
Universidade Federal do Paraná-UFPR.
Departamento de Solos
Disciplina: Nutrição Mineral de Plantas

ENXOFRE

Professor: Volnei Pauletti

Bárbara Sloboda

INTRODUÇÃO

- O enxofre é encontrado no solo em combinações de sais de sulfato, sulfetos e minério. Nas proximidades de vulcões, o enxofre é encontrado na sua forma original, razão pela qual há muitas unidades de exploração nestas regiões.



Dinâmica do enxofre no solo

- O enxofre se encontra nos solos nas formas orgânica e inorgânica. A forma orgânica representa mais de 90% do S total na maioria dos solos, observando-se uma relação entre o S total e o carbono e nitrogênio orgânico.

- As transformações do S nos solos envolvem a mineralização do S orgânico para formas inorgânicas, a imobilização ou conversão de S inorgânico em compostos orgânicos pelos microorganismos, a produção de sulfeto pela redução de SO_4^{2-} , a formação de gases voláteis e a oxidação de S elementar em outras formas reduzidas.

- A entrada de S no solo pode ocorrer por intemperismo, águas das chuvas e irrigação, deposição atmosférica, resíduos vegetais e animais, adições de fertilizantes.
- As saídas deste elemento é através de exportações pelas culturas, lixiviação, erosão, queimada e emissão de gases.

ENXOFRE NAS PLANTAS

A maior parte do S nas células de plantas superiores deriva do sulfato, absorvido via um transportador do tipo simporte, presente na membrana plasmática.



Mecanismo de Contato Enxofre pelas Plantas

- O principal mecanismo de contato do íon sulfato pelas raízes é por fluxo de massa, ou seja, graças ao caminhamento da solução do solo a favor do gradiente de umidade (BARBER, 1984).

Essencial para formar toda a proteína da planta,

- Componente de aminoácidos,
 - Formação de Coenzimas,
 - Composição das ferredoxinas – fotossíntese e fixação de N₂
-

Transporte

- É o movimento do elemento, no caso enxofre, do órgão de absorção, raiz ou folha, para outro órgão qualquer.
- O enxofre caminha da raiz para a parte aérea via xilema, juntamente com a corrente respiratória, na forma do íon sulfato e aminoácidos; no inverso, ou seja, da parte aérea para o sistema radicular, é transportado via floema, na forma de sulfato e aminoácidos.

Redistribuição

- Mesma forma que o transporte:
- Embora o enxofre seja absorvido na forma de sulfato, a sua maior concentração na planta é representada por formas reduzidas correspondente ao sulfeto; segue-se daí a incorporação do enxofre em compostos orgânicos exige a sua prévia redução.
- A função metabólica mais importante do enxofre prende-se talvez ao fato de que ele, na forma do radical sulfídrico (SH), constitui o grupo ativo de muitas enzimas implicadas no anabolismo dos carboidratos, gorduras e
- proteínas. (MALAVOLTA & MORAIS, 2007).

Mecanismo de contato do Enxofre Pelas Folhas

- Na folha o enxofre pode ser absorvido pela forma gasosa do dióxido de enxofre, possivelmente como aminoácidos.

Processo de mineralização do S orgânico

- É de grande importância à disponibilidade de SO_4^{2-} às plantas (Costa, 1980; Kamprath & Till, 1983). A mineralização do S orgânico nos solos é influenciada por fatores ambientais e de solo. Entre os fatores ambientais e edáficos destacam-se a temperatura, a umidade, a aeração, o pH, a população microbiana e as formas predominantes de S orgânico.

S inorgânico

- É encontrado nos solos como SO_4^{2-} , na solução ou adsorvido na superfície dos colóides inorgânicos, ou nas formas reduzidas como dióxido de S, sulfito, tiosulfato, S elementar e sulfeto. Em solos bem drenados, as formas reduzidas são facilmente oxidadas a SO_4^{2-} .

Fontes

- O enxofre contido na atmosfera é uma das maiores fontes deste nutriente. 95% do S encontrado no solo está ligado à matéria orgânica. Outras fontes naturais são dejetos de animais, água e atmosfera.
- Sulfatos solúveis em água são imediatamente disponíveis para as plantas.

- A deficiência em S não é comum nas plantas, uma vez que geralmente os solos possuem quantidades suficientes deste nutriente.

