade em distribuí-los uniformemente, já que a quantidade total por hectare é muito reduzida. A fertilização foliar permite, através da pulverização, uma distribuição uniforme destes nutrientes, o que reduz perdas e melhora o aproveitamento pelas plantas.

Além disso, na adubação via solo, os nutrientes podem sofrer grandes perdas e/ou imobilização com os fenômenos de fixação (precipitação e adsorção) e lixiviação. Tais perdas não ocorrem na fertilização via foliar, possibilitando a utilização de menores quantidades de adubos, tornando-os, conseqüentemente, mais eficientes.

Possibilitar a utilização de uma menor quantidade de micronutrientes é de grande importância para a agricultura porque fontes solúveis de micronutrientes (que não sofrem fixação no solo e são também utilizados na adubação foliar) como sulfatos, quelatos, ácido bórico e bórax apresentam custo elevado.

A fertilização foliar também oferece baixo custo da aplicação, pois no caso da utilização de fertilizantes de boa qualidade, podem ser aplicados em mistura com a maioria dos defensivos.

Levando-se em consideração as vantagens da adubação foliar, mergulhamos em uma nova trajetória: como maximizar os benefícios da aplicação dos nutrientes diretamente na folha?

Sabe-se que as folhas são cerosas e hidrorrepelentes e que, devido à tensão superficial da água, o adubo foliar pode escorrer e/ou não ser satisfatoriamente absorvido.

Portanto, podemos fazer os seguintes questionamentos:

- i. Podem agentes molhantes aumentar a eficiência da adubação foliar por permitir um melhor contato entre a calda e a cutícula da folha?
- ii. Podem agentes penetrantes melhorar o transporte dos nutrientes através da cutina?
- iii. Podem agentes adesivos facilitar a deposição da calda na folha, evitando o escorrimento da gota para o solo?
- iv. Os efeitos dos adjuvantes são diferentes quando utilizados com fontes sulfatos ou quelatos?

Alguns produtos como: organossiliconados; ácido dodecil benzeno sulfônico e o nonil fenol já são comercializados com a função de aumentarem a absorção dos pesticidas sistêmicos, nutrientes e fitoreguladores. Mas a EMATER/RS, preocupada com os efeitos tóxicos que alguns adjuvantes possam ter sobre a alimentação humana, tem feito pesquisas com a intenção de desenvolver adjuvantes que sejam ecologicamente sustentáveis e que, além disso, sejam produzidos pelos próprios agricultores.

Em uma de suas pesquisas, na Região Centro-Serra do Rio Grande do Sul, a EMATER/RS utiliza o amido de trigo como adjuvante na adubação foliar. Em função dos resultados positivos, alguns agricultores acreditam, inclusive, que o amido age não só como espalhante adesivo, mas também como estimulante do crescimento das plantas. Embora a EMATER/RS já tenha publicado um artigo intitulado “Tecnologia Alternativa”, onde descreve a utilização de amido de trigo, mais estudos precisam confirmar benefícios de adjuvantes alternativos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da lecitina desengordurada, do amido de mandioca, de um produto comercial siliconado na adubação foliar utilizando-se duas fontes de micronutrientes, sulfato e quelato.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Micronutrientes

Para um elemento ser considerado essencial, ele deve satisfazer a três critérios propostos por Arnon & Stout (1939) citado por Dechen et al., (1991): na ausência do elemento a planta não completa o ciclo de vida; o elemento não pode ser substituído por nenhum outro; o elemento está diretamente envolvido no metabolismo da planta, como constituinte de um composto essencial ou ser necessário para a ação de um sistema enzimático.

Os micronutrientes são elementos essenciais que a planta necessita em quantidade tão pequena que deve ser expressa em parte por milhão do peso seco (Camargo, 1990). Atualmente são reconhecidos seis elementos como micro-nutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e o zinco (Zn) (Dechen et al., 1991).

À medida que novas técnicas analíticas vão se desenvolvendo, provavelmente novos elementos serão incluídos nesta lista. Alguns autores já consideram o níquel (Ni) e o cobalto (Co) como essenciais (Vale, 2000).

2.1.1. Manganês

O manganês se encontra no solo na forma de vários óxidos e hidróxidos. Os minerais mais comuns que contém esse micronutriente são pirolusita (MnO_2), hausmanita (Mn_3O_4) e manganita ($MnOOH$). Aparece em muitos solos como $MnSiO_3$ e $MnCO_3$ (Borkert, 1991).

O manganês é ativador de enzimas nas plantas. Este metal participa de etapas importantes na fotossíntese, metabolismo dos carboidratos, reações de fosforilações e reações do ciclo de Krebs (Taiz, 2004).

Todas as plantas têm uma necessidade específica de manganês e aparentemente a sua função mais importante está relacionada com os processos de

oxi-redução. A função mais estudada do manganês em plantas refere-se a sua participação no desdobramento da molécula de água e na evolução do O₂ no sistema fotossintético chamado de equação de Hill (Dechen et al., 1991).

Os sintomas de deficiência são vários, conforme a espécie, podendo aparecer nas folhas novas ou velhas (Camargo, 1990).

O Mn é absorvido na forma iônica Mn⁺² ou como quelato e a sua disponibilidade no solo é afetada pela correção da acidez, tornando-o insolúvel com o aumento do pH. Esta característica torna a sua aplicação via foliar economicamente mais viável bem como mais eficiente. Esta adubação deve ser criteriosa para evitar excessos na dosagem e, conseqüentemente, uma toxidez para as plantas.

2.1.2 Zinco

O zinco ocorre em minerais primários: minerais ferromagnesianos e magnesita, em rochas básicas (biotita e hornblenda) e em rochas ácidas; e minerais secundários: fosfatos, carbonato, hidróxido, zinco de cálcio, etc. (Souza et al., 1991).

Este elemento é um metal de transição muito importante por ser ativador de enzimas nas plantas e estar relacionado a uma série de processos fisiológicos como constituinte enzimático. Para exemplificar, a sintetase do triptofano pode ser citada. O aminoácido triptofano é precursor do ácido indol-3-acético (AIA). Esta auxina tem um importante papel no crescimento vegetal. Por isso, a deficiência de Zn retarda a divisão celular e manifesta-se, fundamentalmente, por falta de distensão dos entrenós novos (Taiz, 2004).

Os sintomas mais visíveis de carência de Zn são o reduzido tamanho das folhas novas. Quando a deficiência é muito severa, ela se torna semelhante à deficiência de fósforo, nas folhas.

Franco (1982), citado por Melo et al., (1999) esclarece que a carência de Zn não é devida apenas à sua falta no solo. Segundo este autor, o Latossolo é um tipo de solo que apresenta frequente deficiência de Zn, mesmo apresentando teores totais elevados

(85 a 315 mg dm⁻³). Com perda de matéria orgânica do solo, o Zn torna-se fortemente adsorvido pela argila ou complexado com outros minerais do solo. Outro fator que torna o Zn no solo indisponível é a adubação fosfatada excessiva e pH elevado devido a calagem. Desta forma, uma adubação foliar, por não sofrer fixação no solo, pode ser mais eficiente e, conseqüentemente, ter menores custos.

2.2 Fontes de Nutrientes

As fontes de nutrientes utilizados na adubação foliar devem ser compostos solúveis em água e absorvíveis pelas plantas além de não injuriantes a folhagem.

As principais fontes de micronutrientes fornecidas às plantas por via foliar são, em sua maioria, sais minerais solúveis (sulfatos, cloretos), e quelatos.

Quelato refere-se a uma configuração em anel encontrada em Química Orgânica que se origina quando um metal (cátion) se combina com dois ou mais grupos doadores de elétrons existentes numa única molécula. A molécula orgânica funciona como duas pinças numa reação que é reversível (Figura 1). Ou seja, a pinça pode se abrir e liberar o metal novamente (Kotz et al., 2002). Após quelatizado, o metal sofre menor fixação e precipitação em seu percurso. Os quelatos são muito solúveis em água, mas são de absorção foliar difícil. Porém, após ser absorvida, a sua translocação na planta é mais rápida (Camargo, 1990).

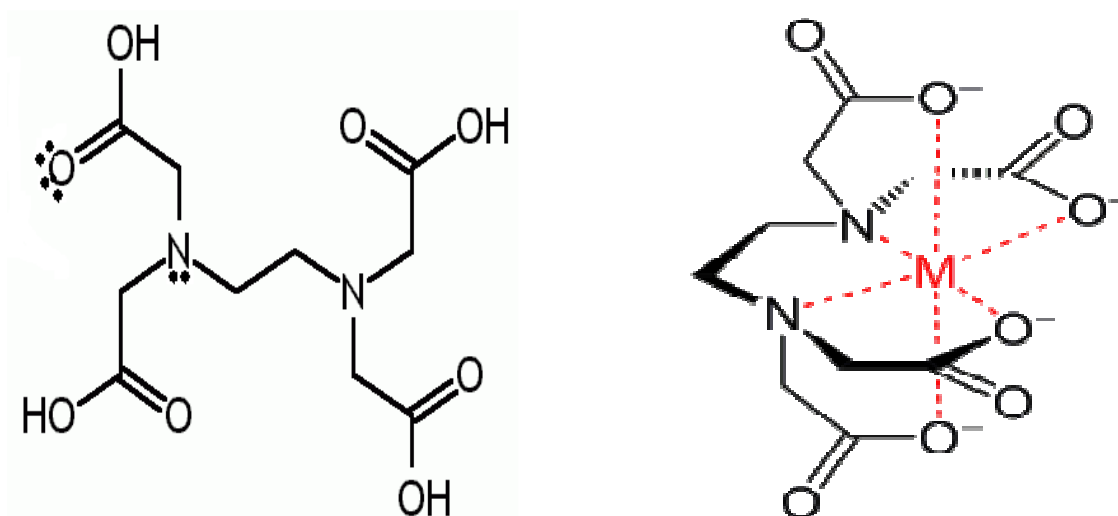


Figura 1 – Esquemas do EDTA: esquema estendido e curvado sobre um metal

2.3 Micronutrientes em Hortaliças

Os micronutrientes, embora extraídos em pequenas quantias pelo sistema radicular, da ordem de alguns gramas por hectare, têm se tornado fator limitante no cultivo de algumas espécies de hortaliças (Filgueira, 2003).

Devido a uma grande diversidade entre as espécies e as cultivares olerícolas, há diferenças quanto às exigências por micronutrientes.

O boro é o micronutriente cuja carência tem se verificado com maior frequência em solos brasileiros. Este micronutriente é facilmente lixiviado em solos ácidos o que explica a sua deficiência em solos intemperizados como os tropicais. Tal carência se verifica especialmente em brássicas herbáceas (couve-flor, repolho, brócolis e couve-de-folha) por serem plantas muito exigentes em boro. Há estudos que comprovam o aumento da produtividade de brássicas com a aplicação de fontes minerais de B no solo ou via foliar (Filgueira, 2003).

