

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**Acúmulo de matéria seca e marcha de absorção de  
nutrientes em soja de crescimento determinado e  
indeterminado.**

**WALDENIO ANTONIO DE ARAÚJO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2018**

Acúmulo de matéria seca, marcha de absorção de nutrientes e componentes da produção em soja de crescimento determinado e indeterminado.

WALDENIO ANTONIO DE ARAÚJO  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. MUNIR MAUAD

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

A663a Araujo, Waldenio Antonio De

Acúmulo de matéria seca e marcha de absorção de nutrientes em soja de crescimento determinado e indeterminado / Waldenio Antonio De Araujo -- Dourados: UFGD, 2018.

50f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Munir Mauad

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Cultivares. 2. Fluxo de assimilados. 3. Concentração de nutrientes. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo (a) autor(a).

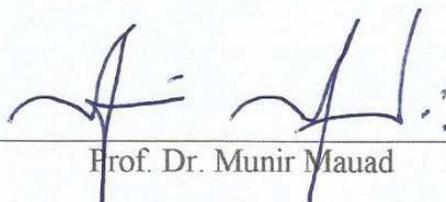
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**Acúmulo de matéria seca e marcha de absorção de nutrientes  
em soja de crescimento determinado e indeterminado.**

**WALDENIO ANTONIO DE ARAÚJO**

Dissertação (Tese) apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do  
título de MESTRE EM AGRONOMIA

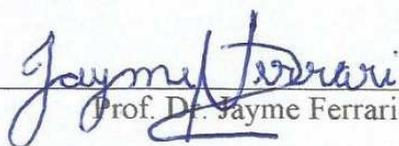
Aprovada em: 16 / 05 / 2018



---

Prof. Dr. Munir Mauad

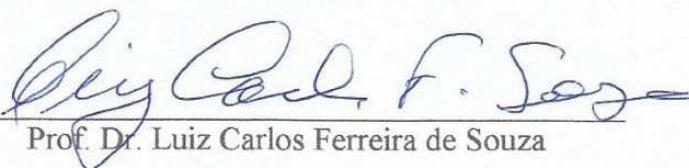
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Jayme Ferrari Neto

UCDB



---

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza

UFGD/FCA

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Inácia Araújo de Sousa, a minha Irmã, Francisca Adriana de Araújo, ao Meu Irmão, Valter Antonio de Araújo, pelo apoio moral e incentivo. Ofereço também ao meu Pai Antonio Elizeu de Araújo (in memoria).

Em especial, dedico este trabalho a minha esposa Edina Mitie Beppu, pois não seria possível concretizar esta atividade sem o apoio, paciência e confiança dadas por ela.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Munir Mauad pela orientação, oportunidade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos durante todo o período.

Ao Dr. Rodrigo Arroyo Garcia pela ampla disponibilidade e paciência.

À Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD e ao Programa da Pós graduação em Agronomia - “Produção Vegetal” pela oportunidade de realizar o mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Aos funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD que me proporcionaram condições para a realização desse trabalho.

A Fundação Meridional pelo fornecimento de uma das cultivares.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, meu franco agradecimento.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1. Tipos de crescimento</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2. Dinâmica dos nutrientes</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.1. Nitrogênio</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.2. Fósforo</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.3. Potássio</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2.4. Cálcio</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2.5. Magnésio</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2.6. Enxofre</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3. Marcha de absorção</b> .....	<b>15</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. Local, clima e solo</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2. Delineamento experimental.</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3. Cultivares</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4. Instalação e condução da área experimental</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5. Variáveis analisada</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5.1. Acúmulo de matéria seca</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5.2. Marcha de absorção de nutrientes</b> .....	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>44</b>

## RESUMO

A absorção e distribuição de nutrientes na planta é requisito essencial para que haja crescimento adequado de seus diversos órgãos, a emissão de ramos e folhas e o desenvolvimento de vagens e grãos. O objetivo com este trabalho foi determinar a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes na parte aérea em cultivares de soja de crescimento determinado e indeterminado. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), município de Dourados (MS), durante a safra 2016/2017, utilizando as cultivares BRS 317 (crescimento determinado) e BRS 1001 IPRO (crescimento indeterminado). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com duas cultivares de soja (um de crescimento determinado e outro de crescimento indeterminado) e sete épocas de coleta (15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a emergência) de plantas em 4 repetições. Cada unidade experimental foi constituída de 6 linhas de 20 metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,45 m e densidade de semeadura para obter 13 plântulas por metro. Foram coletadas amostras da parte aérea de 10 plantas, em cada época. Cada coleta, as plantas foram divididas em folha (limbo e pecíolo), caule, ramo, vagens e grãos, pesadas e submetidas para análise de macronutrientes. A ordem de extração de macronutrientes nas cultivares BRS 317 e BRS 1001 foram de:  $N > K > Ca > P > Mg > S$ . A cultivar BRS 1001 apresentou maior acúmulo de Mg nas folhas, K e Ca nos grãos e Mg nas vagens em relação a cultivar BRS 317. O acúmulo de S segue a seguinte ordem: para cultivar de crescimento determinado BRS 317, grãos > ramo > folha > vagem > caule, enquanto a cultivar de crescimento indeterminado apresentou a seguinte ordem: grãos > ramo > vagem > caule > folha.

**Palavras chave:** Cultivares; fluxo de assimilados; concentração de nutrientes:

## ABSTRACT

Absorption and distribution of nutrients in plants are essential for proper growth of various vegetal organs, branching, leafing, and development of pods and grains. The goal of this study was to determine the dry matter yield and nutrient accumulation in the shoot of soybean cultivars of determined and undetermined growth. The experiment was carried out in an experimental farm of the Agricultural Sciences sector, Federal University of Grande Dourados (UFGD), in the city of Dourados - MS (Brazil). It was conducted during the 2016/2017 growing season, using cultivars BRS 317 (determined growth) and BRS 1001 IPRO (undetermined growth). The experimental design was a randomized block, the factors consisted of two soybean cultivars (BRS 317 and BRS 1001 IPRO) and seven sampling times (15, 30, 45, 60, 75, 90, and 105 days after plant emergence). Each experimental unit contained six 20-m rows spaced 0.45 m apart, and sowing density to obtain 13 seedlings per meter. Plant shoot samples were taken from 10 plants per sampling time. Each sample was split into leaf (limbus and petiole), stem, branch, pods, and grains, and then weighed and subjected to analysis of macronutrients. The extraction order of macronutrients in the cultivars BRS 317 and BRS 1001 were :  $N > K > Ca > P > Mg > S$ . The cultivar BRS 1001 presented bigger accumulation of Mg in the leaves, K and Ca in the grains and Mg in the pods related to the cultivar BRS 317. The accumulation of S follows the following order: for the cultivar of determined growth BRS 317 grains > branch > leaf > pod > stem, while the cultivar of indeterminate growth presented the following order: grains > branch > pod > stem > leaf.

**Key-words:** Cultivars; flow of assimilates; concentration of nutrients.

## 1. INTRODUÇÃO

Na literatura relacionada à cultura da soja, podemos encontrar as características de tipo de crescimento. Assim, apresentam-se como diferentes formas de expressar os conceitos de crescimento determinado, semideterminado e indeterminado (VERNETTI, 1983). Mais precisamente, o hábito de crescimento refere-se à arquitetura da planta que é caracterizado pela inclinação dos ramos laterais em relação à haste principal. Assim, é considerado ereto quando esta inclinação é menor que 30°; semiereto, com inclinação de 30° a 60°; e horizontal, quando a inclinação é maior que 60°. Enquanto o tipo de crescimento está relacionado, à forma de crescimento da haste principal (SEDIYAMA et al., 2009).

Cultivares de crescimento determinado são caracterizadas por apresentar folhas e entrenós com tamanhos uniformes, desde a base até a extremidade superior das plantas. Normalmente os ramos e a haste principal apresentam ráculo terminal em suas extremidades (NOGUEIRA et al., 2009). Enquanto as cultivares de crescimento indeterminado caracterizam-se pela arquitetura compacta, folíolos pequenos, que por sua vez, demandam mais pesquisas (SOUZA et al., 2014).

No Brasil, todas as práticas de manejo relacionadas à nutrição mineral da soja, desde a adubação de base até à adubação foliar foram definidas com base nos princípios metabólicos de cultivares de soja de crescimento determinado, entretanto tem aumentado a área cultivada com cultivares de soja de crescimento indeterminado, as quais não foram acompanhada de estudos da dinâmica nutricional e de crescimento desses genótipos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2014).

O estudo do crescimento da planta busca determinar a capacidade de absorção de nutrientes no período de desenvolvimento do seu ciclo, gerando a elaboração de um manejo adequado na utilização dos insumos, dessa forma, proporcionando uma nutrição equilibrada, além de fornecer dados e parâmetros que auxiliam na expansão de tecnologia da produção (AUGOSTINHO et al., 2008).

A partição de assimilado na planta é requisito essencial para que haja crescimento harmônico entre seus diversos órgãos e a emissão de ramos e folhas e o desenvolvimento de vagens e grãos ao mesmo tempo em plantas com tipo de crescimento indeterminado, podem gerar uma maior demanda por fotoassimilados para suprir as fontes e drenos em desenvolvimentos (LOPES e LIMA, 2015).

O conhecimento dos estádios fenológicos é de suma importância, para fluir de maneira equivalente e eficiente as avaliações da translocação dos nutrientes nas plantas. Conseqüentemente, tanto a evolução natural das plantas, como, o melhoramento genético, explicita a capacidade da planta em gerar diversos mecanismos de remobilização de nutrientes. Desta maneira, analisando a quantidade de nutrientes nos diferentes estádios fenológicos fica mais claro identificar a necessidade de cada nutriente em determinada fase de desenvolvimento, definindo o momento certo da aplicação dos fertilizantes e com isso maximizando a remobilização (MAILLARD et al., 2015).

Dentro do contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes na parte aérea, em cultivares de soja de crescimento determinado e indeterminado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Tipos de crescimento

A maior parte das cultivares de soja são classificadas de crescimento determinado e indeterminado, no entanto, o desenvolvimento terminal do caule é dependente do crescimento da planta, podendo ser categorizado também como semi-determinado (TIAN et al., 2010, VERNETTI, 1983).

Nesse sentido, as cultivares de crescimento determinado possuem inflorescência racemosa terminal e axilar. O crescimento vegetativo quase cessa após o florescimento, podendo crescer até 10% da altura final, enquanto as cultivares de tipo crescimento indeterminado possuem apenas inflorescência axilar, sendo que nestas a gema apical mantém o crescimento vegetativo após início do florescimento, também apresentam pequena quantidade de ramificações, com produção direcionada no ramo central da planta, havendo a presença de vagens e flores e novos trifólios simultaneamente na mesma planta (NOGUEIRA et al., 2009; VERNETTI, 1983).

O máximo de área foliar para cultivares de crescimento determinado ocorre em R1 enquanto para cultivares de indeterminado ocorre em R5 (ZANON et al., 2015b). Em trabalho realizado por Oliveira Junior et al. (2014) com a soja de crescimento indeterminado cultivar BRS 360RR com ciclo de 120 DAE em que, o período de máximo de acúmulo total de matéria seca ocorreram em média nos 98 DAE. Da mesma forma, Pedrinho Júnior (2004) e repetido por Bianco et al., (2012) em ensaio feito com soja de crescimento determinado com ciclo de 125 DAE, a cultivar BR 16 apresentou acúmulo de matéria seca, atingindo seus maiores valores aos 104 DAE. Vale ressaltar, que o período de máximo acúmulo total de matéria seca varia conforme o ciclo de cada cultivares.

O período de florescimento da soja normalmente varia entre 20 e 40 dias; entretanto, mais de 70% das flores são produzidas em menos da metade do tempo total, enquanto que cultivares de crescimento indeterminado possuem maior período de produção de vagens, quando comparadas às cultivares de crescimento determinado. Portanto, quando se trata de cultivares indeterminadas e as mesmas se encontram no estágio R3, sendo comum encontrar na planta botões florais, flores desenvolvidas e

vagens iniciando seu desenvolvimento, assim como lançamentos de novos trifólios (RITCHIE et al., 1997).

Zanon et al. (2015a) relatam que as cultivares de crescimento determinado apresentam a maior proporção da fase vegetativa (42%) no ciclo total, quando comparadas com as cultivares indeterminadas (33,4%), nas sementeiras dentro da época recomendada.

O crescimento da soja é controlado por dois tipos de genes: Dt1/dt1 e Dt2/dt2. O gene dt1dt1 expressa o crescimento determinado; o Dt1Dt1 o crescimento indeterminado e, o Dt1dt1, expressa fenótipo semi-determinado. O gene Dt2/dt2 na sua forma dominante também expressa o fenótipo semi-determinado (BERNARD, 1972). A caracterização do gene Dt2 juntamente com o Dt1 foram os alicerces para uma maior importância dos mecanismos moleculares pelos quais estes genes e outros fatores atuam para determinar arquitetura da haste da soja (PING, 2014).

Perini et al. (2012) demonstraram que os componentes da produção de rendimento não estão associados com o crescimento, portanto, a obtenção de cultivares com altas produtividades não depende do crescimento. Para as características morfológicas analisadas altura de plantas, número de nó, massa seca da planta, índice de colheita, massa de mil grãos, número de grãos por planta e número de vagens totais, os cultivares com crescimento determinado, diferem dos de crescimento indeterminado, apenas para altura de planta.