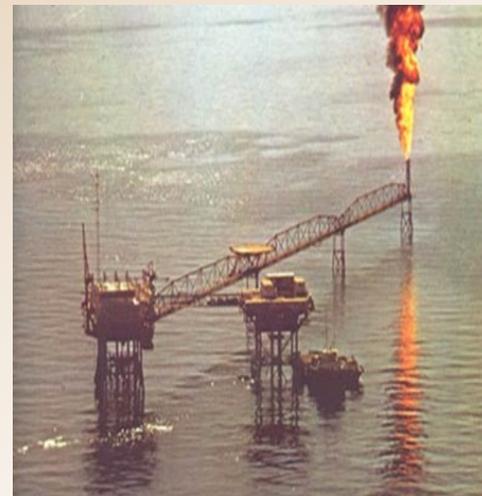
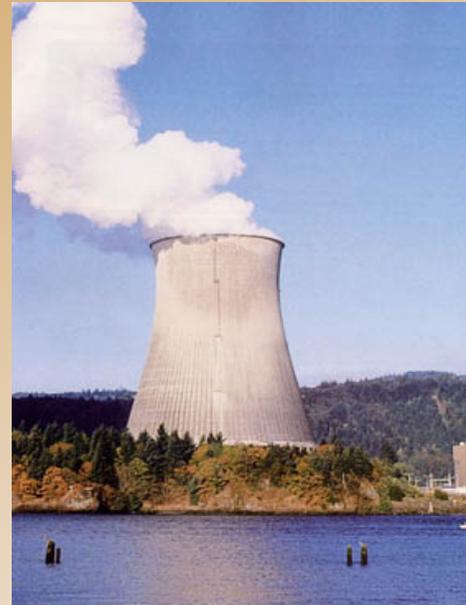
Ciclo do Enxofre

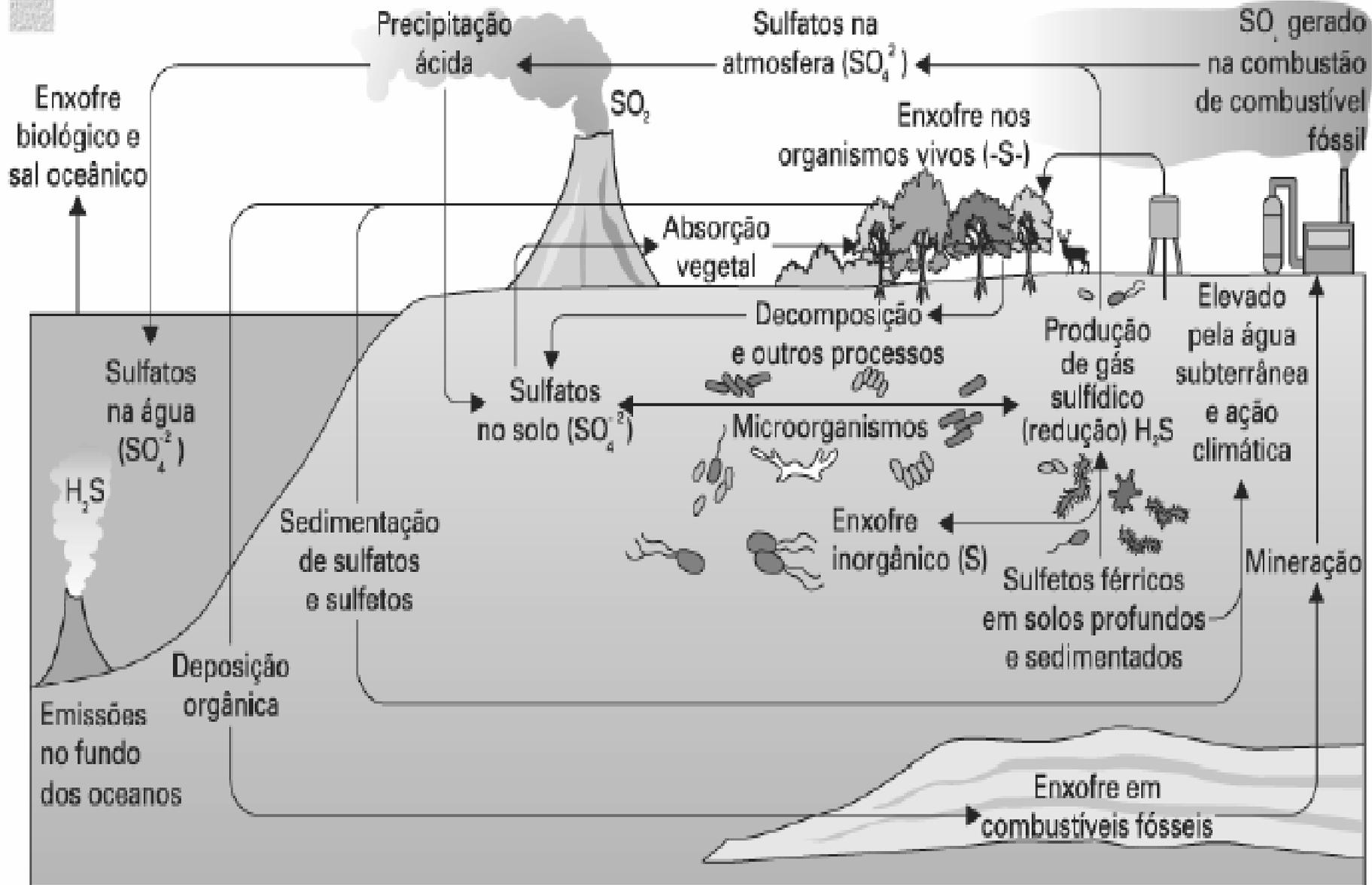
As plantas absorvem compostos contendo enxofre além dos sulfatos; Na produção de aminoácidos das plantas o hidrogênio substitui o oxigênio na composição dos sulfatos;