Sinais de carência de zinco também se têm manifestado em hortaliças. Solos pobres em matéria orgânica, excesso de calagem, elevado índice de lixiviação e alta concentração de fósforo no solo favorecem a deficiência. É possível também ocorrer

“fome oculta” (sem sinais perceptíveis), já que a aplicação pesada de fósforo diminui a absorção de Zn pelas plantas, agravando o problema em solos que já eram deficientes. Com o uso de fungicidas tradicionais, os quais contêm Zn, as deficiências não são notadas. Mas como estes vêm sendo substituídos por outros mais eficientes, porém sem Zn, o problema de carência pode ocorrer (Filgueira, 2003).

A deficiência de molibdênio (Mo) tem sido fator limitante de destaque na produção de brássicas herbáceas, especialmente couve-flor e brócolos. Assim, a aplicação foliar de Mo tornou-se prática rotineira entre produtores dessas culturas. A carência se mostra por deformações típicas no limbo foliar. Em outras culturas não têm sido constatados sinais visíveis de deficiência. (Filgueira, 2003). Sabe-se também que uso de enxofre como fertilizante reduziu drasticamente o teor de Mo na parte aérea e na raiz da couve -de -bruxelas (Santos,1991).

O cobre é um dos últimos micronutrientes a desenvolver sintomas visuais de deficiência, quando o seu suprimento não atende à necessidade da planta. Apesar da importante função na nutrição mineral, bioquímica e fisiologia das plantas, este nutriente não tem recebido a merecida atenção de pesquisadores que trabalham com olerícolas. Alguns trabalhos mostram que a aplicação de cobre tem proporcionado incrementos na produção de alface (Levesque & Mathur, 1983), cebola (Mathur et al.,1983) e couve-flor (Charterjee & Charterjee, 2000). Quando deficiente na planta, são observadas folhas novas em forma de taça com bordos ondulados para baixo (alface), redução do crescimento, entrenós curtos e folhas necrosadas (melão e melancia), folha retorcidas e formação de gemas múltiplas (pepino). A faixa de toxicidade do nutriente para as plantas varia com as espécies e tipo de solo, embora exista uma concordância na literatura que teores maiores que 20 mg kg^{-1} na matéria seca sejam suficientes. (Granjeiro et al., 2003).

Sinais de carências de outros micronutrientes como Mn, Fe, Cl e Ni não são constatados nas condições brasileiras, mas manejos para aumentar o pH do solo podem tornar o ferro e manganês insolúveis e, portanto, indisponíveis para as hortaliças. A calagem deve ser conduzida de tal modo que o pH do solo corrigido não se eleve acima de 6,5. A faixa de 6,0-6,5 beneficia a maioria das culturas oleráceas. A

principal razão é que a elevação do pH diminui a disponibilidade de certos micronutrientes. A calagem só deve ser conduzida após a análise do solo e competente interpretação dos dados (Filgueira, 2003).

2.4 Estruturas da Folha

A folha é uma expansão laminar do caule e a sua forma, assim como a disposição interna de tecidos, varia muito entre as espécies e adaptações a diferentes tipos de ambiente.

As folhas são revestidas por uma camada de células achatadas denominada epiderme e esta é recoberta por uma película de natureza lipoidal chamada cutícula. Na epiderme encontram-se os estômatos que são aberturas limitadas por 2 células especializadas, as quais, mediante mudança de formato, ocasionam a abertura e fechamento da fenda. Os estômatos são responsáveis pelas trocas dos gases e vapores que entram e saem da folha: entra o CO₂ necessário para fotossíntese e sai o vapor de água na transpiração.

2.4.1 Cutícula

A superfície de todas as plantas é coberta por uma camada de proteção, a cutícula, a qual serve uma dupla função: evitar perda de água e evitar entrada de microrganismos na planta. A natureza desta camada é diferente nas várias partes do vegetal. Nas folhas, esta superfície é formada por cutina, ceras, pectinas e celulose. A composição química das ceras e cutina é imprecisa e difere não só de espécie para espécie, mas ao longo da idade da planta. Entretanto, generalizações podem ser feitas (Dey et al., 1997). A cutina forma uma matriz em que as ceras estão imersas (Raven et al., 2005).

Quimicamente, a cutina é constituída por ácidos graxos hidroxilados (Figura 2) unidos entre si por ligações de éteres. A cutina tem pronunciada carga negativa, permeabilidade seletiva para cátions e afinidade por corantes básicos, propriedades

essas de características aniônicas. Os estudos realizados levam a presumir que as ligações dos grupos COOH e OH, na cutina, não sejam as de um esquema de cadeia linear, mas reticular, em todas as direções espaciais. A estrutura da cutina seria uma rede formada por hidroxi-ácidos graxos e ácidos dicarboxílicos, ligados entre si, por pontes de éster, éter e peróxidos (Camargo, 1990).

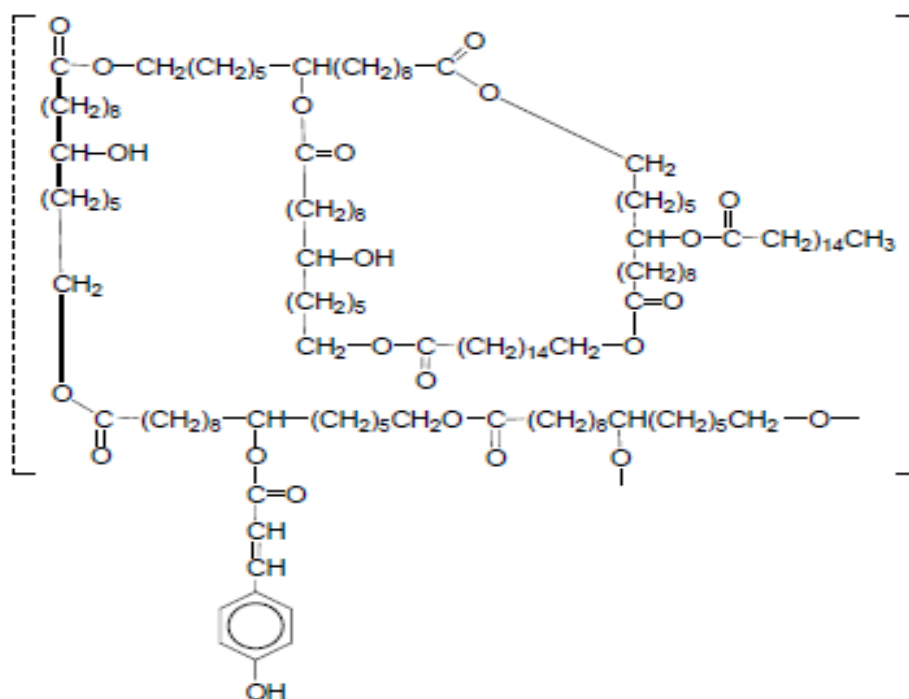


Figura 2 – Fórmula estrutural da cutina (Camargo,1990)

Pode se definir, portanto, a cutina com um poliéster de ácidos graxos e outras substâncias.

As ceras, que estão imersas na cutina, são misturas de vários alcoóis graxos livres e esterificados, dicetonas e cetonas não saturadas, aldeídos e hidrocarbonetos de cadeias longas, compostos de glicerol, e ácidos graxos.

As pectinas são polímeros compostos por, principalmente, unidades de ácidos galacturônicos ligados por ligações glicosídicas α -1,4 (Ribeiro et al., 2004). Essas substâncias são hidrofílicas e se encontram, em maior quantidade, nas regiões mais profundas da cutícula, em contacto com as paredes externas das células epidérmicas. Estas paredes são embebidas pelo material pectináceo tendo, pois, intensificadas as suas propriedades hidrofílicas (Figura 3). Embora a maior concentração das pectinas se localize junto às células epidérmicas, na parte mais profunda da cutícula, as pectinas abrangem toda a espessura da cutícula, constituindo o próprio substrato para o desenvolvimento das estruturas da cutina e das ceras (Camargo, 1990).

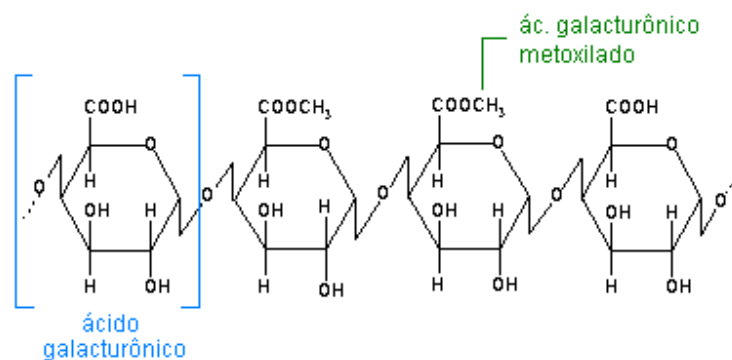


Figura 3 – Esquema do polímero pectina

As pectinas encontram-se na cutícula em um estado de gel coloidal, com grande capacidade de absorção de água. Ao absorverem água, as pectinas aumentam de volume levando a um distanciamento entre as plaquetas de cera e das cadeias moleculares da cutina, o que abre uma via de entrada e saída de substâncias através da cutícula. Por essa razão, as folhas túrgidas são altamente permeáveis a substâncias polares. As folhas murchas são quase impermeáveis à água, e as secas são totalmente impermeáveis. Os compostos da planta possuem um número grande de grupos $-OH$ e $-COOH$ cujo H^+ se dissocia, permanecendo, nos locais das ligações, as cargas negativas. Isso explica as trocas iônicas, pois estas cargas negativas atraem os cátions

para a superfície das cadeias. As pectinas, a cutina e as ceras possuem grandes quantidades desses grupos dissociáveis. Os cátions retidos podem ser substituídos por outros, nos mesmos locais, e difundir através da cutícula até serem novamente retidos pelas mesmas cargas eletroquímicas (Camargo, 1990).

A celulose, que são polímeros da glicose e, portanto hidrofílicos, encontra-se impregnadas de cutina e está localizado em toda a espessura da cutícula. A cutícula das plantas é permeável à água e as substâncias polares aplicadas à planta. A permeabilidade à água é evidenciada pela transpiração cuticular. Os óleos e outras substâncias apolares atravessam a cutícula com muita facilidade. Penetram, também, os íons e moléculas de compostos dissolvidos em água, bem como moléculas de vários solutos como açúcares e venenos (Camargo, 1990).