Concomitantemente, para uma determinada cultivar de soja, expressar seu maior potencial produtivo, dependerá da sua própria aptidão. Porém, cultivares com crescimento indeterminado, tem a tendência de ser mais eficiente nas sementeiras antecipadas e tardias em comparação a soja de crescimento determinado (ZANON et al., 2015a).

## **2.2. Dinâmica dos nutrientes**

Os elementos minerais essenciais são classificados como macro e micronutrientes, dependendo das quantidades relativas encontradas nos tecidos das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). Por isso, cada nutriente tem função específica no metabolismo das plantas, mas é importante observar que, a expressão dos sintomas de deficiência ou excesso dependerá da mobilidade dos mesmos no floema e que essa mobilidade é inerente ao comportamento de um por um dos elementos. A necessidade

de que haja a quantidade ideal dos nutrientes em cada parte da planta, tanto via solução do solo ou suplementação via foliar. Torna-se fundamental que os mecanismos de absorção e translocação dos nutrientes essenciais, sejam estudados em conjunto com o metabolismo da planta (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

### 2.2.1. Nitrogênio

O N é absorvido pelas plantas através da solução do solo ou fixado do ar, e incorpora-se na planta na forma de aminoácidos, sendo assimilado diretamente, quando amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou requerendo redução quando nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O N é um componente de vitaminas e proteínas, nos quais formam aminoácidos (FURLANI, 2004; DECHEN e NACHTIGALL, 2007). O nitrogênio apresenta-se na forma de nitrato e é armazenado no vacúolo celular tendo a função importante de equilíbrio das cargas na absorção de cátions e ânions. Também faz parte das estruturas de proteínas e de outros compostos orgânicos constituintes de estruturas celulares, assim como, elemento regulatório na forma orgânica, e reações de sínteses (FURLANI, 2004).

O N faz parte de todas as proteínas e sua falta causa o amarelecimento das folhas mais velhas, devido a fácil mobilidade desse nutriente dentro da planta (MALAVOLTA, 2006). Os teores de N nas plantas variam entre 20 e 50 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca da planta levando em conta um crescimento normal (FURLANI, 2004).

Nas fabáceas, 90% do N está na forma orgânica, como aminoácidos livres, proteínas, nucleotídeos, aminas, purinas, coenzimas e outros. A deficiência de N causa baixos teores de proteínas nos grãos (SFREDO, 2008)

A obtenção do N pela soja é feita em sua maioria através de fixação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. A soja desenvolve nódulos esféricos, nos quais, possuem internamente células infectadas que funcionam na fixação de N<sub>2</sub> e na assimilação de N. Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 80 kg de N, sendo que, 51 g kg<sup>-1</sup> são acumulados nos grãos e 32 g kg<sup>-1</sup> nos restos culturais (EMBRAPA, 2013; GUINEL, 2009).

A soja absorve 50% de sua necessidade de N desde a emergência até os 44 dias, sendo que a maior velocidade de absorção ocorre aos 45 DAE, que corresponde ao início da floração das plantas. Esta fase atinge o máximo de acúmulo de N após 30

dias de florescimento, na qual, absorve os outros 50% de sua necessidade. Esse período caracteriza-se entre a floração e enchimento das vagens (SFREDO, 2008).

### 2.2.2. Fósforo

O fósforo é absorvido pelas plantas, preferencialmente na forma de fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  e  $\text{HPO}_4^-$ ), e é um componente integral de células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediário da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõe as membranas vegetais. Ele também é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (ATP, DNA E RNA) (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O contato entre o P na solução do solo e a raiz se faz quase exclusivamente por difusão, processo segundo o qual o elemento caminha a curtas distâncias numa fase aquosa estacionária, denominada solução do solo, a favor do gradiente de concentração (MALAVOLTA, 2004).

O fosfato inorgânico absorvido pelas raízes é rapidamente incorporado aos açúcares, formando açúcar-fosfato, que são transportados radialmente nas células da raiz e liberado no xilema na forma de fosfato inorgânico novamente. A demanda de P pelas plantas, para um ótimo crescimento está na faixa de concentração de 2 a 5 g  $\text{kg}^{-1}$  (FURLANI, 2004).

Na soja, assim como na maior parte das plantas o fósforo desempenha papel fundamental e exclusivo, sua falta interfere no crescimento e nos processos metabólicos dependentes desse elemento, impedindo que haja o desenvolvimento normal da cultura. Os cotilédones são a fonte inicial de fósforo para plântula, sendo que, cerca de 92% já foram transferidos dos cotilédones para o resto da planta aos 38 dias após o plantio (MALAVOLTA et al., 1974; LANTMANN e CASTRO, 2004).

A extração de fósforo pela soja é relativamente lenta, até os 52 dias DAE. Nesse período, há uma extração correspondente 51%. Aos 82 DAE atinge o ponto máximo de acúmulo (CORDEIRO et al., 1979). Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 15 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , das quais, 10 g  $\text{kg}^{-1}$  são acumulados nos grãos e 5,4 g  $\text{kg}^{-1}$  nos restos culturais (EMBRAPA, 2013).

### 2.2.3. Potássio

O K pode ser considerado como o nutriente mais abundante, geralmente em todas as culturas. Sua absorção ocorre, pelo contato da raiz com a solução do solo em via obrigatória, isto é, no encontro natural da raiz com o elemento, chamado interceptação radicular, por fluxo de massa, onde o K movimentar-se junto com a solução do solo a favor do gradiente de umidade e por fim, por gradiente de concentração, passando de um ambiente mais concentrado para um de menor concentração (MALAVOLTA, 2005).

Na forma do cátion  $K^+$ , o potássio desempenha papel importante nas plantas que é a regulação do potencial osmótico das células, além, de ativar várias enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Similar ao nitrogênio, o potássio é facilmente redistribuído para os órgãos novos, com uma demanda para um crescimento ótimo das plantas dentro da faixa de 20 e 50 g  $Kg^{-1}$ . Portanto sua deficiência aparece primeiro nas folhas mais velhas, (MARENCO e LOPES, 2005; FURLANI, 2004). O efeito da baixa concentração desse nutriente na planta provoca redução nas atividades de muitas enzimas, diminuição na concentração de amido, acúmulos de compostos nitrogenados solúveis, redução da atividade das ATPases, redução na atividade da reductase do nitrato (FURLANI, 2004).

Uma das características fundamental do K na soja é a influência direta na tolerância e/ou resistência a doenças, que por sua vez, interfere também na qualidade de sementes (BORKERT et al., 2005)

O acúmulo de potássio na soja é influenciado pela relação das doses de fósforo e potássio aplicadas no solo. A diferença de 36 dias entre os dois pontos, corresponde ao "período crítico" de absorção de potássio pela planta (SFREDO e LANTMANN, 1992). Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 38 kg de  $K_2O$ . Sendo que, 20 g  $kg^{-1}$  são acumulados nos grãos e 18 g  $kg^{-1}$  nos restos culturais (EMBRAPA, 2013).

### 2.2.4. Cálcio

Segundo Malavolta, (2005) há duas formas pelas quais o Ca pode ser absorvido pelas raízes. Sendo, na forma de íon  $Ca^{+2}$  e de cálcio quelatizado, ambos constituintes da solução do solo. O contato com a raiz, se faz essencialmente por fluxo de massa o

que significa que há necessidade de umidade maior no solo para otimizar a absorção do Ca e conseqüentemente, tendo a possibilidade de baixa absorção desse elemento nos períodos quentes e secos.

Atuando em diversas funções na planta o  $\text{Ca}^{+2}$ , como elemento estrutural (parede celular), elemento regulatório (equilíbrio entre cátions e ânions, divisão e extensão celular e nos processos secretórios e também atuando como segundo mensageiro no citoplasma (FURLANI, 2004).

Na cultura da soja o Ca é o responsável pela reação de formação do pectato de cálcio, localizado na lamela média das células proporcionando a resistência da parede celular e a indução da atividade enzimática. O cálcio atua em vários órgãos, no aparelho reprodutivo envolvido na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (REDDY, 2001).

O Ca após ser transportado, pelo xilema e parte pelo floema, ao chegar nas folhas reduz sua mobilidade que já é baixa, constituído na maior parte em formas insolúveis como os pectatos, oxalatos, carbonatos e outros. Pela razão da baixa mobilidade desse nutriente os sintomas de deficiência tornam-se visíveis na parte aérea, nas folhas e em outros tecidos jovens da planta (FLOSS, 2011). Furlani; (2004) complementa que, para um crescimento ótimo, as plantas necessitam de uma concentração de  $\text{Ca}^{+2}$  dentro de 10 a 50  $\text{g kg}^{-1}$ .

O acúmulo de cálcio pelas folhas da soja é lento até os 42 DAE. A partir desse ponto as folhas continuam a acumular cálcio até atingir o ponto de máxima extração aos 84 e 85 dias (CORDEIRO et al., 1979). Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 12 kg de Ca. Sendo que, 3  $\text{g kg}^{-1}$  são acumulados nos grãos e 9  $\text{g kg}^{-1}$  nos restos culturais (EMBRAPA, 2013).

### **2.2.5. Magnésio**

O Mg é absorvido pelas plantas na forma de  $\text{Mg}^{2+}$ . A maior parte do Mg existente nas células difundem-se livremente em suspensão ou associados a componentes carregados negativamente (proteínas e nucleotídeos) (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O Mg participa de várias reações enzimáticas que envolvem ATP E ADP. Também possui o papel fundamental nas estruturas como componente da molécula de

clorofila, assim como, contribui para a integridade dos ribossomos, facilitando a ligação peptídica (MARENCO e LOPES, 2005).

A deficiência do Mg é induzida por outros cátions, isso é um fenômeno de competição comum. Quanto sua mobilidade, o  $Mg^{2+}$  é bastante móvel no floema e no xilema, e o transporte e redistribuição se dá na forma iônica. A necessidade de Mg para um bom funcionamento das plantas está na faixa de concentração de 15 a 35 g  $Kg^{-1}$  (FURLANI, 2004).

Na soja o Mg é um elemento que é fortemente influenciado pela presença de  $K^+$  e de  $Ca^{2+}$ , o mesmo corresponde a 2,7% do peso da clorofila, sendo que 50% de dele está no cloroplasto. O Mg ativa várias enzimas relacionadas à síntese de carboidratos e outras envolvidas na síntese de ácidos nucleicos. Essas atividades do Mg são mais intensas do que em qualquer outro elemento essencial (SFREDO, 2008).

O P também influencia na absorção de Mg, quanto maior a concentração de P no solo menor a presença de Mg na planta. Cordeiro et al., (1979) trabalhando com a cultivar IAC-2 de crescimento indeterminado e de ciclo de 105 DAE, observou que aos 83 DAE, ocorreu o ponto de máximo acúmulo de Mg nas folhas. Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 6,7 kg de Mg. Sendo que, 2 g  $kg^{-1}$  são acumulados nos grãos e 4,7 g  $kg^{-1}$  nos restos culturais (EMBRAPA, 2013).

#### **2.2.6. Enxofre**

O S é absorvido pelas plantas na forma de  $SO_4^{2-}$ . Em muitos casos, esse ânion é retido no solo. Em solos nos quais predominam óxidos de ferro e alumínio, pode haver adsorção de  $SO_4^{2-}$  no subsolo, sendo o pH do solo um fator muito importante para esse processo, de tal modo que quanto maior for o pH, menor será a adsorção do ânion (RAIJ, 2011). O movimento desse íon para a superfície radicular ocorre predominantemente por fluxo de massa (MALAVOLTA, 1980).

Considerado um elemento importante para a produção de aminoácidos, proteínas e clorofila, o S é um componente de vitaminas e de alguns hormônios da planta. Na planta pode ser encontrado nas formas orgânicas de aminoácidos (cisteína, cistina e metionina) ou em compostos de enxofre (adenosina 5-fosfosulfato e 3-fosfoadenosina 5-fosfosulfato) (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O enxofre é importante não somente como nutriente, mas também por seu papel no mecanismo de defesa das plantas contra pragas e doenças. Os compostos secundários contendo N e S em sua estrutura como precursores inativos, que são convertidos na forma ativa pela ação de enzimas em resposta ao ataque de patógenos ou pragas (STIPP e CASARIN, 2010).

De acordo com Vitti e Trevisan, (2000). O enxofre é essencial na cultura da soja, pois juntamente com o nitrogênio, ele está envolvido no metabolismo e na composição de aminoácidos, assim como, nas enzimas, atuando no processo da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico

A deficiência do S se revela, quando as folhas mais jovens apresentarem as lâminas foliares uniformemente amareladas ou cloróticas, tendo em vista que, o S possui baixa mobilidade na planta (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). A concentração de S ideal, para um bom funcionamento dos organismos vegetais e que promova um funcionamento adequado, variam entre 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> (FURLANI, 2004).