Os seres vivos se alimentam das plantas; microorganismos decompõem os aminoácidos que contêm enxofre nos restos de animais e plantas, criando sulfato de hidrogênio;

O enxofre é extraído do sulfato por bactérias e microorganismos;

Sulfatos são produzidos pela ação de microorganismos na combinação do enxofre com o oxigênio.





Aplicações e Funções

- O enxofre é um elemento químico essencial para todos os organismos vivos, s constituinte de aminoácidos,
- Utilizado em fertilizantes,
- As plantas absorvem o enxofre do solo como íon sulfato, e algumas bactérias utilizam o sulfeto de hidrogênio da água como doadores de elétrons num processo similar a uma fotossíntese primitiva. As proteínas dependem basicamente do enxofre.

-
- O enxofre também ajuda a desenvolver enzimas e vitaminas;
 - Promove a nodulação para fixação de nitrogênio pelas leguminosas;
 - Ajuda a produção de sementes; é necessário para formação da clorofila, apesar de não ser um constituinte dela; esta presente em vários compostos orgânicos que dão os odores característicos do alho e à cebola (INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO, 1998).
-

DEFICIÊNCIA DE S EM PLANTAS

IPNI Brasil/Foto



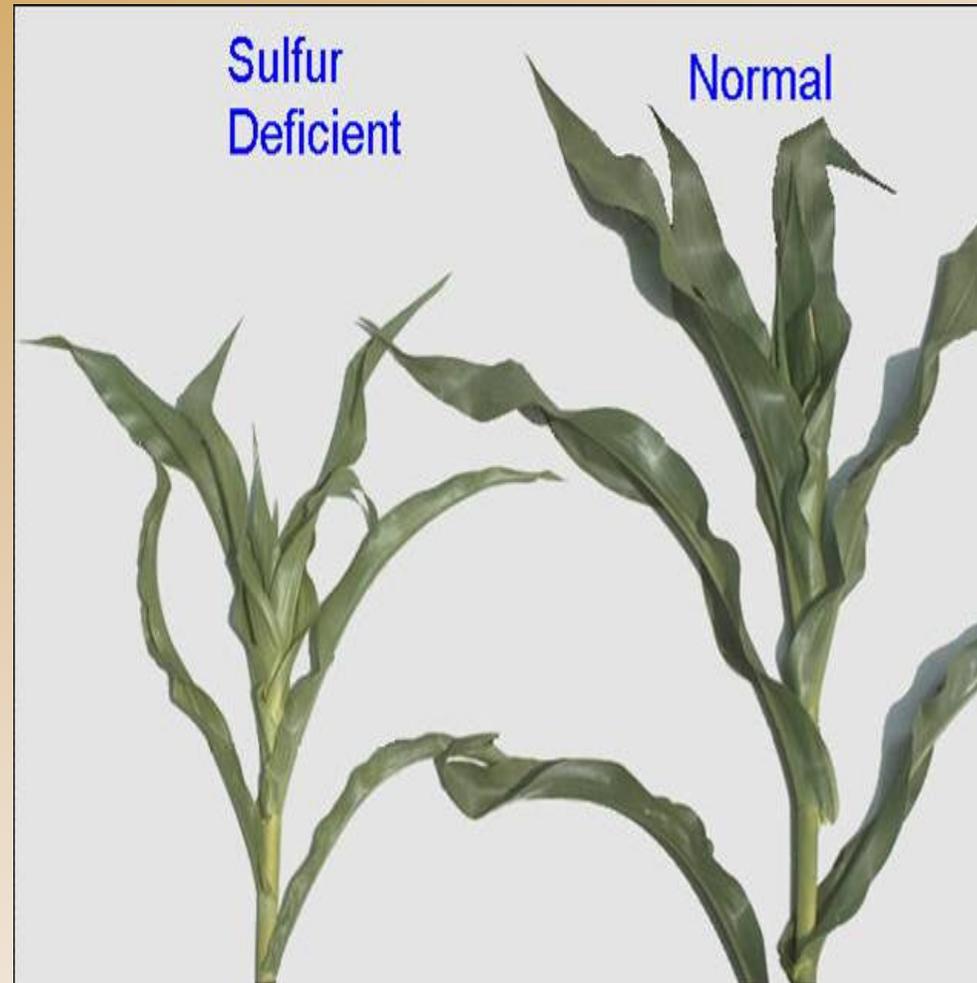
Clorose nos órgãos mais jovens

Crescimento prejudicado, com poucos ramos vegetativos,

Diferencia-se da carência de nitrogênio por ocorrer em manchas isoladas da lavoura e por ser o amarelecimento restrito, às partes jovens ("ponteiros") das plantas, onde as pequenas folhas são verde-claras, brilhantes, com aspecto semelhante ao das folhas novas do citro ("verde-limão"). Há queda excessiva de formações jovens e prematura de folhas. O ciclo da planta é diminuído e a produtividade afetada.

Uma redução drástica no conteúdo de clorofila foliar é uma característica típica desta deficiência (Figura 3)

Fonte – Agrolink.



- **SINTOMAS VISUAIS DA DEFICIÊNCIA DO ENXOFRE**

Alface

Amarelecimento generalizado das folhas novas. Folhas pequenas, rijas e mais grossas. Menor tamanho das plantas.

www.honeywell.com/sulfn



Alfafa

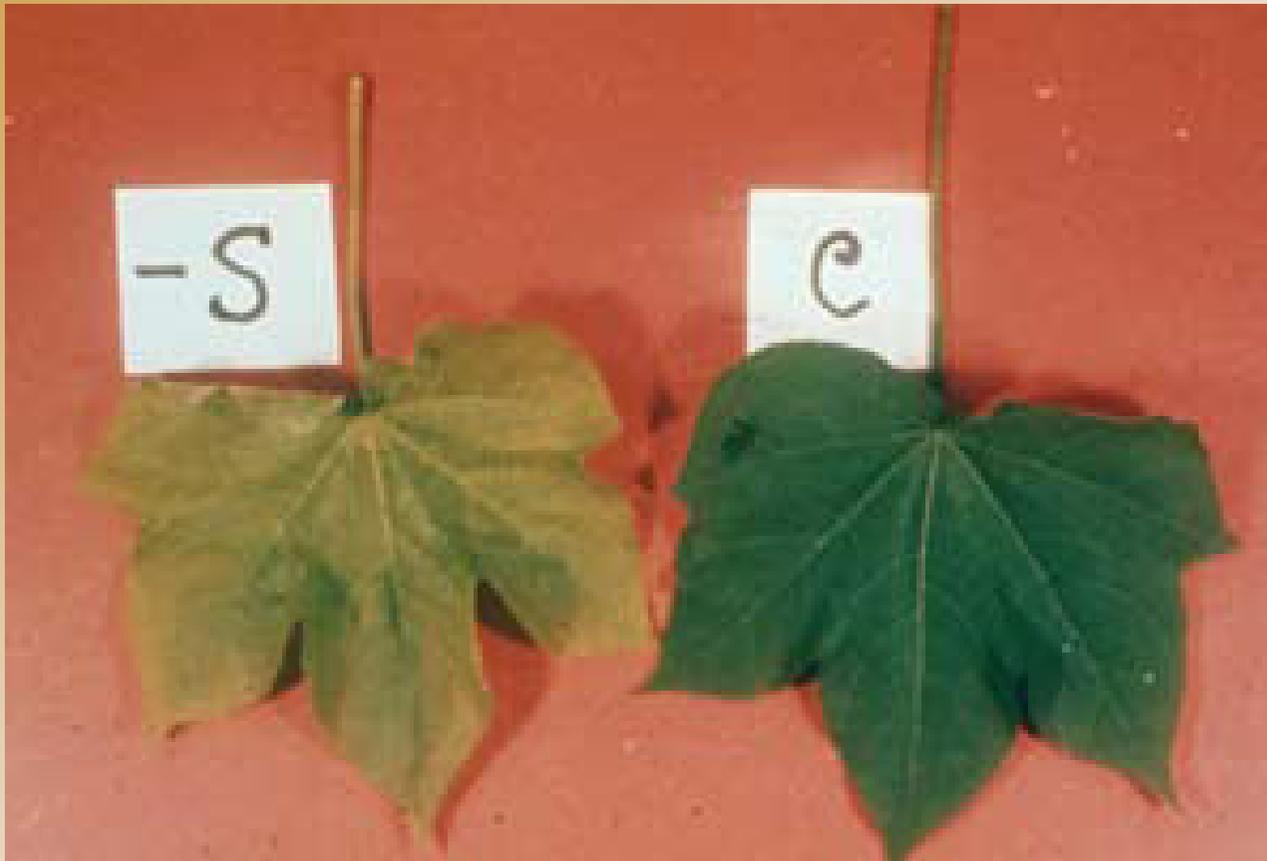
Brotos reduzidos. Novos brotamentos também amarelados. Avermelhamento dos talos.