2.4.2 - Tensão Superficial, Hidrorrepelência e Molhabilidade

As forças de coesão entre as moléculas de um líquido são responsáveis pelo fenômeno conhecido com tensão superficial. No interior do líquido, cada molécula é atraída igualmente em todas as direções pelas moléculas vizinhas, resultando em uma força resultante igual a zero, como pode ser visto na figura 4(a). Em contraste, na superfície do líquido não há moléculas acima da superfície, então estas moléculas estão sujeitas a uma força resultante apontando para o interior do líquido (Figura - 4b). Esta força resultante leva o líquido a contrair para o interior. Portanto, todas as moléculas da superfície estão sujeitas a uma força intermolecular para dentro a qual só é equilibrada pela resistência de compressão do líquido. Esta contração é conduzida até que a área de superfície é mínima. Se o líquido não estiver em contato com nenhuma força externa, uma amostra forma uma esfera, sólido que possui a menor razão área superficial / volume.

Esta força resultante leva o líquido a diminuir a sua área superficial e sua superfície assemelha-se com uma membrana elástica esticada (Kotz et al., 2002).

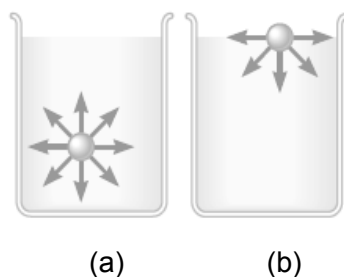


Figura 4 – Esquema das forças intermoleculares em um líquido

A propriedade que tem um líquido de aderir a um sólido e se espalhar sobre a sua superfície, ou penetrar entre suas moléculas é chamada de molhabilidade a qual é medida pelo ângulo de contacto entre o líquido molhante e a superfície a ser molhada. Uma gota que seja colocada sobre uma superfície lisa, repelente, só terá contacto com essa superfície na região circular basal, onde se forma o achatamento da esfera líquida, em virtude do seu próprio peso (Figura 5). Essa região de contacto é tanto menor quanto maior for a tensão superficial do líquido e quanto maior a repelência (Camargo, 1990).

O ângulo de contato é medido goniometricamente e corresponde ao ângulo formado pelo plano da superfície com a tangente tirada num ponto do perímetro do círculo de contacto (Camargo, 1990).

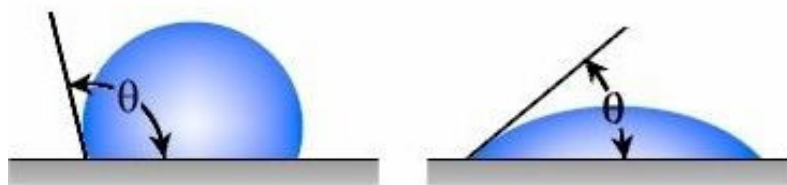


Figura 5 – Desenho esquemático do ângulo de contato entre uma gota e a superfície de uma folha

Quanto menor a molhabilidade de uma superfície, maior será o ângulo de contacto. Nas gotas não molhantes, o ângulo de contacto é obtuso e nas gotas molhantes, ele é agudo.

A propriedade que tem certos corpos de não serem molhados pela água é denominada hidrorrepelência (Camargo, 1990).

2.5 Adubação Foliar

A capacidade das plantas em absorver nutrientes através das folhas é conhecida há mais de 100 anos (Rosolem, 1984). A vida vegetal começou em poças de água salgada ou lagoas costeiras e todos os órgãos das plantas tinham a função de absorver água, nutrientes e fazer fotossíntese. A divisão do trabalho só começou quando os vegetais migraram para terra firme. As raízes perderam sua capacidade para fixar CO_2 e só funcionam como órgãos de absorção e de suporte. Mas as folhas não perderam a primitiva capacidade de absorver água e sais minerais (Malavolta, 2006).

Nesta capacidade da planta em absorver nutrientes pelas partes aéreas reside a possibilidade de se fornecer nutrientes por via foliar. Com a introdução dos radioisótopos nos estudos de nutrição mineral das plantas e novos conhecimentos sobre fisiologia vegetal, foi possível elucidar vários aspectos de absorção foliar de nutrientes e estabelecer-se bases menos empíricas para a prática da adubação através das folhas (Rosolem, 1984).

2.5.1 Absorção Foliar

Absorção foliar é a entrada de um íon ou molécula no simplasto. Como o simplasto está inteiramente contido no apoplasto, é óbvio que, para qualquer substância chegar ao simplasto, deverá, obrigatoriamente, passar pelo apoplasto. As partículas iônicas ou moleculares devem ultrapassar duas barreiras: a cuticular e a membrana plasmática. A primeira para entrarem no apoplasto e a segunda para saírem do apoplasto e entrarem no simplasto (Camargo, 1990).

Algumas características estruturais da folha favorecem a absorção de nutrientes como cutícula delgada, alta frequência de estômatos e um número elevado de ectodesmas. Fatores opostos como cutícula espessa, poucos estômatos e ectodesmas,

e alta pilosidade das folhas dificultam a penetração de nutrientes nas folhas (Malavolta, 2006).

A absorção de nutrientes em solução aquosa é muito mais intensa nas folhas novas, quando comparadas com as adultas e velhas. As folhas novas têm a cutícula mais delgada além de possuírem menor quantidade de ceras (hidrorrepelentes) e maior quantidade de pectinas (hidrofílicas) (Camargo, 1990).

2.6 Adubação foliar com micronutrientes

As pulverizações foliares de macronutrientes não podem, em geral, satisfazer completamente as exigências das culturas. Não se pode pretender que alguns gramas de elementos aplicados nas folhas tenham a virtude de substituir os quilos exigidos pela cultura. Mas a aplicação foliar de micronutrientes pode suprir substancialmente as exigências das culturas e ter custo inferior ao da aplicação via solo por evitar fixação de certos micronutrientes (Filgueira, 2003). Tais perdas não ocorrem na fertilização via foliar, possibilitando a utilização de menores quantidades de adubos, tornando-os, conseqüentemente, mais eficientes (Tabela 1).

Tabela 1– Eficiência proporcional do fornecimento de quantias de nutrientes via foliar comparada a via solo

Elemento	Folha	Solo
Nitrogênio	1	1,5 -2,0
Fósforo	1	4,0 -30,0
Potássio	1	1,0 – 3,0
Magnésio	1	50,0 - 100,0
Ferro	1	75,0 – 100,0
Zinco	1	3,0 – 20,0

* compilada de Rosolem (1984)

** valores adimensionais

A disponibilidade dos nutrientes no solo são dependentes do pH. Como exemplo, pode ser citado o zinco que tem sua disponibilidade máxima no solo com pH entre 5,0 e 6,5 (Figura 6). Quando este pH é elevado para valores acima de 6,0, a solubilidade do zinco diminui e os sintomas de deficiência aumentam principalmente em plantas cultivadas em solos intemperizados (Malavolta, 1975).

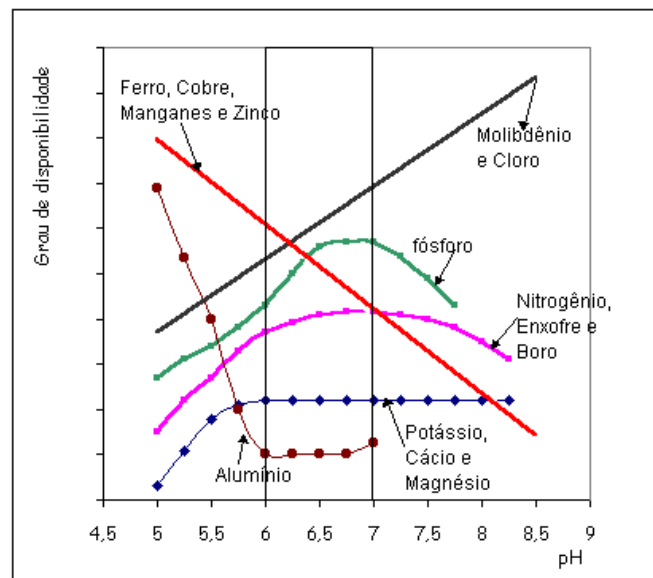


Figura 6 – Efeito do pH na disponibilidade dos nutrientes e na solubilidade do alumínio no solo (Malavolta, 1975)

Este fenômeno ocorre por que com aumento do pH, cargas negativas das argilas podem ser liberadas devido ao excesso de hidroxilas presentes na solução. Estas OH^- deslocam os íons hidrogênio ligados por covalência ao complexo, e formam água (Sposito, 1989 citado por Sartori, 2007). As cargas negativas liberadas nas superfícies das partículas do solo favorecem a atração de cátions, levando a maior adsorção do elemento zinco e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade destes (Camargo, 2008).

Além disso, Souza et al., (1991) explica que sob condições de pH elevado, o zinco precipita na forma de hidróxido de zinco insolúvel e se torna indisponível para a planta. Outra causa da deficiência de Zn tem sido atribuída à interação P - Zn, que

ocorre sob grande adubação fosfatada. A calagem pode afetar também a disponibilidade de Zn pela sua capacidade de liberar P para o solo.

O elemento manganês também tem a sua solubilidade diminuída pela correção da acidez (Malavolta, 1975).

Devido às fixações que os micronutrientes sofrem no solo devido a fatores já mencionados, uma aplicação via foliar pode ser mais eficiente e mais econômica.

2.7 Adjuvantes

Adjuvantes são produtos que, ao serem agregados à calda de pulverização, melhoram a eficácia do pesticida, herbicida ou adubação foliar (Witt, 2001 citado por Santos, 2007). Ozeki (2006) citado por Santos (2007) é ainda mais específico e define adjuvante como sendo produtos inertes adicionados à calda de pulverização que tenham como objetivo aumentar a eficiência dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície foliar e aumentando a absorção foliar do ingrediente ativo. Porém, vale lembrar que algumas substâncias em alta concentração podem ser fitotóxicas.

O termo adjuvante agrupa uma grande variedade de produtos, de natureza e mecanismo de ação distinta. Com base no mecanismo de ação, podemos classificar os adjuvantes como surfactantes, penetrantes e aderentes. Esta lista não é exaustiva, mas é representativa dos grandes grupos de produtos químicos usados como adjuvantes (Stock et al., 2000).

2.7.1 Surfactante siliconado

A água é o veículo mais importante para diluir formulações de defensivos agrícolas e calda para adubação foliar. Devido à tensão superficial da água e a natureza cerosa das folhas, as gotas da calda de pulverização podem ter apenas uma pequena área de contato com as folhas, o que diminui a capacidade de absorção dos nutrientes.