O acúmulo de enxofre nas folhas, de acordo com Cordeiro et al., (1979) aumenta de 21 DAE em diante. A partir dos pontos de inflexão, as plantas aceleraram a absorção, atingindo os pontos de máximo acúmulo em torno de 82 a 86 DAE. Estima-se que para cada 1000 kg de grãos de soja sejam necessários cerca de 15,4 kg de S. Sendo que, 5,4 g kg<sup>-1</sup> são acumulados nos grãos e 10 g kg<sup>-1</sup> nos restos culturais (EMBRAPA, 2013)

### **2.3. Marcha de absorção**

Para se conhecer os aspectos relacionados à nutrição mineral de plantas, a marcha de absorção dos nutrientes destaca-se fundamentalmente como objeto de definição dos mecanismos funcionais relativos a adubação das culturas (ZOBIOLE et al., 2010).

O entendimento da marcha de absorção dos nutrientes na planta e do acúmulo de matéria seca relacionados aos estádios fenológicos, tem importância cabal na otimização da distribuição eficiente dos nutrientes dentro de cada fase, conforme a sua necessidade fisiológica (FRANCO, 2011).

Segundo Duarte et al. (2003) a recomendação das adubações, por sua vez, é embasada nos estudos de resposta à fertilização e na exigência nutricional da cultura, devido principalmente aos picos de máxima absorção pela planta, a exigência das

culturas por nutrientes não pode ser inferida somente a partir da extração total. Faz se necessário o estudo da marcha de absorção dos nutrientes em função do tempo, para prever como, quando e quanto de adubo deve ser aplicado.

A quantidade referida a necessidade nutricional de cada planta para um funcionamento adequado de seu organismo, pode ser estimado por modelos matemático, utilizando como parâmetro a quantidade de matéria seca produzida em determinados órgãos, em detrimento ao potencial produtivo esperada da cultura (KURIHARA et al., 2013a).

A planta absorve a grande maioria dos nutrientes pela raiz se comparado com a absorção foliar. Porém em ambos, a absorção dos nutrientes acontece no apoplasto para o simplasto, podendo ser pelo princípio da seletividade em que os nutrientes são absorvidos independente de sua concentração por preferência enzimática do genótipo, pelo princípio da acumulação, relativo à concentração e pelo princípio da variabilidade genética onde o genótipo possui afinidade a um determinado nutriente, como no caso da soja ao Ca (FLOSS, 2011).

O transporte de nutriente é regulado pelo o tipo e modo em que é absorvido durante o ciclo da planta. O  $K^+$ , quando em baixa concentração extracelular é absorvido por transporte ativo, isto é, com gasto de energia e em alta concentração extracelular o oposto acontece, ocorrendo o transporte passivo sem gasto de energia. Com isso, o tipo de transporte e a concentração dos nutrientes no meio estão diretamente ligados à quantidade absorvida e a acumulação dos mesmos (PEDRINHO JUNIOR et al., 2004).

No entanto, o movimento caracterizado de fonte e dreno, funciona na cultura da soja de forma em que, a mobilização dos metabólitos é feita em detrimento da distância entre fonte e dreno, ou seja, conforme a planta vai crescendo os fotoassimilados produzidos no terço superior, vão para o crescimento do ápice, os do terço inferior são transportados para o crescimento das raízes e os do terço médio serão distribuídos para ambos os lados. As folhas maduras (fonte) abastecem os drenos através de conexão vasculares diretas (FLOSS, 2011). Na fase vegetativa, os ápices caulinares e raízes, apresentam-se como dreno e quando na fase reprodutiva, isso é atribuído às sementes e frutos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A soja é uma cultura de alta exigência nutricional, portanto, insuficiência ou o desequilíbrio presente no solo entre os nutrientes pode resultar numa absorção deficiente de alguns e excessiva de outros. Os nutrientes apresentam diferenças nas

suas funções como constituintes metabólicos e estruturais dos órgãos vegetais. Isso determina uma variação no grau de transporte e redistribuição dos nutrientes para os pontos de crescimento, dependentes de diversos fatores como o estágio de desenvolvimento das plantas e a velocidade de movimentação, distinguindo-os em grupos de nutrientes móveis (N, P, K, Mg e Cl), de mobilidade intermediária (S, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) e pouco móveis (Ca e B) (SFREDO, 2008).

Os nutrientes pouco móveis são aqueles que participam como constituinte de compostos orgânicos protoplasmáticos insolúveis ou pouco solúveis, reduzindo a sua degradação e a liberação dos mesmos, enquanto que os nutrientes móveis, ao contrário, são constituintes de compostos facilmente degradados, aumentando a sua disponibilidade para transporte para outros órgãos (FLOSS, 2011).

Em estudos realizados por Maillard et al. (2015) os resultados demonstraram que os nutrientes minerais têm diferentes padrões de acumulação e remoção de folhas e, além disso, as eficiências de remobilização dependem de cada espécie de planta. Esses padrões podem ocorrer em diferentes formas, através da degradação da clorofila, em referência ao N; em acúmulo de nutriente imobilizado ao longo da vida do órgão que pode se remobilizar dependendo da espécie de planta, já o que ocorre na soja com Ca e pela remobilização feita pelo K, P, S e Mg caracterizados por eficiências altamente variáveis de remobilização acontece de acordo com as espécies de plantas.

Kurihara et al. (2013b) reitera, que a diagnose de um determinado nutriente vai variar conforme a parte da planta que foi coletada, um exemplo básico é o que ocorre no terceiro trifólio que apresentam teores maiores de N, P, B, Fe, Mn e Zn e menores de K.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local, clima e solo

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), município de Dourados (MS), sob coordenadas geográficas de 54°56'W e 22°12'S e 452 m de altitude. O clima conforme a classificação de Koppen é do tipo Am (Alvares et al. 2013), com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e as temperaturas mínimas entre maio e agosto, coincidindo com chuva excedente na primavera-verão e déficit hídrico no outono-inverno. As precipitações pluviais e as temperaturas médias, registradas durante a realização do experimento, estão apresentadas na Figura 1.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso e apresentou as seguintes características químicas (EMBRAPA, 2013). Quadro 1.

Quadro 1 - Análise de solo na profundidade de 0-20 cm

pH	M.O	P(r)	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	g kg <sup>-1</sup>	---mg dm <sup>-3</sup> ---				-----mmol, dm <sup>-3</sup> -----				%	
6,4	5,9	30	47	39	2,7	54	25	30	0	82	112	73

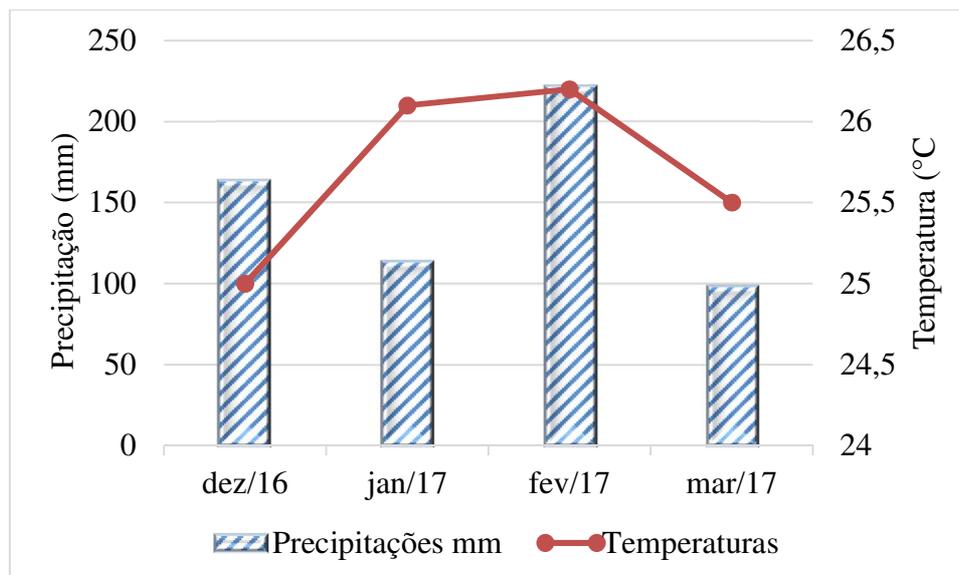


FIGURA 1. Precipitação pluvial mensal e temperatura média no período experimental.  
 Fonte: Estação Agrometeorológica Embrapa Agropecuária Oeste- Dourados.

### 3.2. Delineamento experimental.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 2 cultivares de soja (um de crescimento determinado e outro de crescimento indeterminado) e sete épocas de coleta (15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 dias após a emergência) para avaliação de marcha de absorção, com 4 repetições.

### 3.3. Cultivares

A cultivar de soja convencional BRS 317 apresenta excelente potencial produtivo, principalmente nas regiões abaixo de 700 metros, e foi lançada no mercado em 2011. Pertence ao grupo de maturidade relativa 6.6, possui crescimento determinado, flor branca e hilo marrom-claro. Apresenta resistência ao Cancro da haste, Mancha "olho-de-rã", Mosaico comum da soja, ao Nematóide de galha *Meloidogyne incognita* e moderada resistência ao Oídio e a Podridão parda da haste. A altura de planta fica entre 80 a 110 cm e o peso médio de 1000 sementes atinge 165 g. Seu plantio é recomendado entre 20 de outubro a 5 de dezembro para o Sul do Mato Grosso do Sul (EMBRAPA, 2014).

A cultivar BRS 1001 IPRO é uma soja transgênica com tolerância ao herbicida glifosato e com a tecnologia Intacta RR2, que controla um grupo de lagartas.

Foi lançada no mercado em 2014. É precoce, de crescimento indeterminado, apresenta moderada resistência ao nematoide de galhas *Meloidogyne javanica*. Grupo de maturidade relativa 6.3. A altura de planta fica entre 90 a 110 cm e o peso médio de 1000 sementes atinge 170 g. A recomendação de plantio para o Sul do Mato Grosso do Sul é de 5 de outubro a 5 de dezembro (EMBRAPA, 2014).

### **3.4. Instalação e condução da área experimental**

A semeadura da soja foi realizada em 1 de dezembro de 2016, utilizando-se uma semeadora-adubadora de 13 linhas. A adubação foi feita seguindo a análise de solo e as recomendações técnicas para cultura (Embrapa, 2013).

Cada unidade experimental foi constituída de 6 linhas de 20 metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,45 m e densidade de semeadura para obter 13 plântulas por metro, totalizando 288,88 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Com base na análise, realizou-se a adubação com 320 kg  $\text{ha}^{-1}$  da fórmula N P K 02-20-20.

As sementes foram previamente tratadas com Friponil na dose de 100 mL para cada 50 kg de sementes.

O controle de insetos foi feito em três etapas, com a aplicação dos ingredientes ativos: Imidacloprido+ Bifentrina ( $0,4 \text{ l ha}^{-1}$ ), Acefato ( $0,8 \text{ g ha}^{-1}$ ) e Imidacloprido+ Bifentrina ( $0,4 \text{ l ha}^{-1}$ ) respectivamente. Para o manejo de plantas invasoras de folha estreita, em pós-emergência, realizou-se uma aplicação de Bentazona ( $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ), para as demais invasoras, o controle foi efetuado através de capina manual. Foram feitas duas aplicações a cada 15 dias de Fluxaproxade +Piraclostrobina ( $0,35 \text{ l ha}^{-1}$ ) para controle de doenças fúngicas, principalmente a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

### **3.5. Variáveis analisada**

**3.5.1. Acúmulo de matéria seca:** foram coletadas amostras da parte aérea das plantas aos 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAE. Em cada metro de linha foram coletadas 10 plantas. A cada coleta, as plantas foram divididas em folha (limbo e pecíolo), caule, ramo, vagens e grãos. As diversas partes das plantas foram lavadas e secas em estufa e circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingirem massa constante. Foi quantificada a massa da matéria seca das diferentes partes da planta.

**3.5.2. Marcha de absorção de nutrientes:** os teores de N, P, K, Ca, Mg e S do tecido vegetal, em cada parte da planta, foi determinado de acordo com os procedimentos propostos por Malavolta et al. (1997). O ajuste para a produção de matéria seca e o acúmulo dos nutrientes, em cada estrutura da planta, em função dos dias após a emergência foi realizado por modelos de regressão, utilizando-se o modelo Gaussian com três parâmetros, demonstrada pela seguinte equação:

$$y = ae \left[ -0,5 \left( \frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right]$$

A equação é dada por:  $y$  = acúmulo de nutrientes;  $a$  = corresponde ao valor de máximo acúmulo;  $x_0$  = corresponde ao valor de  $x$ , em DAE, que proporciona o máximo em  $y$ ; e  $b$  = corresponde à amplitude no valor de  $x$ , em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo. Com isso determinou-se o valor do ponto de inflexão ( $P_i$ ) na curva da seguinte forma:

$$P_i = x_0 - b$$

O  $P_i$  corresponde ao valor de  $x$  em que a curvatura do modelo ajustado muda de sinal; na prática, isso corresponde ao valor de  $x$ , em DAE, em que a taxa de acúmulo diário, ainda que positiva, passa a decrescer. Todos os cálculos foram feitos seguindo o procedimento descrito por Zobiolo et al. (2010).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de massa seca em ambas as cultivares, apresentaram semelhanças nos padrões de acúmulo. Contudo, a cultivar de crescimento determinado BRS 317 apresentou maior acúmulo de matéria seca somente nos ramos quando comparada a cultivar indeterminada BRS 1001. Tal resultado está relacionado às características genéticas intrínsecas ao tipo de crescimento, pois cultivares determinadas apresentam maior número de ramos (VERNETTI, 1983), o que pode ter contribuído para o resultado observado. (Figuras 2a, c).