Folículos mais eretos.



Algodão

Amarelecimento das folhas mais novas,
seguido de avermelhamento, com posterior
desfolhamento.



Arroz

Amarelecimento internerval e geral das folhas mais novas.

As folhas mais velhas permanecem verdes.



Repolho

Folhas defeituosas, enrolamento das margens das folhas. Tons avermelhados e roxos nas mesmas.



Amendoim

Folhas novas apresentam-se menores, amareladas e com inserção mais ereta com os pecíolos. Plantas menores.



Café

Folhas novas amareladas e de tamanho reduzido. Possível necrose nas margens das folhas.



Batata

Amarelecimento geral, avermelhamento do caule.
Folhas novas encurvadas para dentro.



Milho

Amarelecimento do caule e das folhas mais novas. Início nas bordas até a nervura central das folhas. Folhas mais velhas permanecem verdes.



MILHO



MILHO



Soja

O amarelo pálido das folhas mais novas persiste, tornando toda a planta na tonalidade amarela.

Folhas menores.



Sintoma de deficiência de enxofre na soja.

Ocorre uma clorose geral das folhas, incluindo as nervuras, que de verde-pálido passam a amarelo.



COM ENXOFRE

SEM ENXOFRE

Trigo

Amarelecimento internerval e geral das folhas mais novas. As folhas mais velhas permanecem verdes.



Principais fertilizantes: Fontes de enxofre para as culturas

- - Sulfato de amônio (24% de S);
- - Superfosfato Simples (12% de S);
- - Sulfato de Potássio (18% de S);

- A baixa disponibilidade de S no solo teoricamente é bastante generalizada. Estima-se que 50% da área total dos solos da América Tropical apresentam deficiência de S.
- No Brasil, vários solos apresentam baixo nível de S, especialmente aqueles arenosos e altamente intemperizados ocorrentes em áreas distantes do mar, de grandes metrópoles e de fábricas.

Resposta das culturas ao enxofre

- A resposta à aplicação de S é maior em solos intemperizados, com grandes quantidades de óxidos de ferro, baixo conteúdo de matéria orgânica e baixos teores de argila.
- A chuva pode ser uma importante fonte de suprimento de enxofre. Em solos argilosos, o enxofre aportado pela água da chuva pode ficar retido nos colóides aumentando a disponibilidade do elemento às plantas. Em solos arenosos, a precipitação atua como dreno de enxofre, pois, carrega o enxofre da chuva e parte do enxofre do solo para subsuperfície, podendo este ficar inacessível às culturas.

- A soja tem apresentado respostas à aplicação de S em latossolos altamente intemperizados do cerrado brasileiro.
- A aplicação de gesso agrícola proporcionou aumentos de 350 a 485 kg ha⁻¹ de grãos em diversos latossolos (Macarenhas et al., 1976) e de 350 kg ha⁻¹ de grãos em solos derivados de arenito (Miyasaka et al., 1964). Do mesmo modo, constatou-se aumentos significativos na produção de soja com a aplicação de S como superfosfato simples onde a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de S-SO₄-2 aumentou a produção de grãos em 846 kg ha⁻¹ (Hicore & Gallo, 1972).

- Outras culturas com boa resposta a aplicação de S são o feijão e o algodão. Tem-se observado resposta à aplicação de até 30 kg ha⁻¹ de S-SO₄-2, embora houve experimentos de feijão e algodão onde não se observaram respostas (Macarenhas et al., 1967; Rosolem et al., 1984).

Obrigada.