Em geral, um surfactante é capaz de diminuir a energia das ligações entre as moléculas de água diminuindo a tensão superficial da gota de pulverização, reduzindo o ângulo de contato das gotas sobre a superfície foliar permitindo uma maior superfície de contato com a folha (Prado et al., 2008) (Camargo, 1990). Este efeito é dado graças à natureza molecular das substâncias hipotensoras que possuem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica. Dentre alguns surfactantes, podemos citar o sabão, o qual pode aumentar a molhabilidade da água perante a sujeira de natureza lipofílica.

Outros poderosos surfactantes são os adjuvantes siliconados, os quais começaram a aparecer no cenário comercial nos anos 80 e, em 1996, já havia pelo menos 24 produtos no mercado (Penner, 2000). Os siliconados têm grande poder de diminuir a tensão superficial e expandir a gota (Figura 2), permitindo um melhor cobrimento da folha pela calda. Além disso, o filme de ar entre o spray e a superfície da gota pode ser removido, resultando em um contato mais íntimo e mais favorável à absorção. Estes compostos apresentam na sua porção lipofílica o grupo siloxano que possui o elemento de silício (Si) em sua estrutura, derivando daí o seu nome de siliconado ou organossiliconado. Na cadeia hidrofílica há os grupos oxietilenos (Figura 7). Estes produtos são potentes hipotensores (Montório et al., 2008).

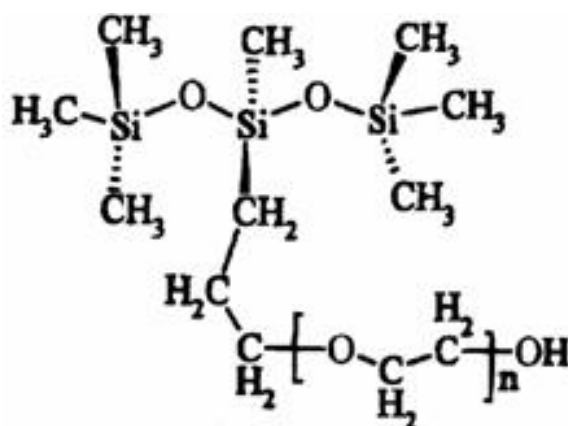


Fig. 7 – Estrutura básica de um composto siliconado

Ao diminuir a tensão superficial da solução foliar, aumenta-se a superfície de molhamento o que deve levar a um aumento da absorção dos nutrientes.

Montório et al., (2008) conduziram um trabalho para estudar o comportamento dos surfactantes agrícolas e chegaram a conclusão que surfactantes siliconados são mais eficientes que os não siliconados para reduzir a tensão superficial da solução.

2.7.2 Lecitina de soja

A palavra lecitina é derivada do grego lekitos “gema de ovo”. Quimicamente, trata-se de compostos orgânicos ricos em fósforo, formados por estruturas lipídicas polares denominadas fosfolipídios e lipídios apolares denominados ácidos graxos. Esses compostos são encontrados em todas as células vivas de animais e vegetais. Em animais e humanos, os fosfolipídios são concentrados nos órgãos vitais, como cérebro, fígado e rins; nos vegetais estão presentes em alta concentração nas sementes, amêndoas e grãos. São participantes ativos no processo metabólico e, portanto, essenciais à vida (Soares et al., 2004). As estruturas químicas dos três fosfolipídios principais estão representadas na Figura 8.

A lecitina bruta é um líquido gorduroso de coloração marrom a amarelo claro com consistência plástica. Contém 60-70% de lipídios polares, 30-40% de óleo neutro e aproximadamente 0,5-2% de umidade. A cor depende da origem e condições de processo. Sua consistência é determinada pelo teor de óleo, ácidos graxos livres e umidade. Lecitinas bem purificadas têm aroma tipicamente neutro e pouco sabor.

Lecitinas desengorduradas são obtidas a partir da extração do óleo neutro com acetona, já que os lipídios polares (fosfolipídios e os glicolipídios) são praticamente insolúveis nesse solvente.

Há várias aplicações da lecitina em indústrias de alimentos, farmacêuticas e químicas, onde sua ação como emulsionante de excelente relação custo/benefício é sempre uma solução viável e segura. Os setores que utilizam a lecitina são indústria de margarinas (25 a 30%); chocolate e sorvete (25 a 30%); tintas (2 a 10%); cosméticos (2 a 5%) e farmacêutica (3%) (Soares et al., 2004)

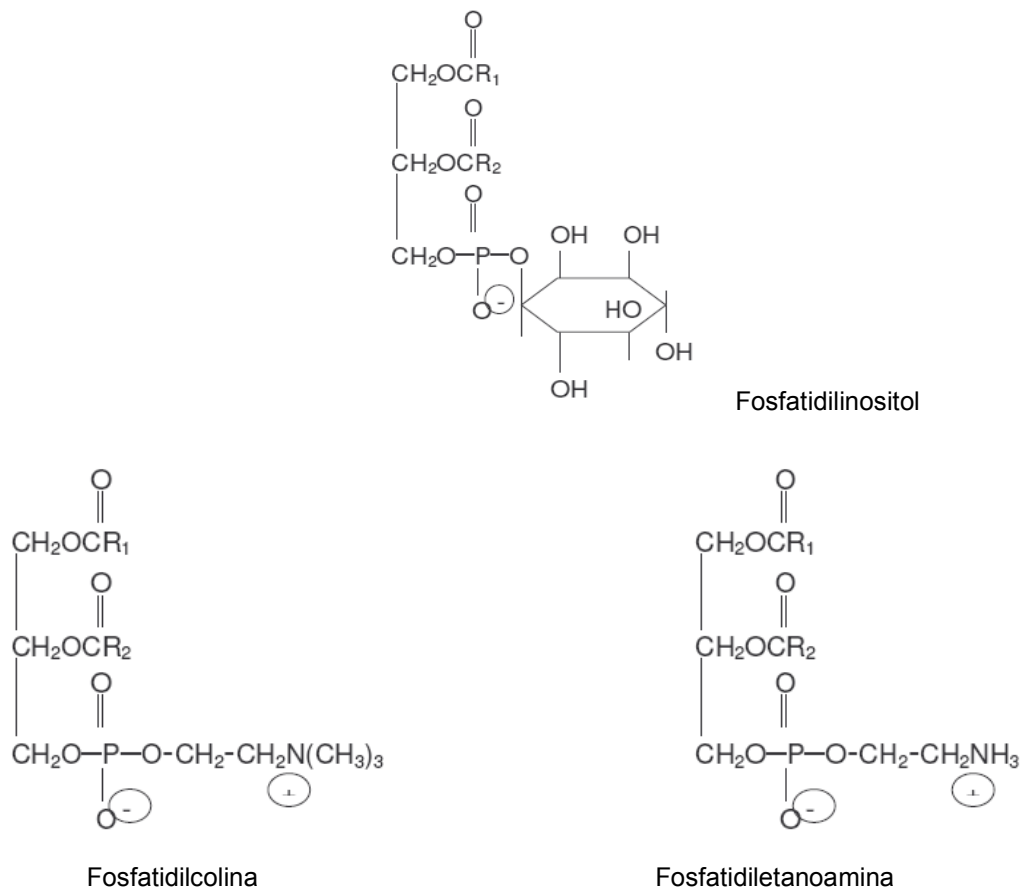


Figura 8 - Estruturas dos principais fosfolipídios da lecitina de soja (Soares et al., 2004)

As propriedades funcionais das lecitinas são determinadas pela estrutura dos seus principais componentes, os fosfolipídios. Estes, basicamente, são radicais de ácidos graxos, não polares e, portanto, lipofílicos, enquanto que o fosfo-diéster é um *zwitterion* (radical bi-polar). Este balanço hidrofílico/lipofílico confere às lecitinas propriedades tensoativas (SBRT, 2008).

A lecitina desengordurada, quando usada como adjuvante na adubação foliar pode formar micelas que penetram na cutícula, aumentando a taxa de absorção de agroquímicos e fitorreguladores. Esta propriedade de formar micelas se deve devido às cadeias apolares e cabeça polar dos fosfolipídios. Para analisar os efeitos dos

adjuvantes penetrantes, Prado et al., (2008) realizou estudos para avaliar a eficiência da lecitina em aplicações de fitorreguladores e concluíram que a lecitina potencializa os efeitos dos hormônios empregados.

2.7.3 Amido de Mandioca

Juntamente com a celulose, o amido constitui uma das mais abundantes fontes de carboidrato. Ele é armazenado nas plantas na forma de grânulos que se desenvolvem a partir de diminutos pontos (hílum). As variações de tamanho, forma, associações e composição (α -glicosídeos, umidade, proteínas, lipídeos, e minerais) são dependentes de sua origem botânica. É encontrado em cereais, legumes, tubérculos e raízes. Os grânulos são constituídos (98 a 99%, base seca) por dois tipos de polissacarídeo: amilose e amilopectina, em proporções que variam com a espécie e o grau de maturação (Teixeira, 2007).

A amilose é formada por uma cadeia linear de unidades de glicose, unidas por ligações glicosídicas α -1,4. Ela pode conter de 350 a 1000 unidades de glicose em sua estrutura. A amilose apresenta estrutura helicoidal (Figura 9), unida por pontes de hidrogênio entre os radicais hidroxilas das moléculas de glicose (Ribeiro et al., 2004).

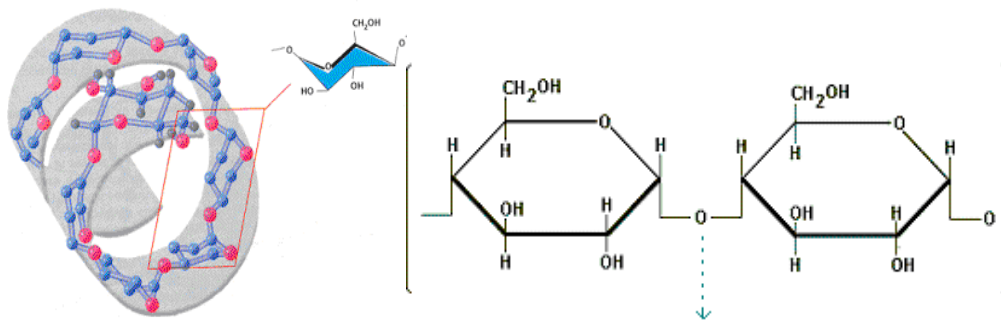


Figura 9 – Representação da estrutura da amilose

A amilopectina apresenta uma estrutura ramificada, constituída por cadeias lineares de 20 a 25 unidades de glicose unidas em α -1,4. Essas cadeias estão unidas

entre si, através de ligações glicosídicas α -1,6. A amilopectina é constituída por 10 a 500 mil unidades de glicose e apresenta estrutura esférica (Coultrate, 1998)

No grânulo, quando a mistura de moléculas lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) está disposta em paralelo, há associações entre as cadeias lineares e entre as cadeias ramificadas, as quais são mantidas juntas por pontes de hidrogênio, resultando em regiões cristalinas.