O acúmulo de massa seca das plantas de soja foi lento nos primeiros 30 DAE. As folhas foram o principal órgão responsável pelo acúmulo, contribuindo com 76 e 73 % para as cultivares BRS 317 e BRS 1001, respectivamente. A partir desse período observa-se a contribuição de outros órgãos devido à intensificação de novas estruturas, caracterizado pelo início da ramificação aos 45 DAE das cultivares BRS 317 e BRS 1001 (Figuras 2a, b, c e d).

O máximo acúmulo de matéria seca nas duas cultivares foi atingido aos 89 DAE para cultivar BRS 1001 e 88 DAE (para cultivar BRS 317, com 36,73 e 34,01 g plantas<sup>-1</sup> de massa seca total respectivamente (Quadro 3). Resultado semelhante para o acúmulo máximo de matéria seca da cultivar de crescimento determinado foi observado por Bianco et al. (2012), que estudou o acúmulo de matéria seca e a marcha de absorção de nutrientes da cultivar BR-16 e da *Solanum american* observaram o máximo acúmulo de 35 g planta<sup>-1</sup> de massa seca aos 104 DAE.

A partir dos 60 DAE teve o início da formação das vagens em ambas a cultivares e o surgimento de grãos nas vagens aos 75 DAE. No intervalo compreendido entre 60 DAE e 75 DAE as plantas encontravam-se em R5, início, de enchimento dos grãos. Nesse estágio ocorre maior atividade metabólica, dentre elas a redistribuição de nutrientes e matéria seca entre os órgãos da planta. Caracterizando o período de enchimento de grãos, em que os fotoassimilados translocam das folhas (fonte) para a formação dos grãos (dreno) (Figuras 2a, c) (SFREDO, 2008).

Nota-se que entre os estádios R5 e R6 para ambas as cultivares (Figuras 2b, d), ocorreu uma diminuição da contribuição das folhas no acúmulo de matéria seca. Isso se deve em parte ao início da senescência das folhas. Observa-se também nesse período o aumento da contribuição dos órgãos reprodutivos (vagens e grãos) para o acúmulo

de matéria seca. Resultados semelhantes foram constatados por Teodoro et al. (2015) trabalhando com aplicações foliares de silício na soja, onde ocorreram maiores acúmulos de massa seca durante a fase reprodutiva, sendo os maiores índices obtidos no estágio R6.

Os teores médios de nutrientes nas folhas, caule, ramos, vagens e grãos, em cada coleta, podem ser visualizadas no quadro 4. As concentrações dos nutrientes na planta inteira aos 105 DAE para cultivar BRS 317 no estágio R8 foram: N, 42,27 g kg<sup>-1</sup>; P, 4,61 g kg<sup>-1</sup>; K, 18,84 g kg<sup>-1</sup>; Ca, 15,23 g kg<sup>-1</sup>; Mg, 3,89 g kg<sup>-1</sup>; e S, 1,04 g kg<sup>-1</sup> (Quadro 4). Sendo que para a cultivar BRS1001 foram: N, 46,93 g kg<sup>-1</sup>; P, 5,33 g kg<sup>-1</sup>; K, 19,68 g kg<sup>-1</sup>; Ca, 14,39 g kg<sup>-1</sup>; Mg, 3,73 g kg<sup>-1</sup>; e S, 1,33 g kg<sup>-1</sup> (Quadro 5), resultando assim na seguinte ordem de teores de macronutrientes nas duas cultivares: N > K > Ca > P > Mg > S. O mesmo comportamento foi encontrada por Kurihara, (2013a) trabalhando com 28 lavouras comerciais aleatoriamente da cultura da soja no Sul de Mato Grosso do Sul com amostras coletadas no estágio entre R6 e R8.

Considerando as concentrações nos grãos aos 105 DAE para a cultivar BRS 317 no estágio R8 foram encontrados os valores: N, 71,75 g kg<sup>-1</sup>; P, 6,99 g kg<sup>-1</sup>; K, 20,83 g kg<sup>-1</sup>; Ca, 14,10g kg<sup>-1</sup>; Mg, 3,49 g kg<sup>-1</sup>; e S, 2,05 g kg<sup>-1</sup> (Quadro 4). Sendo que para a cultivar BRS1001 foram encontrados os valores: N, 75,95 g kg<sup>-1</sup>; P, 8,23 g kg<sup>-1</sup>; K, 22,94 g kg<sup>-1</sup>; Ca, 12,94 g kg<sup>-1</sup>; Mg, 2,77 g kg<sup>-1</sup>; e S, 2,37 g kg<sup>-1</sup> (Quadro 5), resultando assim na seguinte ordem nas duas cultivares: N > K > Ca > P > Mg > S. Esses resultados foram diferentes dos encontrados por Kurihara (2013a) e Cordeiro et al. (1979), trabalhando com grãos de soja no estágio R8, onde constatou-se a seguinte ordem de teores: N > K > S > P > Mg > Ca e N > K > Ca > Mg > P > S respectivamente.

A cultivar BRS 317 produziu 3,042 ton ha<sup>-1</sup> de grãos (Quadro 10) e exportou os valores: N, 218 kg ha<sup>-1</sup>; P, 21 kg ha<sup>-1</sup>; K, 63 kg ha<sup>-1</sup>; Ca, 43 kg ha<sup>-1</sup>; Mg, 10 kg ha<sup>-1</sup>; e S, 6 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a cultivar BRS 1001 produziu 3,530 ton ha<sup>-1</sup> (Quadro 10) e exportou pelos grãos os valores: N, 268 kg ha<sup>-1</sup>; P, 29 kg ha<sup>-1</sup>; K, 80 kg ha<sup>-1</sup>; Ca, 45 kg ha<sup>-1</sup>; Mg, 10 kg ha<sup>-1</sup>; e S, 8 kg ha<sup>-1</sup>. Uma provável explicação para a diferença nos teores de nutriente exportados pelos grãos, esteja relacionado a produtividade diferente das cultivares, que resultou nas quantidades exportadas.

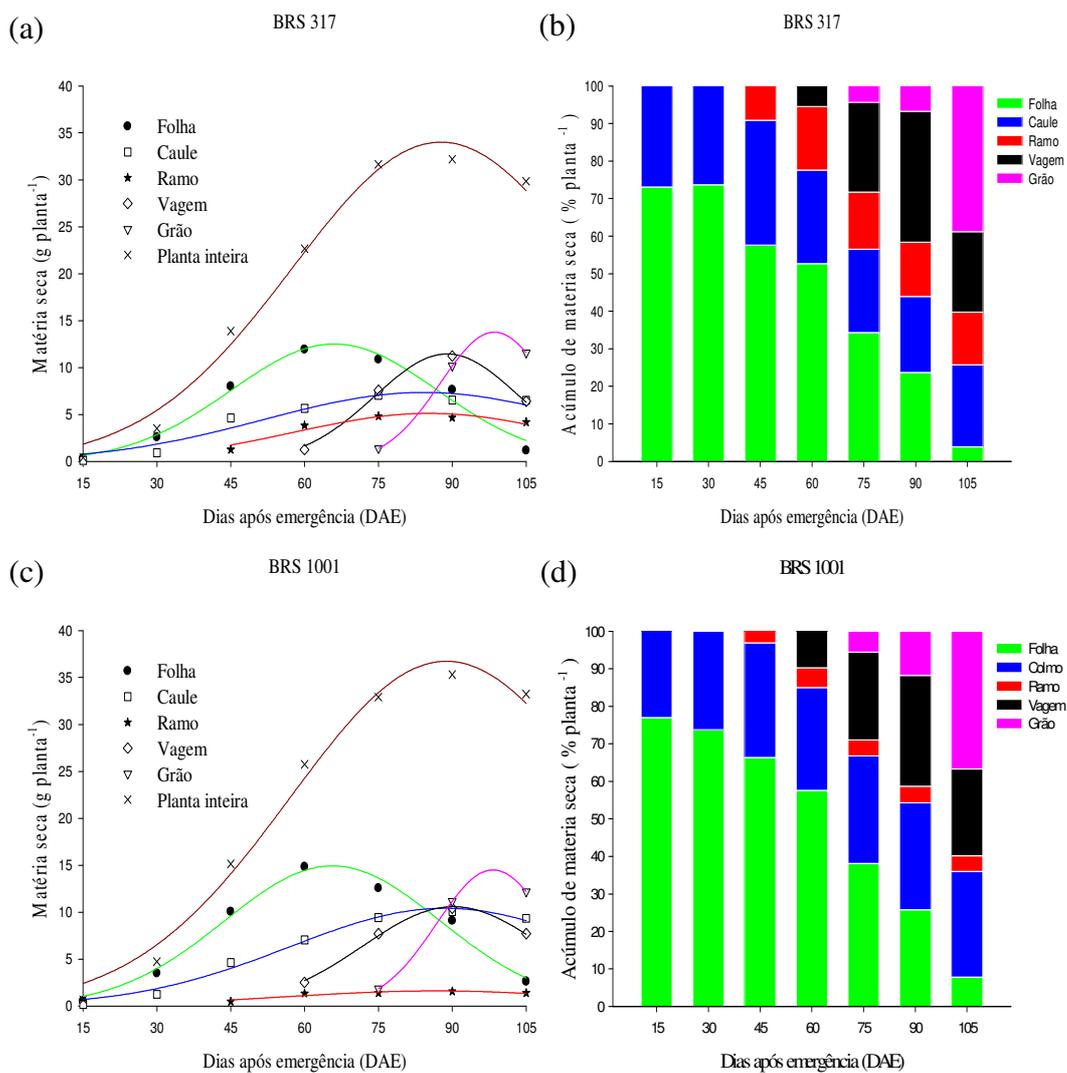


FIGURA 2. Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de soja nas cultivares BRS 317 (a e b) e BRS 1001(c e d) em porcentagem de acúmulo.

QUADRO 3. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para a produção de massa seca nas diferentes partes da planta de soja nas cultivares BRS 317 e BRS 1001 em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão.

Parte da planta	Estimativa dos Parâmetros do modelo			Pi (X <sub>0</sub> - b)	R <sup>2</sup> Ajustado
	a g/planta	X <sub>0</sub> ----- Dias Após Emergência-	b		
BRS 317					
Folha	12,50	66,03	20,94	45,09	0,96**
Caule	7,34	84,26	32,55	51,71	0,90**
Ramo	5,11	85,31	27,50	57,81	0,84 <sup>ns</sup>
Vagem	11,43	88,93	14,70	74,23	0,98 <sup>ns</sup>
Grão	13,76	98,54	10,97	87,57	0,99**
Planta inteira	34,01	87,67	30,12	57,55	0,98**
BRS 1001					
Folha	14,92	65,63	21,94	43,69	0,97**
Caule	10,41	88,58	31,56	57,02	0,98**
Ramo	1,61	86,60	30,63	55,97	0,72 <sup>ns</sup>
Vagem	10,57	90,21	18,31	71,90	0,98*
Grão	14,49	98,26	11,44	86,82	0,99**
Planta inteira	36,73	88,82	31,64	57,18	0,98**

\*\* Significativo ao nível de 1 % pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5 % pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

QUADRO 4. Teores médios de N, P, K, Ca, Mg e S em folhas, caule, ramo, vagem, grão e planta inteira da soja, na cultivar BRS 317 em função dos dias após a emergência (DAE).

Dias após a emergência	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Folha						
15	54,25	5,63	29,63	16,42	7,16	2,01
30	44,10	4,02	21,57	17,30	7,16	1,49
45	53,90	3,65	25,42	15,68	7,16	1,17
60	50,40	3,90	23,19	22,35	6,16	1,06
75	40,60	3,78	20,33	18,54	7,16	2,31
90	32,90	3,17	21,20	25,57	7,10	1,31
105	26,50	2,51	22,20	27,95	7,16	0,50
Caule						
15	25,90	3,93	32,73	14,91	7,16	1,53
30	22,05	3,32	29,51	12,21	6,75	0,86
45	23,45	2,42	22,57	13,22	5,20	0,79
60	21,00	2,50	16,37	12,73	4,86	0,48
75	22,75	2,49	11,53	13,99	2,96	0,96
90	17,50	2,23	8,06	10,34	2,32	0,52
105	15,05	1,44	7,69	12,72	1,83	0,05
Ramo						
45	21,70	2,51	34,72	6,92	4,96	0,93
60	25,20	2,80	25,67	11,55	2,78	0,61
75	24,15	2,90	22,44	11,69	2,99	1,11
90	20,30	2,80	17,85	13,26	2,32	0,64
105	16,80	2,71	18,48	14,48	2,70	0,52
Vagem						
60	51,80	6,79	26,53	15,93	5,33	1,71
75	49,70	6,30	24,55	12,26	6,64	1,66
90	43,05	5,40	24,67	16,15	6,94	1,50
105	34,65	4,92	26,17	17,94	7,16	0,39
Grão						
75	78,40	6,39	22,07	5,13	2,80	2,67
90	73,85	6,42	19,22	5,91	3,09	2,96
105	71,75	6,99	20,83	14,10	3,49	2,05
Planta inteira						
15	46,70	5,19	30,52	16,09	7,16	1,87
30	38,27	3,83	23,65	15,94	7,05	1,33
45	39,53	3,14	25,30	11,72	6,30	1,19
60	38,88	3,62	22,02	17,76	5,21	0,87
75	37,85	4,08	19,78	10,18	5,28	1,51
90	34,20	3,94	19,16	15,18	5,19	1,23
105	42,27	4,61	18,84	15,23	3,89	1,04

QUADRO 5. Teores médios de N, P, K, Ca, Mg e S em folhas, caule, ramo, vagem, grão e planta inteira da soja, na cultivar BRS 1001 em função dos dias após a emergência (DAE).