Quando fria, a água pouco penetra nos grânulos. Essa pequena quantia de água (equivalente 30% da massa do amido) pode penetrar nas regiões amorfas do grânulo sem perturbar as micelas (zonas cristalinas). Se esse amido começar a ser aquecido na presença de água, as moléculas de amido começam a vibrar mais intensamente, quebram-se as pontes de hidrogênio, permitindo assim que a água penetre nas micelas. E quanto mais a temperatura aumenta, mais água pode penetra nas micelas. O aquecimento contínuo na presença de uma quantidade abundante de água resulta em perda total das zonas cristalinas. A temperatura na qual há perda dessas zonas é definida como ponto ou faixa de gelatinização. Durante a gelatinização, os grânulos incham muito, e a viscosidade da suspensão aumenta, formando uma pasta, até um valor máximo de viscosidade. Assim, uma dispersão contendo 1% em massa de amido em água fria tem baixa viscosidade, mas com o aquecimento, até a gelatinização desse amido, será produzida uma pasta viscosa. A dureza do gel depende da concentração e do tipo de amido. (Ribeiro et al., 2004).

O amido gelatinizado apresenta comportamento aderente e a viscosidade da pasta de amido aumenta de forma diretamente proporcional à concentração do amido. A alta viscosidade proporciona uma capacidade aderente apreciável ao amido gelatinizado da mandioca, e por isso o amido é muito usado na indústria de adesivos (Teixeira, 2007).

Um adjuvante aderente pode trazer benefícios para adubação foliar por aumentar a viscosidade, mantendo a gota em estado líquido por mais tempo. Isto é vantajoso, pois os micronutrientes só podem ser absorvidos enquanto em solução (Prado et al., 2008). Além disso, por ser aderente, o amido pode evitar que a gota escorra por ação da gravidade.

Devido a uma preocupação ambiental, a EMATER/RS iniciou pesquisas em 1997 para desenvolver um adesivo que fosse ecológico, sustentável e que fosse produzido pelo próprio produtor. A partir de testes, constataram que o amido de trigo apresentava boa atuação como espalhante adesivo na dosagem de 200g para cada 10 litros de água (EMATER/RS, 2009).

3 Material e Métodos

3.1 Espécie vegetal utilizada, localização e período.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí, região Sudoeste do Estado de Goiás, com altitude média de 696 metros, latitude de 17°52' S e longitude de 51°42' a Oeste de Greenwich. O período do ensaio foi entre março e agosto de 2008.

Foram utilizadas sementes (não tratadas) de couve manteiga híbrida HI-Crop (*Brassica oleracea* var. *acephala*) adquiridas na Takii Seed. A couve foi escolhida como planta teste por possuir folha muito cerosa e, portanto, fornecer o pior cenário possível em termos de absorção da calda foliar.

3.2 Caracterizações do solo utilizado no experimento e preparação dos vasos.

O solo utilizado foi coletado no município de Jataí a uma profundidade entre 20 a 40 cm para diminuir o efeito da matéria orgânica e dos possíveis resíduos de fertilizantes.

Após coletado, o solo foi seco ao ar e passado em peneira de 2 mm de abertura para realização das análises químicas e físicas (Tabela 2).

As análises para caracterização do solo foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Silva (1999) e Raij (2001). O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo).

Tabela 2 – Atributos químicos e físicos de um Neossolo Quartzarênico Órtico

Parâmetro	Valor
Argila (g kg ⁻¹)	94,5
Silte (g kg ⁻¹)	22,6
Areia fina (g kg ⁻¹)	534,9
Areia grossa (g kg ⁻¹)	348,0
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)***	7,0
pH (CaCl ₂)	4,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)**	0,1
Mg (cmol _c dm ⁻³)**	0,1
H+Al (cmol _c dm ⁻³)****	1,9
Al (cmol _c dm ⁻³)**	0,6
K (mg dm ⁻³)*	24,0
P (mg dm ⁻³)*	1,0
CTC (cmol _c dm ⁻³)	2,16
Saturação por Bases (%)	12,0
Cu (mg dm ⁻³)*	1,1
Fe (mg dm ⁻³)*	98,0
Mn (mg dm ⁻³)*	1,9
Zn ((mg dm ⁻³)*	0,6

Análises realizadas no laboratório de Solo da UFG/ *Campus* Jataí.

* Mehlich

** KCl 1,0 N

*** Dicromato de sódio (colorimétrico)

**** Solução SMP

Uma amostra do solo foi levada à estufa para estimar a umidade do mesmo. Descontando-se a umidade, foram pesados 5 kg de solo para cada um dos 102 vasos plásticos.

A quantidade de CaCO_3 e MgCO_3 aplicada ao solo foi calculada tomando-se os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (SB) do solo e ainda o valor desejado para atingir a saturação por bases de 70% , que é recomendável para a cultura de hortaliças (Filgueira, 2003).

Após os cálculos, foram incorporados 2,59g de CaCO_3 PA e 0,58g de MgCO_3 PA em cada vaso 30 dias antes do transplante das mudas. Durante este período, os vasos foram irrigados para favorecer a neutralização da acidez.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis repetições, quatro fatores em estudo e dois níveis cada, perfazendo um fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$, totalizando dezesseis tratamentos , levando a um total de 96 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta de couve manteiga.

Os tratamentos (Tabela 3) constaram de combinações entre 2 fontes (sulfato e quelato) e de presença ou ausência de três substâncias na calda de pulverização: lecitina de soja desengordurada (L), um siliconado comercial (S) e gel de amido de mandioca (A).

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamento	Fonte	Adjuvantes			
		L	S	A	
1	Sulfato	Não	Não	Não	L ₀ S ₀ A ₀
2	Sulfato	Sim	Não	Não	L ₁ S ₀ A ₀
3	Sulfato	Não	Sim	Não	L ₀ S ₁ A ₀
4	Sulfato	Sim	Sim	Não	L ₁ S ₁ A ₀
5	Sulfato	Não	Não	Sim	L ₀ S ₀ A ₁
6	Sulfato	Sim	Não	Sim	L ₁ S ₀ A ₁
7	Sulfato	Não	Sim	Sim	L ₀ S ₁ A ₁
8	Sulfato	Sim	Sim	Sim	L ₁ S ₁ A ₁
9	Quelato	Não	Não	Sim	L ₀ S ₀ A ₁
10	Quelato	Não	Sim	Sim	L ₀ S ₁ A ₁
11	Quelato	Sim	Sim	Sim	L ₁ S ₁ A ₁
12	Quelato	Sim	Não	Sim	L ₁ S ₀ A ₁
13	Quelato	Sim	Não	Não	L ₁ S ₀ A ₀
14	Quelato	Não	Sim	Não	L ₀ S ₁ A ₀
15	Quelato	Sim	Sim	Não	L ₁ S ₁ A ₀
16	Quelato	Não	Não	Não	L ₀ S ₀ A ₀

* sim para presença(1) e não para ausência (0) dos adjuvantes

* tratamento 17 não recebeu pulverização foliar

3.4 Instalações do experimento

O plantio de couve manteiga híbrida foi realizado em bandejas de poliestireno (isopor) com 128 células piramidais cada, em substrato Plant Max, no dia 26 de março e a emergência ocorreu no dia 31 de março. As mudas foram cultivadas em sementeira até atingirem 6 cm.

O transplante de mudas ocorreu 28 dias após a emergência (DAE). Para nutrição com macronutrientes, levaram-se em consideração os resultados das análises do solo e obedeceram-se os tratos culturais recomendados no manual de adubação do Malavolta (2006). Aos trinta e três DAE, foram colocados 1g de fosfato monoamônico (MAP) e 0,25g de cloreto de potássio (KCl) em cada vaso, por cobertura. Potássio, fósforo e nitrogênio foram adicionados novamente a cada 15 dias da seguinte forma: cada vaso recebeu 100 mL de uma solução nutritiva com 0,62g de sulfato de amônio, 0,21g de KCl e 0,1 mL de ácido fosfórico.

Procedeu-se a irrigação dos vasos de acordo com a necessidade para manter o solo à capacidade de campo.

3.5 Preparação da fonte de micronutrientes e dos adjuvantes

Para fazer a solução nutritiva a ser aplicadas nas folhas, utilizou-se como fonte sulfatos e quelatos em quantidades recomendadas no manual do Malavolta, (2006) sobre adubação foliar.

Para preparar a fonte de sulfato, colocou-se 1,2g de $ZnSO_4$ e 0,81g $MnSO_4$ por litro de água destilada. A calda foi preparada imediatamente antes da aplicação.

Para preparar a fonte de quelato, foram misturados: 1,2g de $ZnSO_4$ com EDTA, em quantidades estequiométricas; e 0,81g de $MnSO_4$ com EDTA também em quantias estequiométricas (Fernandez et al., 2006). As misturas Zn/ EDTA e o Mn/ EDTA foram colocadas em recipientes separados e levados para arejar por 24 horas .

Para preparar o gel de amido, foi aquecido 40g de fécula de mandioca em 800 mL de água destilada. A temperatura foi elevada até 60° para induzir a gelificação dos

cristais de amido e formar um gel transparente e aderente (Ribeiro, 2004). Antes da pulverização, o amido foi levado ao laboratório para análise em micro-nutrientes, sendo encontrado: Cu (5 mg Kg^{-1}); Fe(253 mg Kg^{-1}); Mn(10 mg Kg^{-1}) Zn (10 mg Kg^{-1})

Para preparar a lecitina desengordurada, foi utilizada metodologia descrita por Teberikler et al., (2001). A lecitina bruta foi, inicialmente, solubilizada com éter etílico e, em seguida, acrescentou-se acetona PA. Os fosfolípidios polares precipitaram e o óleo (lipídeo apolar) ficou solúvel na acetona, juntamente com o éter e acetona. Esta mistura foi levada para centrifuga a 3000 RPM. Decantou-se, então, a parte líquida. Logo após, lavou-se o precipitado 4 vezes com acetona PA para retirar todo o lipídeo apolar. Restou uma pasta amarela clara no tubo de ensaio. Esta pasta, denominada lecitina desengordurada, foi levada a estufa para secar.

O surfactante siliconado Silkon é um produto comercial e seu preparo seguiu orientações do fabricante.

3.6 Pulverização

Sessenta e cinco DAE as plantas foram pulverizadas com quelato ou sulfato, de maneira casualizada e de acordo com os tratamentos pré estabelecido. As plantas do grupo sulfato receberam pulverização com uma solução contendo ambos micronutrientes, zinco e manganês, na proporção de $1,2 \text{ g L}^{-1}$ de ZnSO_4 + $0,81 \text{ g L}^{-1}$ de MnSO_4 . As plantas do grupo quelato receberam ambos Zn/Mn na forma de quelato de zinco + quelato de manganês, mas na mesma concentração, em gramas, que os sulfatos.

Nos tratamentos que receberam lecitina, foram colocados $1,7 \text{ g L}^{-1}$ de lecitina desengordurada para cada litro da calda. Esta é solúvel e foi rapidamente homogeneizada na solução. Nos tratamentos que receberam o silicone, utilizou-se 3 mL do produto para cada litro da calda. Para cada tratamento que recebeu amido, foram colocados o gel na calda na proporção de 20% (v/v).

O volume da calda utilizada foi aproximadamente 50 mL de calda nutritiva por vaso.

Durante a pulverização, o solo dos vasos foi protegido com plásticos e tecidos absorventes para impedir que a calda de pulverização escorresse para dentro dos mesmos. Com este controle, evita-se a contaminação do solo com os nutrientes da pulverização e interferência nos resultados.

O fertilizante foliar foi pulverizado, com aplicador manual, na planta inteira, utilizando-se calda suficiente para que toda a planta ficasse completamente molhada (Fernandez et al., 2006).

3.7 Análises das folhas

Aos noventa e cinco DAE foram coletadas 3 folhas totalmente desenvolvidas que nasceram após a pulverização. Depois de lavadas, as folhas secaram ao ar livre e, em seguida, foram levadas para a estufa a 60°C por 72 horas, até atingirem peso constante. As folhas secas foram moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira 20 mesh.

A extração do manganês, zinco e ferro ocorreu segundo metodologia descrita por Silva (1999). Pesou-se 0,5 g do material vegetal e transferiu-o para o tubos de digestão, adicionando 6 mL da mistura de ácido nítrico e 2 mL de ácido per - clórico (proporção de 3:1). As amostras foram levadas para o bloco digestor e aquecidas lentamente até temperatura de 120°. Foram mantidas nessa temperatura até cessar o desprendimento de vapor castanho (NO₂). Em seguida, aumentou-se a temperatura para 200° C até cessar o desprendimento de gás branco (HClO₄). Após frio, transferiram-se as amostras para um balão volumétrico e completou-se o volume para 50mL com água deionizada. As amostras foram levadas, no mesmo dia, para o laboratório para quantificação total de Zn, Fe e Mn. Os micronutrientes Mn, Zn e Fe foram determinados através da técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS).

3.8 Análise estatística

Todos os resultados nos testes de médias e análise de variância são expressos em miligramas do metal para cada quilograma de matéria seca da folha (mg kg⁻¹).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e testes de médias com auxílio do aplicativo computacional Sistema para Análise Estatística (SAEG). Quando ocorreu significância das interações entre os fatores em estudo as mesmas foram decompostas e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 1% e 5% de significância .

4 Resultados e Discussão

Os resumos das análises de variância dos teores de Zn e Mn são apresentados nas tabelas 1A e 2A (anexo), nas quais pode ser verificado que para absorção do Zn existe interação entre fonte e amido e entre fonte, lecitina e silicone, indicando que alterando a fonte ou a presença ou ausência do coadjuvante a resposta em termos de absorção é influenciada. Já para Mn não houve interação.

Fernandez et al. (2006) relatou que as interações entre diferentes fontes de ferro, surfactantes e outros adjuvantes podem, em raros casos, inibir os efeitos dos fertilizantes foliares. Por exemplo, formulações de quelato de Fe-IDHA / Mistol teve a tensão superficial elevada, o que inibe a absorção do adubo foliar.

4.1 Zinco

A análise de variância dos teores de zinco está em anexo (Tabela 1A). O valor de F significativo mostra que há interações entre fonte e amido, indicando que a alternância da fonte ou da aplicação do amido influencia no teor de nutriente na folha. Verifica-se, também, interação significativa entre fonte, lecitina e silicone.

4.1.1 Interação de segunda ordem entre os fatores: fonte de zinco x amido

A fonte quelato (EDTA) foi superior à fonte sulfato na absorção de zinco, na ausência de amido (Tabela 4).

Canesin et al. (2007), em uma pesquisa sobre produção de pêra, encontraram que aplicando-se Zn foliar quelatizado, obtém-se resultados positivos muito superiores aos da testemunha, o que não ocorre com o uso de Zn como sulfato.

Em um experimento com tangerina Silva et al.(1998) observaram que fontes quelatizadas possuem maior eficiência que sais de sulfato, pois obtém-se bons resultados mesmo utilizando menores doses de adubo.

O quelato de zinco, especificamente o EDTA- Zn, refere-se a uma molécula orgânica com a configuração em anel que se origina quando o metal Zn^{+2} se combina com dois ou mais grupos doadores de elétrons existentes numa única molécula (Figura 1). A molécula orgânica funciona de maneira similar a duas pinças que envolvem o metal e, protegendo os Zn^{+2} contra as reações químicas que ocorrem na água de pulverização, evitando a precipitação deste micronutriente. Assim, na forma quelatizada, o zinco permanece em forma solúvel por longo tempo, sendo mais bem absorvido pelas folhas (SBRT, 2009). Além disso, como o quelato envolve o metal, também se evita a sua fixação na cutícula. Isto explica a superioridade da fonte quelato sobre a fonte sulfato.

A superioridade da fonte quelatizada sobre o sulfato não foi observada no grupo que se utilizou, juntamente, o adesivo amido. Isto provavelmente ocorreu devido interações intermoleculares entre o gel de amido com o EDTA. O gel de amido, provavelmente por ser um adesivo, interage também com outros adjuvantes.

O amido não influencia a absorção do metal Zn quando sulfato é utilizado como fonte de zinco (Tabela 4). Apesar de ser um adesivo, esta substância não contribui para a absorção do micronutriente zinco. Existem relatos sobre efeitos positivos do amido de trigo como adjuvante na adubação foliar (EMATER/RS), mas isto não é observado com o uso do amido de mandioca. Provavelmente isto ocorreu porque, apesar de facilitar a aderência da calda na folha, o amido de mandioca pode ter impedido a passagem dos nutrientes no através da cutícula. Para ser eficiente, o fertilizante foliar têm que penetrar na cutícula, entrar no simplato e ser transportado para toda a planta, inclusive partes novas (Camargo, 1990; Sartori, 2007)

Observa-se que o gel de amido até mesmo reduz a absorção de zinco se a fonte for Zn-EDTA. Por ser um poderoso adesivo, esse gel permanece na superfície da planta após a pulverização, mesmo após a secagem. A molécula de amido é um polímero orgânico que certamente interage com a molécula do EDTA através de ligações intermoleculares forte, ficando ambas as moléculas retidas na superfície da folha que recebeu a pulverização. Se o quelato não atravessar a cutícula, o zinco não

será aproveitado pela planta em seu metabolismo, ficando também impossível o transporte do metal para as partes novas da planta.

As ligações intermoleculares entre o EDTA e o amido são do tipo pontes de hidrogênio as quais são interações químicas em que o átomo de hidrogênio é atraído simultaneamente por átomos muito eletronegativos, atuando como ponte entre eles. São as ligações intermoleculares mais intensas, medidas tanto sob o ponto de vista energético quanto do sob o ponto de vista de distâncias interatômicas (Kotz, 2002).

Cada molécula de EDTA possui 6 regiões disponíveis para ligações de hidrogênio (Figura 1) enquanto o polímero de glicose possui várias hidroxilas para este mesmo tipo de ligação (Figura 10).

O amido de mandioca não foi eficiente como adjuvante foliar em nenhuma das análises mostrando que os relatórios da EMATER/RS que recomendam o uso de amido de trigo na calda de pulverização precisam de estudos mais aprofundados.

Tabela 4 – Valores médios do teor de zinco (mg Kg^{-1}), em folhas de couve 30 dias após pulverização de Zn em função da presença ou ausência do amido nas fontes sulfato e quelato.

Fonte	Amido	
	Presença	Ausência
Sulfato	21,21 Aa	19,46 Ab
Quelato (EDTA)	20,04 Ba	24,12 Aa

* na mesma linha, médias seguidas de mesma letra maiúsculas e na mesma coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância.

4.1.2 Efeito de terceira ordem entre fonte, lecitina e silicone

As tabelas 5, 6 e 7 mostram os testes de médias para os teores de zinco após decomposição das interações entre fonte, lecitina e silicone.

4.1.2.1 Estudo da lecitina dentro dos níveis de fonte e silicone

O uso de lecitina desengordurada na calda de pulverização acarreta um aumento significativo do teor de zinco nas folhas de couve, quando se usa sulfato de zinco (Zn^{+2}), como mostra o teste de média (Tabela 5).

Este resultado demonstra a importância da adição de um adjuvante penetrante na calda de pulverização.

Butler Ellis (1998) verificou que a lecitina (*Agrydine* - LI-700, 2008) aumentou o tamanho da gota quando adicionada ao pesticida Roundup, reduzindo substancialmente a deriva, além de aumentar a deposição do herbicida na plantação.

No presente ensaio, a absorção e transporte de Zn^{+2} são aumentados pela lecitina porque a lecitina promove uma mudança temporária da cutícula da folha, facilitando a penetração do cátion Zn^{+2} (Prado, 2008). O micronutriente Zn^{+2} , devido a sua carga positiva, tem dificuldade em atravessar a cutícula porque, além desta conter várias ceras apolares, possui cutina cujas cargas negativas retêm o Zn^{+2} . Entretanto, a lecitina tem a capacidade de penetrar na cutícula, criando uma via temporária que permite uma melhor entrada do Zn^{+2} . Esta abertura não causa danos às folhas (Prado, 2008), demonstrando a vantagem do uso da lecitina na adubação foliar. Outro motivo é que a lecitina possui propriedades tensoativas. A lecitina é constituída de fosfolipídios que possuem uma calda apolar, portanto lipofílica, e uma área fosfo-diéster (que contém cargas positivas e negativas) a qual é muito polar. Isto configura em um *zwitterion*, isto é, um radical bi-polar (Leningher, 2004). Moléculas que possuem estas características têm a capacidade de diminuir a tensão superficial da água. Com uma menor tensão superficial, a gota da solução tem maior área de contato com a folha, aumentando a absorção do nutriente Zn (Camargo, 1990).

A presença de lecitina também influencia a absorção de quelato de zinco, na ausência de silicone. A entrada do quelato EDTA-Zn também é favorecida pela lecitina devido a uma diminuição da tensão superficial da água levando a um maior contato da gota com a folha que a lecitina promove.