Dias após a emergência	N	P	K	Ca	Mg	S
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Folha						
15	59,15	5,79	33,11	14,44	7,16	1,77
30	49,35	4,64	29,26	16,22	7,16	1,41
45	45,85	3,48	24,31	13,95	6,51	1,29
60	39,20	5,66	24,43	24,91	6,85	1,25
75	42,00	3,89	23,93	18,22	6,19	2,26
90	32,90	3,17	22,19	29,68	6,89	1,03
105	31,50	2,84	26,16	21,96	7,16	0,29
Caule						
15	32,20	3,64	36,33	10,43	6,12	1,49
30	25,20	2,92	29,51	9,09	5,52	1,03
45	27,65	2,91	24,55	9,54	5,07	0,93
60	25,90	3,92	17,48	13,50	5,20	0,87
75	31,15	3,46	12,58	12,24	4,73	1,44
90	22,75	3,51	10,91	11,27	3,68	1,22
105	18,90	2,93	9,79	12,65	3,10	0,55
Ramo						
45	28,35	3,29	38,32	8,30	4,84	1,75
60	31,15	4,49	26,16	13,78	4,52	1,15
75	34,30	5,19	31,00	10,97	3,09	2,19
90	29,05	4,30	24,43	11,94	3,19	1,62
105	27,65	4,29	28,27	15,71	3,26	1,23
Vagem						
60	47,95	6,49	27,77	16,07	4,19	1,15
75	34,65	4,38	22,07	15,08	4,08	1,24
90	37,45	4,87	24,18	13,87	4,78	1,57
105	43,05	4,64	22,94	16,20	5,00	0,99
Grão						
75	70,00	5,41	18,23	2,99	1,79	1,81
90	75,60	7,52	20,83	11,45	2,77	2,93
105	75,95	8,23	22,94	12,94	3,03	2,37
Planta inteira						
15	52,92	5,29	33,84	13,51	6,92	1,69
30	43,02	4,19	29,32	14,34	6,72	1,31
45	39,66	3,30	23,61	11,50	6,01	1,19
60	35,94	5,20	22,96	20,34	6,11	1,13
75	38,71	4,00	20,18	10,52	4,92	1,55
90	36,04	4,30	19,51	15,09	4,72	1,48
105	46,93	5,33	19,68	14,39	3,73	1,33

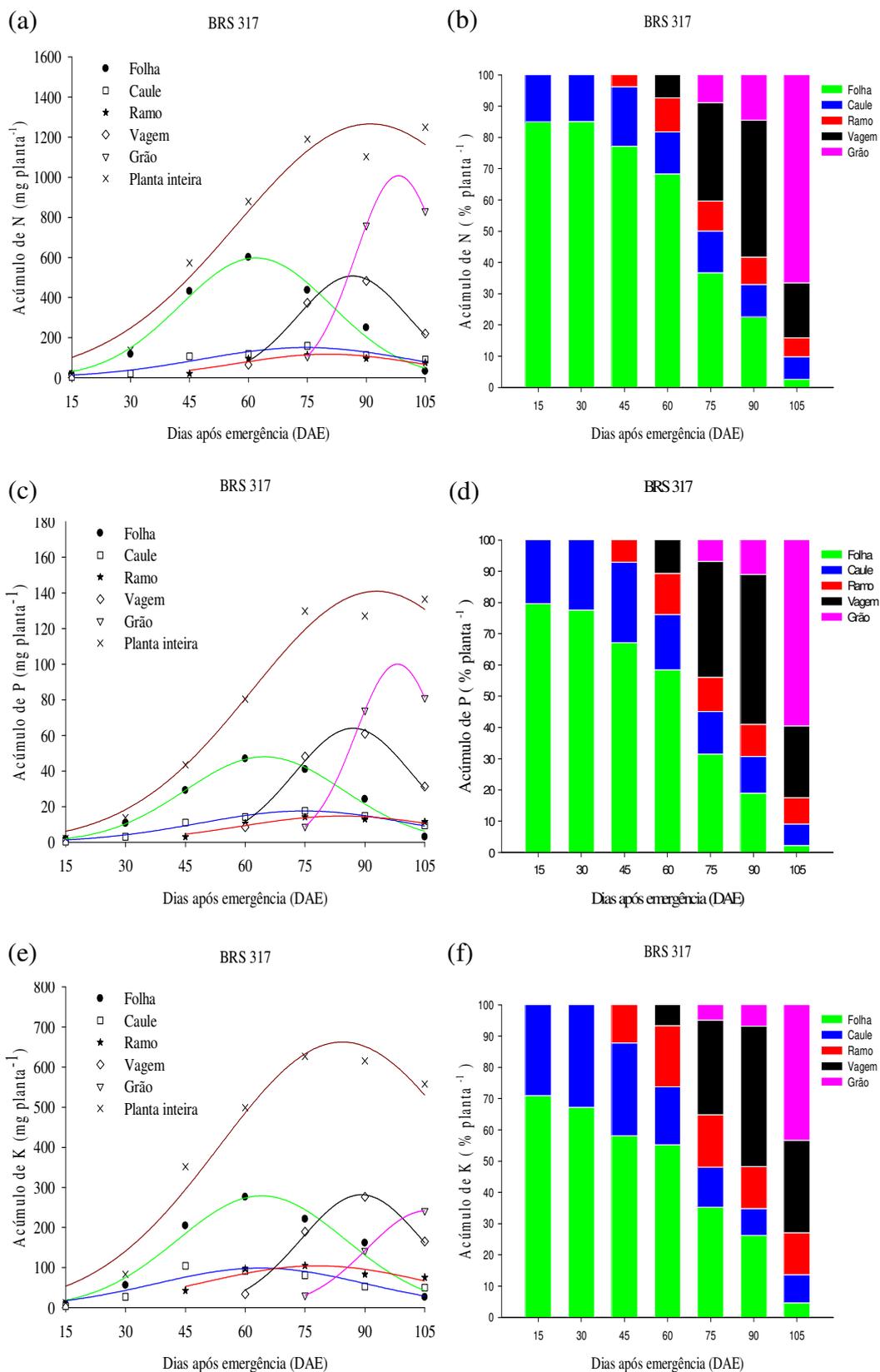


FIGURA 3. Acúmulo de nitrogênio (a, b), fósforo (c, d) e potássio (e, f), na planta inteira e nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de soja BRS 317 em função dos dias após emergência (DAE).

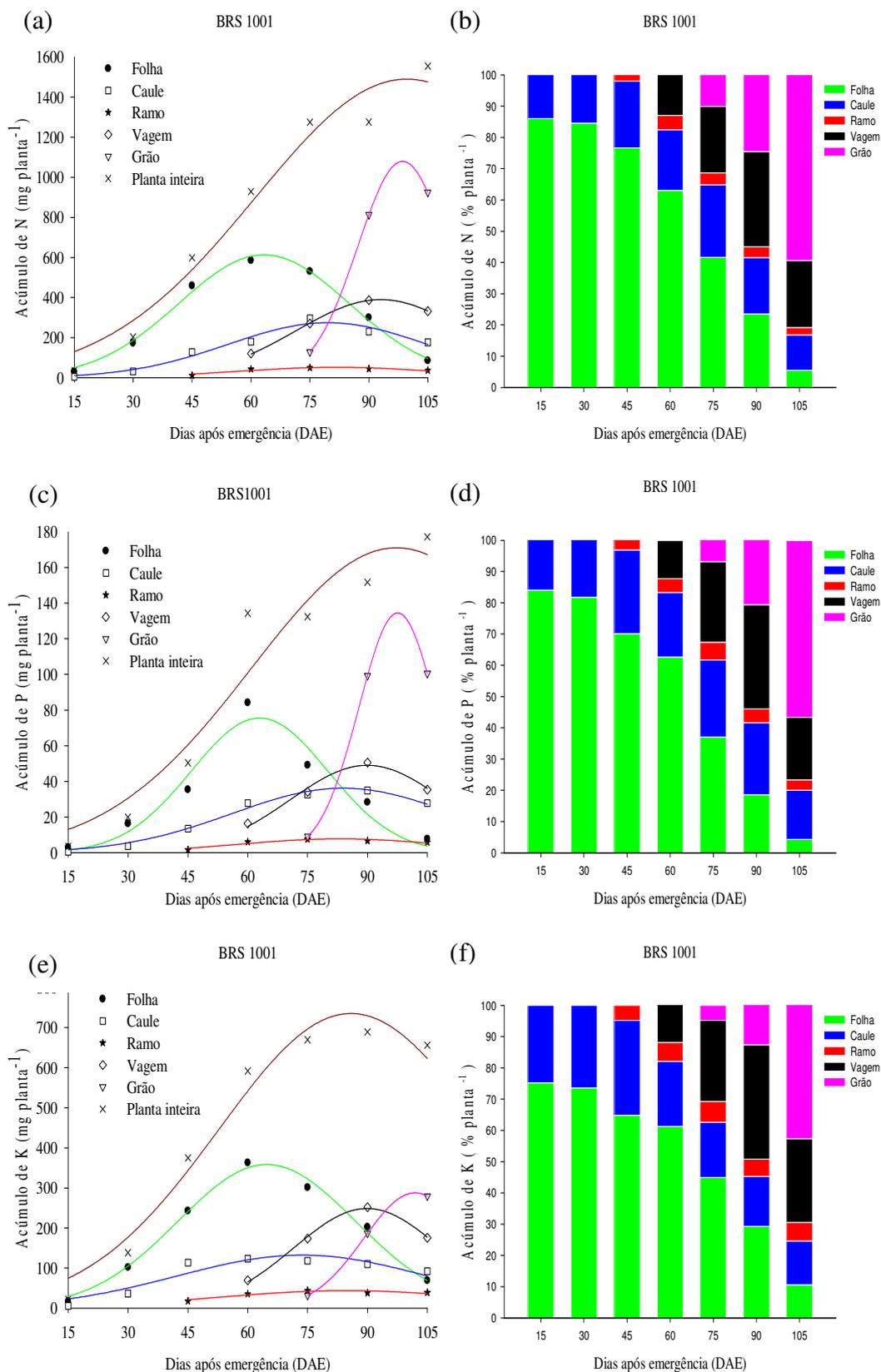


FIGURA 4. Acúmulo de nitrogênio (a, b), fósforo (c, d) e potássio (e, f), na planta inteira e nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de soja BRS 1001 em função dos dias após emergência (DAE).

Assim como para o acúmulo de matéria seca, o acúmulo de N em ambas as cultivares foi lento nos primeiros 30 DAE (Figuras 3a e 4a), acentuando-se a partir desse período, no qual a folha foi o principal órgão responsável pelo aporte de nutriente, atingindo o máximo de acúmulo de N dessas estruturas aos 61 e 63 DAE para as cultivares BRS 317 e BRS 1001 respectivamente (Quadros 6 e 7). Nessa fase, as cultivares estavam no estágio R5 e é caracterizado por apresentar intensificação das atividades metabólicas da planta, onde há um aumento do índice de área foliar assim com, formação e enchimento dos grãos (MUNDSTOCK e THOMAS 2005).

No caule observou-se o mesmo comportamento das folhas, isto é, a partir dos 30 DAE acentuou o acúmulo de N nesse órgão (Figuras 3a e 4a). O máximo acúmulo de N no caule, ocorreu aos 74 DAE para cultivar BRS 317 com valor de 150, 67 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto para cultivar BRS 1001 o máximo acúmulo ocorreu aos 79 DAE com valor de 274, 37 mg planta<sup>-1</sup> (Quadros 6 e 7). O maior acúmulo para a cultivar BRS 1001, pode ser aplicado devido as suas características morfológicas. Nessa cultivar a produção de vagens se concentra exclusivamente na haste principal, quanto a cultivar de tipo de crescimento determinado a produção das vagens ocorreu na haste principal e nos ramos. Dos nós se desenvolvem as gemas reprodutivas, assim o maior acúmulo de N se faz necessário para diferenciar as estruturas reprodutivas na haste principal para a cultivar BRS 1001, já na cultivar BRS 317 a concentração ocorreu na haste e nos ramos. Cabe lembrar que o N está relacionado a diferenciação celular e a constituição de tecido dentre outras atividades na planta (MALAVOLTA, 2006).

Nos ramos as cultivares tiveram um comportamento distinto. A cultivar BRS 1001 acumulou 51, 77 mg planta<sup>-1</sup> e a cultivar BRS 317 acumulou 117, 32 mg planta<sup>-1</sup> (Quadros 6 e 7). Isso se explica pelo fato da cultivar BRS 1001 apresentar menor número de ramos, o que pode ser observado pelo menor acúmulo de matéria seca nesse órgão os quais não apresentaram estruturas reprodutivas, enquanto a BRS 317 demonstrou maior número de ramos com estruturas reprodutivas as quais demandam N para seu crescimento e desenvolvimento (Quadro 3).