Tabela 5 – Valores médios do teor de zinco (mg Kg^{-1}), obtidos das folhas de couve 30 dias após pulverização de Zn, em função da presença ou ausência de lecitina no adjuvantes silicone e fonte de zinco.

Fonte	Silicone	Lecitina	
		Presença	Ausência
Sulfato	Presença	24,33 a	19,00 b
Sulfato	Ausência	21,25 a	16,75 b
Quelato	Presença	22,92 a	24,42 a
Quelato	Ausência	23,08 a	17,92 b

* na mesma linha, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1%

A presença ou ausência de lecitina não interfere no teor de Zn na folha quando se utiliza a fonte quelato (EDTA-Zn) na presença do adjuvante silicone. Neste nível, o quelato EDTA-Zn já tem sua carga do Zn protegida pelo quelato e também o surfactante silicone para aumentar o tamanho da gota. Assim, a presença de lecitina não trás nenhum benefício adicional à absorção de Zn.

4.1.2.2 Estudo da fonte dentro dos níveis de lecitina e silicone

O quelato aumentou a absorção de zinco em mais de 28% em relação à fonte sulfato (Tabela 6), quando se utiliza apenas silicone como adjuvante. Nas demais comparações para quelato e sulfato dentro dos níveis de lecitinas e silicone em estudo, não houve diferença no teor de Zn nas folhas de couve.

Canesin et al. (2007), em uma pesquisa sobre produção de pêra, encontrou que aplicando-se Zn foliar quelatizado obtém-se resultados positivos muito superiores aos da testemunha, o que não ocorre com o uso de Zn como sulfato.

Em um experimento com tangerina Silva et al.(1998) observou que fontes quelatizadas possuem maior eficiência que sais de sulfato, pois obtém bons resultados mesmo utilizando menores doses de adubo.

O quelato é um composto orgânico que protege o zinco contra as reações de precipitação e fixação químicas que podem ocorrer. O EDTA, composto que foi utilizado para quelatizar o zinco, possui uma estrutura molecular grande com vários pólos negativos que permitem que a carga do cátion Zn^{+2} fique envolvida pela sua molécula orgânica (Figura 1). Isto diminui a fixação do cátion no percurso de absorção e pode aumentar a entrada do zinco na cutícula da folha (Camargo, 1990). Além disso, na forma quelatizada, os nutrientes permanecem em forma solúvel por longo tempo, pois o EDTA evita a precipitação do zinco na calda de pulverização. (SBRT, 2009). Isto explica a superioridade da fonte quelato de zinco, quando em presença de silicone, sobre a fonte sulfato de zinco. Deve ser levado em consideração que o silicone tem um papel fundamental para que o quelato tenha um melhor desempenho. Os organossiliconados, por serem tensoativos, diminuem o ângulo de contato entre a gota e a folha, permitindo um maior contato da calda de pulverização com a superfície da folha (Montório, 2004). Este contato mais íntimo entre a calda de pulverização e a folha favorece a absorção do quelato.

Na comparação entre quelato e sulfato na ausência total de adjuvantes, silicone e lecitina, não houve diferença no teor de zinco. Apesar do quelato proteger a carga do Zn^{+2} , na ausência de um tensoativo que aumente o contato da gota com a folha, o EDTA não mostrou eficácia para aumentar a absorção de zinco.

Na comparação entre quelato e sulfato na presença de lecitina, não houve diferença no teor de zinco. A absorção do sulfato de zinco (Zn^{+2}), na presença da lecitina, se mostra tão alta quanto a do Zn-EDTA. Devido à criação de uma via através da cutícula pela lecitina, o Zn^{+2} atravessa a cutina com a mesma facilidade que o Zn-EDTA.

Tabela 6 – Valores médios do teor de zinco (mg Kg^{-1}), obtidos das folhas de couve 30 dias após pulverização de Zn, em função da fonte quelato ou sulfato dentro dos níveis de lecitina e silicone

Lecitina	Silicone	Fonte	
		Sulfato	Quelato
Presença	Presença	24,33 a	22,92 a
Presença	Ausência	21,25 a	23,08 a
Ausência	Presença	19,00 b	24,42 a
Ausência	Ausência	16,75 a	17,92 a

* na mesma linha, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância

4.1.2.3 Estudo do silicone dentro dos níveis de fonte e lecitina

O produto comercial Silkon constituído de silicone aumentou a absorção do quelato de zinco, na ausência de lecitina (Tabela 7). Nas demais comparações, o silicone não influencia no teor de zinco na folha.

Fernández et al., (2006) observaram que os valores da tensão superficial de compostos de ferro eram menores quando se usa surfactante organossiliconado Silwet L-7607.

Gent et al., (2003) encontrou que os organossiliconados são os surfactantes que mais completamente cobriu as folhas de batatas, feijões e cebolas em um experimento com fungicidas.

O silicone, quando utilizado como único surfactante, influencia a absorção do quelato de zinco. O Edta-Zn já possui a carga do Zn protegida e é beneficiado pela propriedade tensoativa do silicone. Os organossiliconados possuem uma cadeia lipofílica e uma hidrofílica (Montório, 2004). Compostos anfifílicos diminuem o ângulo de contato entre a gota e a folha, permitindo um maior contato da calda de pulverização com a superfície da folha (Camargo, 1990).

A molhabilidade da superfície é um fator importante no processo de penetração dos adubos foliares nas plantas. Para ocorrer penetração dos micronutrientes através da cutícula, a gota deve ser retida pela superfície das folhas. O uso de um organo-siliconado aumenta o espalhamento do fertilizante pela superfície foliar, e conseqüentemente, aumenta a área de contato da gota com a folha, melhorando a absorção do zinco (Camargo, 1990).

Tabela 7 – Valores médios do teor de zinco (mg Kg^{-1}), obtidos das folhas de couve 30 dias após pulverização de Zn, na interação fonte x lecitina x silicone, para estudo de silicone dentro dos níveis de fonte e lecitina

Fonte	Lecitina	Silicone	
		Presença	Ausência
Sulfato	Presença	24,33 a	21,25 a
Sulfato	Ausência	19,00 a	16,75 a
Quelato	Presença	22,91 a	23,08 a
Quelato	Ausência	24,42 a	17,91 b

* na mesma linha, médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1%

Este bom desempenho do silicone ocorre quando é utilizado o quelato EDTA-Zn, provavelmente por que esta fonte envolve a carga do Zn^{+2} , permitindo que o micronutriente se beneficie da maior área de contato que o silicone proporciona.

O silicone não influencia a absorção do zinco quando é utilizado o EDTA-Zn na presença de lecitina. A lecitina já possui uma propriedade tensoativa e, portanto, o silicone não trás nenhum benefício adicional.

O silicone não influencia a absorção do sulfato de zinco (Zn^{+2}) na ausência de lecitina. Levando em consideração que o Zn^{+2} não tem a sua carga protegida contra fixação nem precipitação, não há benefício em aumentar o contato da gota com a folha se na houver um composto penetrante para criar uma via de entrada para o zinco.

O silicone não influencia a absorção do zinco quando na presença de lecitina. A lecitina penetra na folha facilitando a entrada do Zn^{+2} , além de ser tensoativa. Sendo assim, o sulfato tem a sua absorção tão alta quando a do quelato.

4.2 Manganês

Solos do Cerrado geralmente não apresentam baixo teor de manganês, mas devido ao baixo pH usa-se a calagem para corrigir o solo. Ao aumentar o pH, diminui-se a solubilidade do manganês tornando-o menos disponível para as plantas. Uma adubação foliar, por evitar fixação, torna-se uma solução economicamente viável.

Como podemos ver na análise de variância em anexo (Tabela 2A), não houve interações entre os diferentes fatores. Os testes de médias para lecitina, fonte, silicone e amido estão apresentados na tabela 8.

A lecitina desengordurada aumenta a absorção de manganês em 7,2%. Butler Ellis (1998) verificou que a lecitina (LI-700) aumentou o tamanho da gota quando adicionada ao pesticida Roundup, reduzindo substancialmente a deriva, além de aumentar a deposição do herbicida na plantação.

Este fosfolipídio permite a formação de micelas com a cadeia apolar voltada para a parte externa. Como a cutícula é também apolar, o fluxo da solução pode ser beneficiado. Ao penetrar na cutícula, a lecitina cria uma passagem que permite a entrada dos micronutrientes presentes no adubo foliar.

Tabela 8 - Valores médios do manganês (mg Kg^{-1}), obtidos das folhas de couve 30 dias após pulverização de Mn, em função da fonte do micronutriente e adjuvantes

TRATAMENTO		Mn
Fonte		
	Quelato	98,52 a
	Sulfato	97,95 a
Lecitina		
	Presença	101,83 a
	Ausência	94,64 b
Amido		
	Presença	98,93 a
	Ausência	97,54 a
Silicone		
	Presença	101,45 a
	Ausência	95,02 b

*Em cada coluna, dentro de cada fator, médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O adjuvante amido não afetou significativamente a absorção de manganês adicionado na calda de pulverização.

A fonte sulfato e quelato não apresentaram diferença significativa na absorção do Mn.

O silicone intensifica a absorção de manganês pelas folhas como pode ser visto na tabela 8. Fernández et al. (2006) observou que os valores da tensão superficial de fertilizantes com ferro eram menores quando se usa surfactante organossiliconado Silwet L-7607.

Compostos siliconados apresentam o grupo siloxano em sua estrutura o que lhes conferem uma característica lipofílica. Há, na mesma molécula, um grupo oxietilênico que é hidrofílico. Com estas características, a molécula de um organossiliconado é um potente hipotensor. Ao aumentar o tamanho da gota, aumenta-se também a área de contato da calda de pulverização com a folha, proporcionando uma melhor absorção do Mn.

4.3 Análise da interação entre os quatro fatores

A análise variância dos teores de Zn e Mn nas folhas revelou uma interação não significativa para interação entre os quatro fatores: fonte; lecitina; amido e silicone. Os valores de F para interação de quarta ordem do zinco e manganês podem ser vistos nas tabelas 1A e 2A.

5. Conclusões

A fonte de zinco quelatizada (Zn-EDTA), quando preparada com aditivo a base de silicone, proporciona uma maior absorção e translocação de Zn^{+2} para partes novas quando comparada com a fonte sulfato de zinco ($ZnSO_4$). Esta superioridade não é notada quando, juntamente com o aditivo a base de silicone, se coloca amido ou lecitina na calda de pulverização.

Quando lecitina é adicionada à calda, aumenta-se a absorção do Zn na forma de $ZnSO_4$. A lecitina também aumenta a absorção do Zn-EDTA, desde que não se utilize silicone conjuntamente. O uso da lecitina também aumentou a absorção do manganês.