A partir dos 60 DAE houve a intensificação do surgimento das estruturas reprodutivas, caracterizando-se pelo desenvolvimento de vagens (Figuras 3a e 4a).

O acúmulo de N nas vagens teve o ponto máximo para a cultivar BRS 317 aos 86 DAE, com o valor acumulado de 507,62 mg planta<sup>-1</sup> e para a cultivar BRS 1001 aos 93 DAE com o valor acumulado de 389,78 mg planta<sup>-1</sup>, (Quadros 6 e 7) esses

valores obtidos, ocorreram devido ao efeito diluição, uma vez que a cultivar BRS 1001 produziu maior quantidade de vagens e de grãos por planta.

Nos grãos o comportamento de acúmulo de N foi semelhante nas duas cultivares, de modo que ambas atingiram o ponto de máxima ao 98 DAE e as quantidades acumuladas demonstraram semelhanças no estágio R7 (Quadros 6 e 7). A maturação fisiológica é atingida no estágio R7 e a partir deste momento o acúmulo de matéria seca cessa e se inicia a mudança de coloração das vagens e grãos, até o estágio R8 denominada maturação plena (FEHR e CAVINESS, 1977).

O P na folha, obteve o máximo de acúmulo aos 62 e 64 DAE para a cultivar BRS 1001 e BRS 317 respectivamente (Quadros 6 e 7).

No caule o acúmulo de P apresentou o mesmo comportamento semelhante ao das folhas, potencializando o seu acúmulo aos 30 DAE (Figuras 3c e 4c). Porém, constatou-se que a cultivar BRS 317 no colmo, obteve o máximo acúmulo de P no valor de 17,53 mg planta<sup>-1</sup> aos 74 DAE, enquanto que a cultivar BRS 1001, obteve o valor de 36,15 mg planta<sup>-1</sup> aos 83 DAE. Observou-se ainda que o máximo acúmulo de P no caule na cultivar BRS 1001, ocorreu em um período de tempo mais tardio (9 dias), em relação a cultivar BRS 317 além de acumular 18,62 g planta<sup>-1</sup> a mais de P no caule que a cultivar BRS 317 (Quadros 6 e 7). Isso provavelmente está relacionado ao fato de que cultivares do tipo de crescimento determinado como a BRS 317, apresentam menor duração na fase reprodutiva (ZANON et al., 2015a). Notou-se que a partir de 75 DAE os teores de P no caule da cultivar determinada (BRS 317) começam a diminuir (Figura 3), enquanto na cultivar BRS 1001 ocorre a partir dos 90 DAE, indicando tempo de remobilização diferente entre as cultivares, com a cultivar de crescimento determinado iniciando antes esse processo.

Cultivares de crescimento determinado, ao atingirem o florescimento apresentam, 90 % do crescimento, e iniciam o processo de desenvolvimento, formação de flores, vagens e grãos, enquanto as cultivares de crescimento indeterminado ao atingirem o processo de desenvolvimento estão com apenas 50 % de seu crescimento vegetativo. Assim, a cultivar de crescimento determinado BRS 317, provavelmente acumulou o P em um período de tempo menor em relação a cultivar BRS 1001 e iniciou sua redistribuição em período anterior à BRS 1001.

QUADRO 6. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio, nas diversas estruturas da parte aérea da planta de soja na cultivar BRS 317 em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão.

Parte da planta	Estimativa dos Parâmetros do modelo			Pi (X <sub>0</sub> - b)	R <sup>2</sup> Ajustado
	a	X <sub>0</sub>	b		
	mg/planta	----- Dias Após Emergência-			
Nitrogênio					
Folha	597,83	61,88	19,17	42,71	0,97**
Caule	150,67	74,57	26,89	47,68	0,87**
Ramo	117,32	80,26	23,24	57,02	0,73 <sup>ns</sup>
Vagem	507,62	86,54	13,98	72,56	0,97 <sup>ns</sup>
Grão	1007,75	98,22	10,93	87,29	0,99**
Planta inteira	1266,29	91,02	33,81	57,21	0,93**
Fósforo					
Folha	47,98	64,80	19,89	44,91	0,98**
Caule	17,53	74,83	26,48	48,35	0,96**
Ramo	14,76	84,37	25,68	58,69	0,83 <sup>ns</sup>
Vagem	64,00	87,01	14,65	72,36	0,96 <sup>ns</sup>
Grão	99,98	98,18	10,54	87,64	0,99**
Planta inteira	140,90	92,90	31,15	61,75	0,97**
Potássio					
Folha	279,10	64,12	21,07	43,05	0,94**
Caule	98,68	63,86	26,29	37,57	0,64 <sup>ns</sup>
Ramo	104,43	78,09	28,38	49,71	0,58 <sup>ns</sup>
Vagem	281,71	89,12	15,10	74,02	0,98 <sup>ns</sup>
Grão	241,81	105,45	14,99	90,46	0,98**
Planta inteira	662,65	84,33	30,90	53,43	0,95**

\*\* Significativo ao nível de 1 % pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5 % pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

QUADRO 7. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio, nas diversas estruturas da parte aérea da planta de soja na cultivar BRS 1001 em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão.

Parte da planta	Estimativa dos Parâmetros do modelo			Pi (X <sub>0</sub> - b)	R <sup>2</sup> Ajustado
	a	X <sub>0</sub>	b		
	mg/planta	----- Dias Após Emergência---			
Nitrogênio					
Folha	613,57	63,32	21,6	41,72	0,98**
Caule	274,37	79,53	25,39	54,14	0,94**
Ramo	51,77	81,79	25,50	56,29	0,73 <sup>ns</sup>
Vagem	389,78	93,01	21,36	71,65	0,99*
Grão	1079,40	98,61	11,44	87,17	0,99**
Planta inteira	1489,56	99,67	38,34	61,33	0,95**
Fósforo					
Folha	75,50	62,94	17,10	45,84	0,89**
Caule	36,15	83,86	27,81	56,05	0,97**
Ramo	7,76	83,10	25,37	57,73	0,76 <sup>ns</sup>
Vagem	48,99	89,93	19,27	70,66	0,94 <sup>ns</sup>
Grão	134,89	97,57	9,72	87,85	0,99**
Planta inteira	171,09	97,27	36,25	61,02	0,90**
Potássio					
Folha	358,50	64,75	22,19	42,56	0,98**
Caule	132,46	73,66	31,38	42,28	0,81*
Ramo	43,87	84,69	32,78	51,91	0,71 <sup>ns</sup>
Vagem	248,77	89,90	18,32	71,58	0,99 <sup>ns</sup>
Grão	287,82	101,93	12,82	89,11	0,99**
Planta inteira	735,09	85,88	33,13	52,75	0,96**

\*\* Significativo ao nível de 1 % pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5 % pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

Nos ramos o acúmulo de P na cultivar BRS 317 foi maior, por atingir o valor de 14,76 mg planta<sup>-1</sup> enquanto que a cultivar BRS 1001 obteve o valor de 7,76 mg planta<sup>-1</sup>, tendo seu máximo de acúmulo com diferença de apenas um dia entre as cultivares. Isso demonstra que a cultivar determinada (BRS 317) mesmo apresentando a fase reprodutiva reduzida, o período de acúmulo de P nos ramos das cultivares é praticamente idêntico, em aproximadamente 84 DAE (Quadros 6 e 7).

O máximo de acúmulo de P nos grãos em ambas as cultivares, ocorreu em torno de 98 DAE, sendo que a BRS 317 acumulou 99,98 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto que a BRS 1001 acumulou 134,89 mg planta<sup>-1</sup> (Quadros 6 e 7). Nas vagens, o máximo de acúmulo ocorreu aos 89 DAE, dessa forma as cultivares BRS 317 e BRS 1001 acumularam valores semelhantes, atingindo aproximadamente 20 % do total de P absorvido pela planta (Figuras 3d e 4d). O mesmo comportamento foi observado para acúmulo de P nos grãos do P total nesse estágio, com a cultivar BRS 317 acumulando 59 % e BRS 1001 56 % (Figuras 3d e 4d).

O máximo acúmulo de K na planta inteira ocorre aos 84 e 85 DAE (estádio R7) para a cultivar determinada e indeterminada respectivamente (Quadros 6 e 7), resultado muito próximo ao encontrado por Sfredo e Lantmann (1992), trabalhando com a cultivar IAC-2 de crescimento determinada de 105 DAE, em que o máximo de acúmulo ocorreu aos 80 DAE (estádio R7).

Pelos resultados obtidos nas duas cultivares, verificou-se que os pontos de máximo de acúmulo de K nas folhas foi aos 64 DAE, no qual a cultivar BRS 317 acumulou o valor de 279,10 mg planta<sup>-1</sup> e a cultivar BRS 1001 acumulou o valor de 358,50 mg planta<sup>-1</sup> (Quadros 6 e 7).

O acúmulo de K no caule teve o ponto máximo aos 63 DAE na cultivar BRS 317, ocorrendo 10 dias antes em relação a cultivar BRS 1001, com valores de 132,46 mg planta<sup>-1</sup> e 98,68 mg planta<sup>-1</sup> respectivamente (Quadros 6 e 7). Isso pode estar relacionado ao crescimento, em que a cultivar BRS 1001 (crescimento indeterminado) mantém o crescimento vegetativo após início do florescimento, na qual apresenta pequena quantidade de ramificações, enquanto que, a cultivar BRS 317 (crescimento determinado) praticamente cessa seu crescimento após o florescimento, conseqüentemente o K acumulado no caule é direcionado para as ramificações e aos órgãos reprodutivos (Nogueira et al., 2009; Vernetti, 1983).

A cultivar BRS 317 obteve o máximo de acúmulo de K nas vagens aos 89 DAE com valores de 281 mg planta<sup>-1</sup>, sendo assim, o máximo de acúmulo nos grãos

com valor de 241 mg planta<sup>-1</sup> aos 105 DAE. Já a cultivar BRS 1001, o máximo acúmulo nas vagens ocorreu aos 89 DAE nos valores de 248,77 mg planta<sup>-1</sup> e 287,82 mg planta<sup>-1</sup>, nos grãos aos 101 DAE (Quadros 6 e 7). Provável explicação para o maior acúmulo de K nas vagens e nos grãos da cultivar BRS 1001 esteja relacionada ao fato de que as cultivares de soja de crescimento indeterminado apresentam maior condutância estomática e assimilação de CO<sub>2</sub> que as de crescimento determinado, quando submetidas a níveis altos de umidade do solo resultando em maior acúmulo de K, (MACHADO JUNIOR et al., 2017). Cabe salientar que durante o período de maior acúmulo de K nas cultivares, houve um grande volume de chuvas (Figura 2).

A cultivar BRS 1001 apresentou maior acúmulo de K nos grãos no período de 75 e 90 DAE em relação a cultivar BRS 317 (Figuras 3f e 4f). Essa diferença pode estar relacionada à eficiência da redistribuição do K na planta, associada a fatores inerentes à capacidade de translocação e substituição de um nutriente por outro dentro das organelas de cada genótipo (RENGEL e DAMON, 2008). Vale ressaltar que, o K desenvolve papel importante nas reações enzimáticas, no metabolismo dos carboidratos e proteínas, na translocação de amido, produtos esses utilizados na formação dos grãos (FAGERIA, 2009).

O Ca foi o terceiro elemento mais exigido pelas duas cultivares, com o máximo acúmulo de 473,66 e 520,02 mg/planta<sup>-1</sup> aos 93 e 88 DAE para BRS 317 e BRS 1001 respectivamente tratando-se de planta inteira (Quadros 8 e 9). A concentração de Ca na soja também está associada à nodulação. Essa nodulação provoca nas plantas hospedeiras um processo transitório e rápido, ocasionando o fluxo de cálcio no citosol das células (SUPANJANI et al., 2006).

Nas folhas, os teores de Ca nas duas cultivares foram semelhantes, em torno de 1,5 %, porém, a partir de 60 DAE (R1) os valores passaram a variar entre 2 e 3 %, sendo considerado suficientes (EMBRAPA, 2013) (Quadros 8 e 9). O Ca pode ser fornecido em altas concentrações e também atingir mais de 10% da matéria seca, sem apresentar em folhas maduras sintomas de toxicidade ou inibição de crescimento da planta. Assim como na folha, é possível observar que há pouca variação nos teores de Ca para caule, ramos, vagens e grãos. Essa estabilidade de teores de Ca, está relacionada às funções específicas estruturais que esse nutriente desempenha e por consequência a baixa mobilidade do mesmo na planta (MARSCHNER, 2012) (Quadros 8 e 9).

Observou-se que o ponto máximo de acúmulo de Ca na cultivar BRS 317 ocorreram, aos 98 DAE para caules e ramos com valores de 67,72 e 52,19 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma ocorreu com a cultivar BRS 1001, em que obteve valores de 126,43 e 33,12 mg planta<sup>-1</sup> nos caules e ramos aos 106 DAE, respectivamente (Quadros 8 e 9).

O máximo de acúmulo de Ca nas vagens das cultivares BRS 317 e BRS 1001 ocorreram aos 93 e 96 DAE respectivamente (Quadros 8 e 9), em que a cultivar de crescimento determinado apresentou maior acúmulo do nutriente nestes órgãos, representando em média 25 % do total de Ca absorvido pela planta (Figuras 5b e 6b).

Nos grãos o acúmulo de Ca na cultivar de crescimento indeterminado foi maior, no qual atingiu o total de 229,55 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto que na cultivar de crescimento determinado esse valor foi 209,38 mg planta<sup>-1</sup>, quando ambas alcançaram estes valores aos 98 DAE (Quadros 8 e 9).

Os dados observados, indicam, que o acúmulo do Ca segue a mesma tendência em relação a DAE, que varia somente a magnitude da quantidade acumulada.

Nas folhas o máximo acúmulo de Mg ocorreu aos 69 DAE para ambas as cultivares, no entanto, a cultivar BRS 1001 teve o maior acúmulo desse nutriente entre as cultivares (Quadros 8 e 9). O resultado observado deve-se ao fato de que cultivares de crescimento indeterminado apresentam sobreposição das fases vegetativa e reprodutiva, de modo que, houve constante emissão de folhas ao longo do ciclo. Nesse sentido, é notável a contribuição do magnésio para o processo de fotossíntese e conseqüentemente produção de nova folhas. O Mg em concentrações ideais disponíveis, exercem efeitos favoráveis, aumentando o índice de pigmentação dos cloroplastos e assim, potencializando a eficiência fotossintética na planta (TEKLIĆ et al., 2009).

Durante todo o ciclo das duas cultivares, foi observado que os teores de Mg nas folhas apresentaram poucas variações de acúmulo, provavelmente pela intensa atividade desse nutriente na fotossíntese (TEKLIĆ et al., 2009).

Nos caules e nos ramos, notou-se que os teores de Mg alocados nesses órgãos foram remobilizados para os vagens e grãos. Isso pode estar relacionado pelo fato de que o Mg, devido a sua alta mobilidade no floema, seja facilmente translocado desde as folhas velhas até os lugares de intensa atividade metabólica, como caules jovens e órgãos reprodutores (MENGEL e KIRKBY, 1987) (Quadros 4 e 5).

O acúmulo de Mg no quesito planta inteira para ambas as cultivares foi praticamente o mesmo, caso a cultivar BRS 317 acumulou 171,65 mg planta<sup>-1</sup> de Mg, enquanto que a BRS 1001 acumulou 178,99 mg planta<sup>-1</sup> próximo aos 80 DAE nas duas cultivares (Quadros 8 e 9). Demonstrou-se que, a diferença entre as cultivares foi distribuída dentro de cada parte da planta, ou seja, variou a quantidade acumulada, por depender das características de cada cultivar, independentemente do crescimento.

Os mesmos resultados, referentes aos teores de Mg foram obtidos por Oliveira (2011), em seu trabalho com cultivares transgênicas e não transgênicas, realizado em 7 coletas a cada 15 dias. Ao observar os teores de acúmulos de Mg em todos os órgãos das plantas de soja, constatou-se que, o acúmulo de Mg na folha foi praticamente o mesmo durante todo o período de coleta e que os grãos acumularam o Mg de forma crescente alocados dos colmos e ramos.

O máximo de acúmulo de S na cultivar BRS 317 aconteceu aos 83 DAE nos valores de 44,37 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto que na cultivar BRS 1001 o máximo de acúmulo foi aos 87 DAE nos valores 53,67 mg planta<sup>-1</sup> (Quadros 8 e 9).

O teor de S nas folhas, caules, ramos, vagens e grãos acumulado pelas duas cultivares, podem ser classificados como teores baixos, segundo a Embrapa (2013). Quanto ao comportamento deste nutriente em função das amostragens, verifica-se que houve redução dos teores (Quadros 4 e 5). A concentração de S nas folhas de soja é considerada suficiente quando seus valores estão entre 2,0 e 4,0 g kg<sup>-1</sup> (SFREDO e LANTMANN, 2007). Neste caso, notou-se que os valores de S nas folhas estão abaixo da faixa recomendada.

Observa-se que o teor de S aumentou à medida que o grão se aproximou da maturação (Quadros 4 e 5). Isto está relacionado ao fato do S se incorporado em compostos orgânicos como os aminoácidos (cisteína, cistina, metionina e glutatona forma reduzida) e proteínas (Fageria, 2012). Vale ressaltar que o principal material de reserva do grão de soja são os lipídeos, o farelo e a torta, que são ricos em proteína (BOMFIM et al., 2009).

O valor de S encontrado na análise do solo em questão foi de 39 mg dm<sup>3</sup> (Quadro 1), sendo considerado alto pela Embrapa (2013). Porém, os teores de S concentrados nos grãos estão abaixo do esperado, sendo que a cultivar BRS 317 apresentou teor de S nos grãos no valor de 2,05 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que a cultivar BRS 1001 apresentou teores nos valores de 2,37 g kg<sup>-1</sup>. Yamada e Lopes (1998) afirmam

que dentre as espécies cultivadas, a soja é a maior exportadora de S da agricultura brasileira requerendo cerca de  $8,2 \text{ g kg}^{-1}$  de S.

O que pode ser explicado por Sfredo e Lantmann (2007) ao relatar em seus trabalhos que, há uma tendência decrescente de S em função das quantidades de P aplicadas, variando de 2,63 a  $1,97 \text{ g kg}^{-1}$ . A análise do solo em questão (Quadro 1), apresentou as quantidades de P, sendo classificada pela Embrapa (2013) como muito boa em valores de  $47 \text{ mg dm}^{-3}$ . Vale salientar que foi feita a adubação de base com  $320 \text{ kg ha}^{-1}$  N P K na fórmula de 02-20-20, na qual acrescenta,  $64 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Notou-se uma maior concentração de N e S nos grãos da BRS 1001. Como esses elementos são essenciais na formação e constituição de aminoácidos e proteínas e, a soja é importante fornecedor de proteína e que esse fato pode suscitar a demanda de estudos da qualidade dos grãos como fonte de proteína. Por outro lado, cultivos sucessivos de BRS 317 devem exigir maior reposição de S ao solo nas adubações, pois a maior parte do elemento é exportada nos grãos, com maior reposição pelos restos culturais.

O acúmulo de S segue a seguinte ordem: para cultivar de crescimento determinado BRS317 grãos > ramo > folha > vagem > caule, enquanto a cultivar de crescimento indeterminado apresentou a seguinte ordem: grãos > ramo > vagem > caule > folha.

QUADRO 8. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre, nas diversas estruturas da parte aérea da planta de soja na cultivar BRS 317 em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão

Parte da planta	Estimativa dos Parâmetros do modelo			Pi ( $X_0 - b$ )	R <sup>2</sup> Ajustado
	a	X <sub>0</sub>	b		
	mg/planta	----- Dias Após Emergência---			
Cálcio					
Folha	254,74	68,54	21,06	47,48	0,87**
Caule	67,72	98,26	26,81	71,45	0,54**
Ramo	52,19	98,77	28,58	70,19	0,60 <sup>ns</sup>
Vagem	185,88	92,79	12,41	80,38	0,98**
Grão	209,38	98,44	9,28	89,16	0,99**
Planta inteira	473,66	93,52	34,57	58,95	0,86**
Magnésio					
Folha	83,01	66,66	21,78	44,88	0,93**
Caule	26,65	64,66	24,86	39,80	0,77*
Ramo	13,42	82,72	32,52	50,20	0,54 <sup>ns</sup>
Vagem	81,59	89,16	14,08	75,08	0,98 <sup>ns</sup>
Grão	50,40	98,17	10,26	87,91	0,99**
Planta inteira	171,65	81,23	27,23	54,00	0,97**
Enxofre					
Folha	17,59	67,54	20,49	47,05	0,87*
Caule	5,59	71,34	19,57	51,77	0,62 <sup>ns</sup>
Ramo	4,85	76,86	16,44	60,42	0,76 <sup>ns</sup>
Vagem	18,63	84,96	11,49	73,47	0,99*
Grão	24,21	102,53	14,53	88,00	0,99**
Planta inteira	44,37	83,41	23,84	59,57	0,89**

\*\* Significativo ao nível de 1 % pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5 % pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

QUADRO 9. Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de cálcio, magnésio e enxofre, nas diversas estruturas da parte aérea da planta de soja na cultivar BRS 1001 em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão

Parte da planta	Estimativa dos Parâmetros do modelo			Pi (X <sub>0</sub> - b)	R <sup>2</sup> Ajustado
	a	X <sub>0</sub>	b		
	mg/planta	----- Dias Após Emergência-			
Cálcio					
Folha	326,52	69,29	21,48	47,81	0,75*
Caule	126,43	106,08	22,88	85,2	0,45 <sup>ns</sup>
Ramo	33,12	106,85	27,67	79,18	0,45 <sup>ns</sup>
Vagem	143,81	96,19	18,14	78,05	0,68 <sup>ns</sup>
Grão	229,55	97,80	8,31	89,49	0,99**
Planta inteira	520,02	88,94	33,18	55,76	0,74*
Magnésio					
Folha	98,16	65,45	22,30	43,15	0,94**
Caule	44,14	77,65	27,29	50,36	0,96**
Ramo	5,42	80,47	34,92	45,55	0,66 <sup>ns</sup>
Vagem	49,43	91,62	18,90	72,72	0,98 <sup>ns</sup>
Grão	35,28	101,64	12,33	89,31	0,99**
Planta inteira	178,99	79,27	28,69	50,58	0,96**
Enxofre					
Folha	21,94	65,64	19,15	46,49	0,94**
Caule	13,48	80,04	19,17	60,87	0,92**
Ramo	3,01	81,06	20,89	60,17	0,85**
Vagem	16,06	88,34	13,83	74,51	0,95**
Grão	43,91	104,75	21,59	83,16	0,99**
Planta inteira	53,67	87,50	27,52	59,98	0,98**

\*\* Significativo ao nível de 1 % pelo teste F; \* Significativo ao nível de 5 % pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo

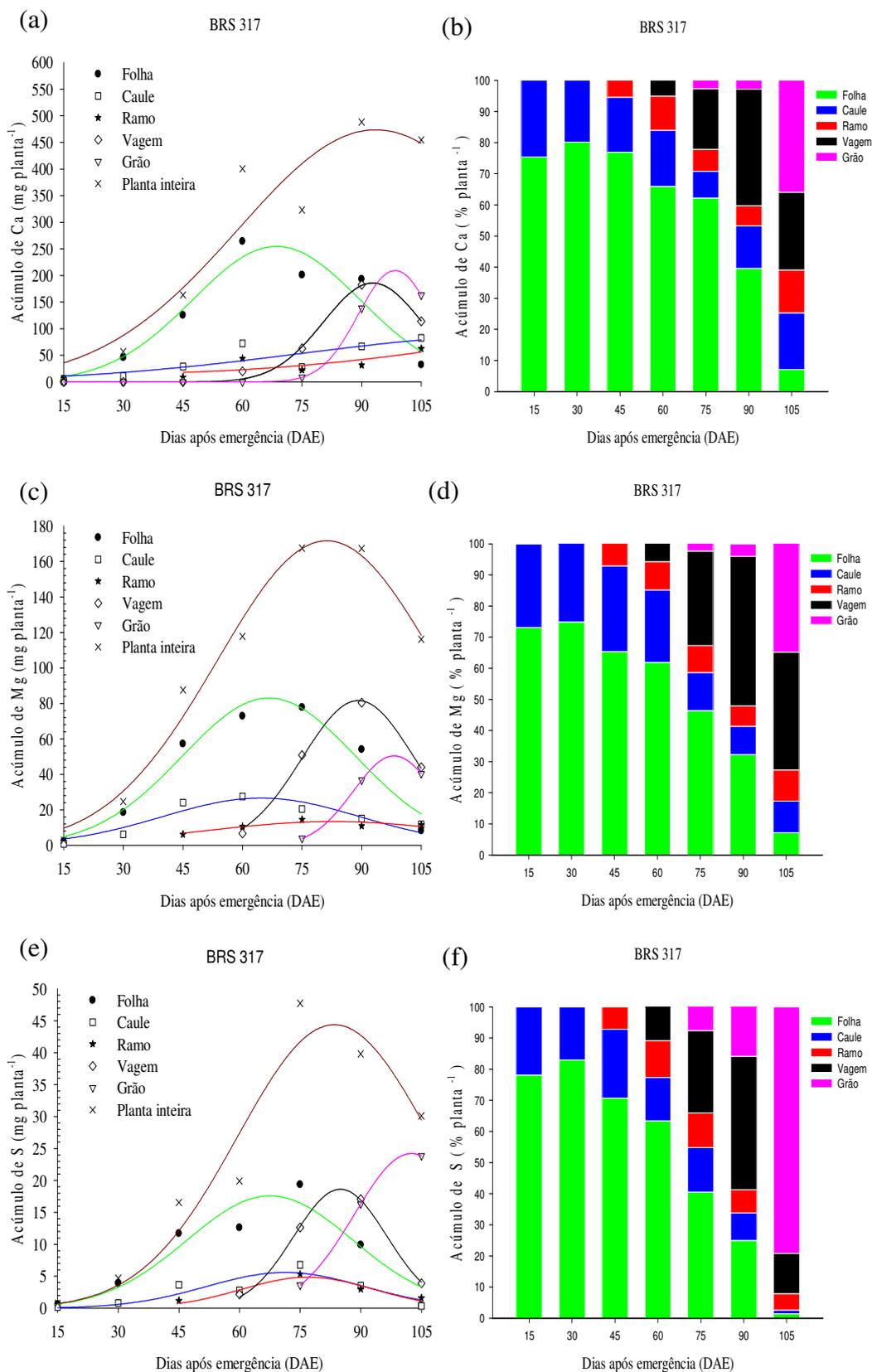


FIGURA 5. Acúmulo de cálcio (a, b), magnésio (c, d) e enxofre (e, f), na planta inteira e nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de soja BRS 317 em função dos dias após emergência (DAE).