Utilizando-se adjuvante siliconado, aumenta-se a absorção do Zn na forma de Zn-EDTA, desde que não se utilize lecitina conjuntamente. O adjuvante siliconado também aumentou a absorção do Mn.

O amido não aumentou a absorção de Zn e nem do Mn.

REFERÊNCIAS

ADJUVANTS AGRYDINE. **LI-700**. Disponível em: <http://www.agridyne.fr/Agridyne/Espace+Visiteur/Fiches+Produits/LI+700/LI700.htm> Acesso em: 23 Nov. 2008.

BORKERT, C.M. Manganês. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 153-190.

BUTLER ELLIS, M.C.; Miller,D.D.; Baker,A.G.; Lane.J.D. **The effect of LI-700 on spray formation, transport and deposition**. p.389-394. 5th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals, Memphis, USA. 1998.

CAMARGO de, O.A. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. Infobibos– Informações Tecnológicas, 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 23 Out. 2008.

CAMARGO, P.N. de; SILVA, O. **Manual de nutrição foliar**. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1990. 251p.

CANESIN, R.C.F.; BUZETTI, S. Efeitos da aplicação foliar de boro e zinco sobre a produção e os teores da SST e AAT dos frutos da pereira japonesa e da pinheira. **Revista Brasileira da Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.2, Aug., 2007.

CHARTTERJEE, J.; CHARTTERJEE, C. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. **Environmental Pollution**, v.109, p.69-74, 2000.

COBBE, R.V.; JABUONSKI, R.E. A importância econômica e social das plantas olerícolas. In: FERREIRA, M.E. ; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 1-14.

COULTAGE, T.P. **Manual de química y bioquímica de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Acribia. 1996. 349p.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 65-78.

DECHEM, A.R.; Diagnose visual. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 271-288.

DEY, P.M.; HARBORNE, J.B. **Plant Biochemistry**. London: Academic Press, 1997. 529p.

EMATER/RS. Alternativa Tecnológica Farinha de trigo: espalhante adesivo ecológico
Disponível em: <http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/2014419906.pdf> Acesso em:
13 Fev. 2009

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Novos rumos na produção de hortaliças**. Disponível em:
<http://www.cnph.embrapa.br/public/textos/texto1.html> Acesso em: 26 Out. 2008.

FERNANDEZ, V; RIO, V. D. ; ABADIA, J.; ABADIA , A. Foliar iron fertilization of peach.
Plant Soil, Zaragoza, p. 239-252, Out., 2006.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na
produção e comercialização de hortaliças, 2° ed. Viçosa: Editora UFV, 2003. 412p.

GENT, D. H.; SCHWARTZ, H. F.; NISSEN, S.J. Effect of commercial adjuvants on
vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. **Plant Disease**, v.87, n.5,
p.591-597, May., 2003.

GRANGEIRO, L.C.; COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; GRILLI, G.V.G.; COELHO,
R.L.; BERGAMIN, L.G. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes
concentrações de cobre. **Horticultura Brasileira**, vol.21, n.1, Brasília, Jan/Mar, 2003.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: FERREIRA, M.E.;
CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças**.
Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.
149-178.

KOTZ, J.C.; TREICHEL Jr, P.; **Química e reações químicas**. v.1. 4.ed. Rio de Janeiro:
LTC, 2002. 345p.

KOTZ, J.C.; TREICHEL Jr, P.; **Química e reações químicas**. v.2. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 345p.

LENINGHER, A.L.; **Princípios de bioquímica**. 4 ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1119p.

LEVESQUE, M.P.; MATHUR, S.P. The effects of using copper for mitigating Histosol subsidence. **Soil Science**, v. 135, n. 2, p. 88-100, 1983

MALAVOLTA, E. **Manual de adubação**. 2.ed. São Paulo: Ave Maria, 1975. 346p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MATHUR, S.P.; LEVESQUE, M.P. Effect of liming on the yield, nutrition and copper status of potatoes, carrots and onions grown sequentially in two peat soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 63, p. 229-244, 1983.

MELO, E.M. de; GUIMARÃES, P.T.G.; SILVA, E. de B.; NOGUEIRA, F. D. Efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco na produção do cafeeiro (coffea arábica L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.1, p. 84-85, jan./mar., 1999.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.N. Sistemas de Consórcio na Produção de Hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.12, n.2, p.129-132, abr/jun, 2006.

MONTÓRIO, G.A. Definição de um coeficiente de eficácia para estudo de tensão superficial com surfactantes siliconados e não siliconados. **Scientia Agrária Paranaensis**, Unioeste, v.3, n.1, p.26-34, 2004.

MONTÓRIO, G.A.; VELINI, E.V.; MACIEL, C.D.G.; MONTORIO, T. **Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial**. Disponível em: <http://www.upf.br/rbherbicidas/download/RBH228.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2008.

MURAYAMA, S. **Horticultura**. Campinas: Instituto Campineiro. 1980. 321p.

PENNER, D. **Activator Adjuvants**. Weed Technology, v.14, p.785-791, 2000.

POESCHKE, P.R.; ESTEVES, J.V.; GRARIENTI, I.; ROSA, J.I. da; SCHWENGBER, J.E. **Curso básico de olericultura ecológica**. In: COLEÇÃO APRENDENDO A FAZER MELHOR, n.8. Porto Alegre: EMATER/RS, 2005. 110p.

PRADO, A.M.; KAUER, C.; SOTO, P.; SOLAR, C.E.D.; SOZA, J.A.; DEPALLENS, D. **Adjuvantes, sus propiedades e efectos en las aplicaciones de fitorreguladores**. Disponível em: <http://www.uvademesa.cl/ARCHIVOS%20PDF/Adjuvantes%20aconex%20parte%202.df> Acesso em: 04 Nov. 2008.

RAIJ, B. van. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284p.

RAIJ, B. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 99-111.

RAVEN, P.H.; EICHHORN, S.E.; EVERT, R.F. **Biologia vegetal**. Guanabara: Koogan. 2. ed. 2005. 760p.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA. 2004. 184p.

ROSOLEM, C.A. Adubação Foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 419-449.

SANTOS, O. S. dos. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 191-217.

SANTOS, R.O. Níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes. Lavras, 2007. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

SARTORI, R.H. Absorção, transporte e redistribuição de zinco em laranjeiras. Piracicaba, 2000. 104p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SBRT, SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Lecitina de soja**. Disponível em: <http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt6005.pdf?PHPSESSID=5d046b168137459e0cdc363bcd34430ar> Acesso em Nov 10. 2008.

SBRT, SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Quelato de micronutrientes para a agricultura**. Disponível em <http://www.sbrt.ibict.br> Acesso em Jan 10. 2009.

SBRT, SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Utilização de lecitinas de soja e girassol na panificação**. Disponível em <http://www.sbrt.ibict.br> Acesso em Nov 10. 2008.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

SILVA, M.M.; LAGAZZI, F.R.; RAMOS, C.C.; SEMPIONATO, O.R. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambu,

1998. **Resumos...** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.794.

SOARES, M. da S. Processamento de óleo de soja utilizando ultrafiltração em miscela na etapa de degomagem e na obtenção de lecitina. Campinas, 2004. 185p. Tese (Doutorado) – UNICAMP.

SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco. In: FERREIRA, M.E. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba-SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 219-242.

STOCK, D.; BRIGGS, G. **Physico chemical properties of adjuvants:** values and applications. *Weed technology*, v.14, p. 798-806, 2000.

TAIZ.L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEBERIKLER, L.; KOSEOGLU, S.; AKGERMAN, A. Deoling of Crude Lecithin Using Supercritical Carbon Dioxide in the Presence of co-solvents. **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.6, p.850-853, 2001.

TEIXEIRA, E. de M. Utilização de amido de mandioca para a preparação de novos materiais termoplástico. São Carlos, 2007. 201p. Tese (Doutorado). Universidade de São Carlos.

VALE, F. Avaliação e caracterização da disponibilidade do boro e zinco contido em fertilizantes. Piracicaba, 2000. 101p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Anexos

Tabela 1A – Resumo da análise de variância para teor de zinco em folhas de couve manteiga (em mg Kg⁻¹)

FV	GL	SQ	QM	F	Sig
F	1	73,5	73,5	3,83	0,053
L	1	273,37	273,37	14,25**	0,0003
A	1	32,66	32,66	1,70	0,194
S	1	204,16	204,16	10,65**	0,0016
FxL	1	57,04	57,04	2,97	0,088
FxA	1	204,16	204,16	10,65**	0,0016
FxS	1	1,5	1,5	0,08	0,78
LxA	1	15,04	15,04	0,78	0,378
LxS	1	51,04	51,04	2,66	0,106
AxS	1	24,00	24,00	1,25	0,266
FxLxA	1	12,04	12,04	0,63	0,43
FxLxS	1	84,37	84,37	4,40*	0,039
FxAxS	1	1,5	1,5	0,08	0,78
LxAxS	1	7,04	7,04	0,37	0,546
FxLxAxS	1	12,04	12,04	0,63	0,43
Trat	15	1053,5	70,23	3,66	0,001
Res	80	1534,33	19,18	----	----
Total	95	2587,83	----	----	
CV	20,60%				

* significativo ao nível de 5%

** significativo ao nível de

F (Fonte) ; L (Lecitina) ; A (Amido) ; S (Silicone)

Tabela 2A – Resumo da análise de variância para teor de manganês em folhas de couve manteiga (em mg Kg⁻¹)

FV	GL	SQ	QM	F	Sig
<i>F</i>	1	7,59	7,59	0,03	0,86
<i>L</i>	1	1239,84	1239,84	5,01*	0,028
<i>A</i>	1	46,76	46,76	0,19	0,66
<i>S</i>	1	994,59	994,59	4,02*	0,048
<i>FxL</i>	1	0,0937	0,0937	0,00	0,984
<i>FxA</i>	1	133,01	133,01	0,54	0,46
<i>FxS</i>	1	157,59	157,59	0,64	0,42
<i>LxA</i>	1	27,09	27,09	0,11	0,74
<i>LxS</i>	1	31,51	31,51	0,13	0,72
<i>AxS</i>	1	304,59	304,59	1,23	0,27
<i>FxLxA</i>	1	94,01	94,01	0,38	0,53
<i>FxLxS</i>	1	356,51	356,51	1,44	0,23
<i>FxAxS</i>	1	36,26	36,26	0,15	0,70
<i>LxAxS</i>	1	213,01	213,01	0,86	0,35
<i>FxLxAxS</i>	1	82,51	82,51	0,33	0,56
Trat	15	80	95	3724,98	19804,5
Res	23529,49	248,33	247,55	----	----
Total	----	----	----	----	----
CV	15,9 %				

* significativo ao nível de 5%

F (Fonte) ; L (Lecitina) ; A (Amido) ; S (Silicone)