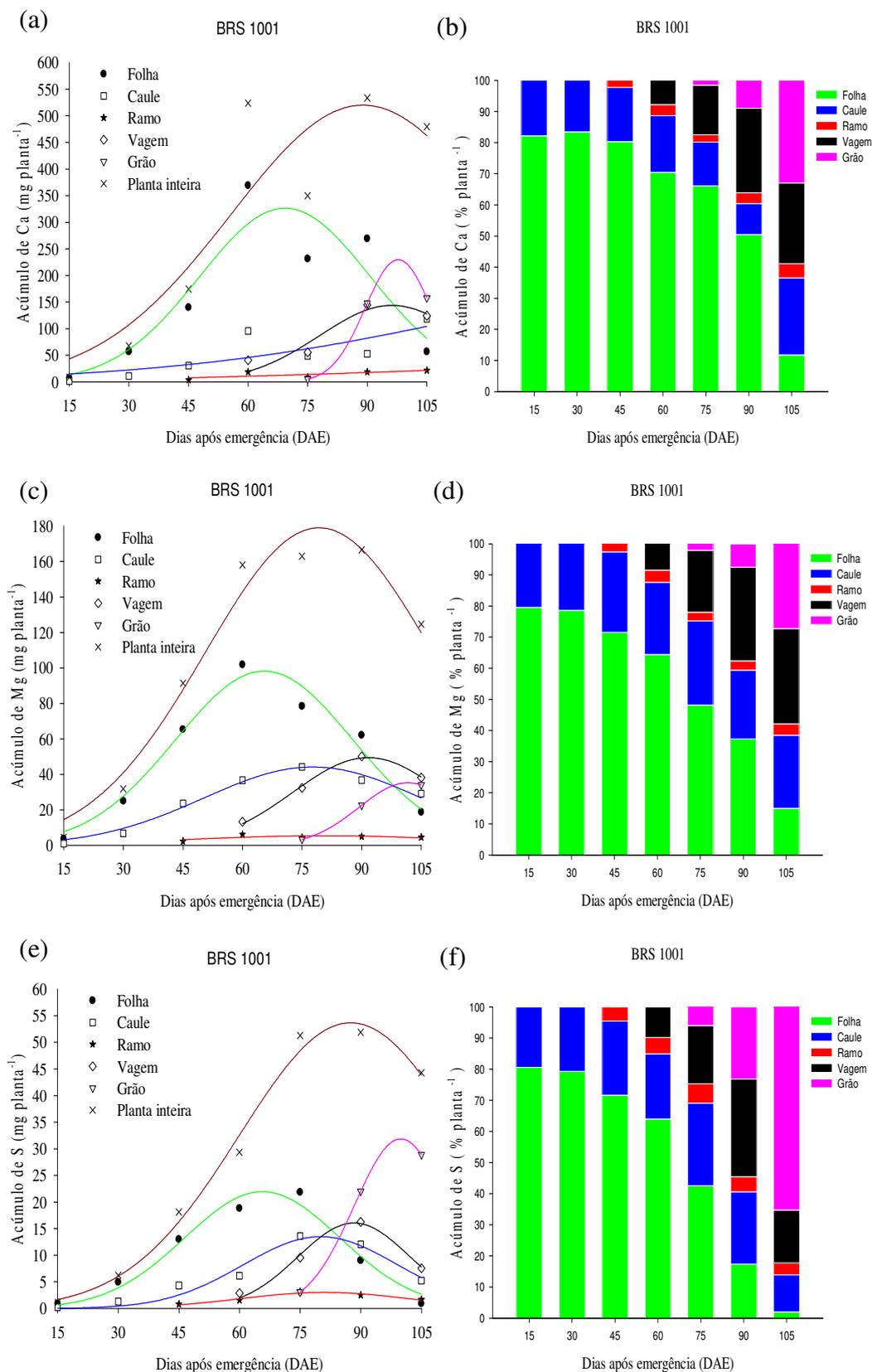


FIGURA 6. Acúmulo de cálcio (a, b), magnésio (c, d) e enxofre (e, f), na planta inteira e nos diferentes componentes da parte aérea das plantas de soja BRS 1001 em função dos dias após emergência (DAE).

## 5. CONCLUSÃO

A ordem de extração de macronutrientes nas cultivares BRS 317 e BRS 1001 foram de:  $N > K > Ca > P > Mg > S$ .

A cultivar BRS 1001 apresentou maior acúmulo de Mg nas folhas, K e Ca nos grãos e Mg nas vagens relação a cultivar BRS 317.

O acúmulo de S segue a seguinte ordem: para cultivar de crescimento determinado BRS317 grãos > ramo > folha > vagem > caule, enquanto a cultivar de crescimento indeterminado apresentou a seguinte ordem: grãos > ramo > vagem > caule > folha.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPES, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AUGOSTINHO, L. M. D.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; FREITAS, N. Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'Pedro Sato'. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 577-585, 2008.

BERNARD, R. L. Two genes affecting stem termination in soybean. **Crop Science**, v.12, n. 2, p. 235-239, 1972.

BIANCO, S.; CARVALHO, L. B.; BIANCO, M. S. PITELLI, R. A. Acúmulo de massa seca e de macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Solanum americanum*. **Planta Daninha**. v. 30, n. 1, p. 87-95, 2012.

BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 4, p. 15-26, 2009.

BORKERT, C. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KLEPKER, D.; JUNIOR OLIVEIRA, A. E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. Ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 179 – 238, n. 5, 2005.

CORDEIRO, D. S.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. & SILVEIRA, R. I. Extração de macronutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função dos níveis de NPK. **Anais. ESALQ**, 36:551-604, 1979.

CULTIVARES DE SOJA – Macrorregiões Centro Sul do Brasil. **Londrina: Embrapa Soja**. 2014.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. Ed Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 595-644, 2007.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. C.; CAMARGO, M. A. F.; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas v. 2, n. 3, p. 1-20, 2003.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja (Sistema de Produção 16). 2013. 278 p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <<http://mob.cpao.embrapa.br>>. Acesso em: 9 mar. 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** 3ª ed. Brasília, DF; 2013. 353 p.

FAGERIA, N. K. The use of nutrients in crop plants. **Boca Raton**, CRC Press, 2009. 430p

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1977. 11 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 5º. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 733p.

FRANCO A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo** (Dissertação em Produção Vegetal). 2011. 74 p. Janaúba-MG: Universidade Estadual de Montes Claro.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: Kerbauy, G. B. Ed. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, 2004, v.1, p. 452.

GUINEL, F. C. Getting around the vagem nodule: I. The structure of the peripheral zone in four nodule types. **Botany**, v. 87, n. 12, p. 1117–1138. 2009.

KURIHARA, C. H.; ALVAREZ, V. H.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS R. F. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista. Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 690-698. 2013a.

KURIHARA, C. H.; ALVAREZ, V. H.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS R. F.; STUART L. A. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista. Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 412-419, 2013b.

LANTMANN, A. F.; CASTRO, C. Fósforo – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; STIPP e ABDALLA. S. R. Ed. Potássio na agricultura brasileira. 2004. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 35-105.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa MG: Ed. UFV, 2015. 429p.

MACHADO JUNIOR, C. S.; SILVA, C. R.; SANCHES, M. C.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA, B. L. Physiologic parameters of soybean of determinate and indeterminate growth habit subjected to levels of soil moisture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 6, p. 419-425, 2017.

MAILLARD, A.; DIQUÉLOU, S.; BILLARD, V.; LAINE, P.; GARNICA, M.; PRUDENT, M.; GARCIA MINA, J. M.; YVIN, J. CLAUDE; OURRY, A. Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. **Frontiers in Plant Science**. v. 32, n.1, p.6-317. 2015.

MALAVOLTA E, VITTI GC, OLIVEIRA SA. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos; 1997.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. p. 140-149,

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

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. Ed. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 2005. p. 179-238.

MALAVOLTA, E. Potássio – Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; STIPP e ABDALLA. S. R. Ed. Potássio, na agricultura brasileira. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 35-105. 2004.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição Mineral e Adubação das Plantas Cultivadas**. Ed. Livraria Pioneira, São Paulo. 1974. 168p.

MARENCO, A. R.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**. Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 397 p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition in Higher Plants, **Academic Press**, London, 645p., 2012.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre, departamento de plantas de lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31p.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, B. H.; TEIXEIRA, R. C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: **SEDIYAMA, T. Ed. Tecnologias de produção e usos da soja**. 2009. Londrina: Mecenias, p. 7-16,

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; FOLONI, J. S. S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: **REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA**. 2014, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.

OLIVEIRA, J. A. G. Matéria seca, teores de macronutrientes e produtividade de soja transgênica e não transgênica com diferentes manejos de plantas daninhas. 2011. 76 f. Dissertação (mestrado em produção Vegetal) – **Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira**. 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98743>>. acesso em: 6 jan 2018.

PEDRINHO JÚNIOR, A. F. F.; BIANCO, S.; PITELLI, R. A. Accumulation of biomass and macronutrients by Glycine max and Richardia brasiliensis. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 53-61, 2004.

PERINI, L. J.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 2531-2544, mai. 2012.

PING, J.; LIU, Y.; SUN, L.; ZHAO, M.; LI, Y.; SHE, M.; SUI, Y.; LIN, F.; LIU, X.; TANG, Z.; NGUYEN, H.; TIAN, Z.; QIU, L.; NELSON, R.L.; CLEMENTE, T.E.; SPECHT, J.E.; JIANXIN, M. Dt2 is a gain-of-function MADS-domain factor gene that specifies semideterminacy in soybean. **Plant Cell**, v. 26, n. 3, p.2831–2842, 2014.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. p.270-271,

REDDY, A. S. N. Calcium: silver bullet in signaling. **Plant Science**, Oxford, v. 160, p. 381-404, 2001.

RENGEL, Z.; DAMON, P. N. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. **Physiologia plantarum Copenhagen**. v. 133, p. 624-636, 2008.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. & BENSON, G. O. Como a planta de soja se desenvolve. Traduzido do original: **How a soybean plant develops**. Special. Ames,Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service. (Potafos: Arquivo Agrônomo, 11). n. 53, 1997.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, C.; BARROS, H. B. Cultivares. In: SEDIYAMA, T. Ed. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenias, 2009. p. 77-92.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral** In: Embrapa Soja.Londrina, 2008. 148p. (Embrapa Soja. Documentos, 305).

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. Correção e Fertilização para Soja. In: PUIGNAU, J. P. Ed. **Producción de soja**. 1992. Montevideo: Diálogo / IICA - PROCISUR, 261p.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. ENXOFRE: Nutriente necessário para maiores rendimentos da soja In: **Embrapa Soja**. Londrina, 2007 6p. (Embrapa Soja. Documentos, 53).

SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D.N.; BAHRY, C.A.; CARON, B.O.; ZIMMER, P.D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 216-223, 2014.

STIPP, S. R.; CASARIM, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: **POTAFOS**, Informações Agrômicas. 2010. v. 129, p. 1-7,

SUPANJANIA, S.; HABIB, A.; MABOOD, F.; LEE, K. D.; DONNELLY, D. SMITH, D.L. Nod factor enhances calcium uptake by soybean. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 44, p. 866-872. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5° ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEKLIĆ, T.; VRATARIĆ, M.; SUDARIĆ, A.; KOVAČEVIĆ, V.; VUKADINOVIĆ, V.; BERTIĆ, B. Relationships among chloroplast pigments concentration and chlorophyllmeter readings in soybean under influence of foliar magnesium application. Communications in: **Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, p.706-725, 2009.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P. DE; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, v.31, n.1, p.161-170, 2015.

TIAN, Z.; WANG, X.; LEE, R.; LI Y.; SPECHT, J.E.; NELSON, R.L.; MCCLEAN, P.E.; QIU, L.; MA, J. Artificial selection for determinate growth habit in soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.107, n.7, p.8563-8568, 2010.

VERNETTI, F. J.; (Coord), **Soja. Genética e Melhoramento**. Campinas: Fundação Cargill, 1983.v.1.

VITTI, G. C. & TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade de soja. Informações Agronômicas. Piracicaba, **POTAFÓS**, 2000. 16p. (Encarte Técnico, 90).

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. Informações Agronômicas. Piracicaba: **POTAFÓS**, 1998. p. 2-8. (Encarte Técnico, 84).

ZANON, A. J.; STRECK, N.A.; RICHTER, G.L.; BECKER, C.C.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J. WINCK, J.E.M.; CARDOSO, A.P.; TAGLIAPIETRA, E.L.; WEBER, P.S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p.279-290, 2015b.

ZANON, A. J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J. C.; RICHTER, G.L. LAGO, I.; SANTOS, P.M.; MACILE, L.R.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 400-411, 2015a.

ZOBIOLE L. H. S, CASTRO C, OLIVERIA F.A, OLIVEIRA JUNIOR A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 425-433, 2010.