



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA E EFICIÊNCIA DO  
POTÁSSIO SOBRE O TEOR DE ÓLEO E PROTÉINA VISANDO A PRODUÇÃO  
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

**Aluna:** Neusa Maria Hackenhaar

**Orientador:** Joênes Mucci Peluzio

**PALMAS – TO  
2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA E EFICIÊNCIA DO  
POTÁSSIO SOBRE O TEOR DE ÓLEO E PROTÉINA VISANDO A PRODUÇÃO  
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

**Aluna:** Neusa Maria Hackenhaar

**Orientador:** Joênes Mucci Peluzio

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal do Tocantins como parte dos  
requisitos para obtenção do Título de  
Mestre em Agroenergia (Sistemas de  
Produção e melhoramento de culturas  
visando à produção de biocombustíveis)**

**PALMAS – TO  
2014**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins**  
**Campus Universitário de Palmas**

---

H118v Hackenhaar, Neusa Maria  
Variabilidade genética em cultivares de soja e eficiência do potássio sobre os teores de óleo e proteína visando à produção de biocombustível/Neusa Maria Hackenhaar - Palmas, 2014.  
44f.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, 2014.

Linha de pesquisa: Sistemas de produção e melhoramento de culturas visando a produção de biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio

1. *Glycine max*. 2. Adubação potássica. 3. Composição química dos grãos. I. Peluzio Mucci, Joênes. II. Universidade Federal do Tocantins. III. Título.

**CDD 631.8**

---

**Bibliotecária: Emanuele Santos**  
**CRB<sup>2</sup> 1309**

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA E EFICIÊNCIA DO  
POTÁSSIO SOBRE O TEOR DE ÓLEO E PROTÉINA VISANDO A PRODUÇÃO  
DE BIOCOMBUSTÍVEL**

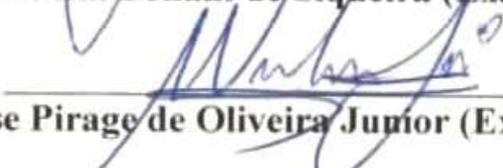
**ALUNA:** Neusa Maria Hackenhaar

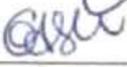
**Data da Defesa:** 27 /11 /2014

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da dissertação foram contempladas:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio (Presidente- UFT)**

  
\_\_\_\_\_  
**Profª. Drª. Flávia Lucila Tonani de Siqueira (Examinadora Interna - UFT)**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Waldesse Pirage de Oliveira Junior (Examinador Interno - UFT)**

  
\_\_\_\_\_  
**Profª. Drª. Glêndara Aparecida de Souza Martins (Examinadora Externa)**

## DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho para a minha mãe  
*Frau* Noemia Maria Reinehr Hackenhaar pela  
educação e o exemplo de vida a seus filhos.

## AGRADECIMENTOS

Dentre tantos que contribuíram na realização deste trabalho, a tarefa de escolher a quem agradecer é muito difícil.

Contudo, destaco a minha gratidão ao Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio pelo incentivo, paciência e apoio em todas as etapas do curso e principalmente, embora abarrotado de compromissos e experimentos técnicos, aceitou ser o orientador deste trabalho.

Agradeço ao Economista e Mestre em Agroenergia Celso Hackenhaar, meu irmão, pelo apoio fundamental em todas as etapas do trabalho, desde o planejamento ao processamento dos dados, não mensurando esforços e não permitindo que eu desanimasse mesmo na frustrante atividade de reimplantação dos experimentos.

À Eng e MSc Maria Dilma de Lima, pelo companheirismo, apoio, amizade e palavras de conforto nas dificuldades enfrentadas, muito obrigada.

Ao Eng. Ismael Martins, meu esposo, pelas ajudas eventuais e a paciência no decorrer do mestrado.

Sou grata aos engenheiros agrônomos e Mestre em Agroenergia Weder Ferreira e Evandro Reina pelo apoio nas atividades de campo realizadas.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO .....	12
OBJETIVOS .....	14
Objetivo geral .....	14
Objetivos específicos .....	14
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
Aspectos gerais da produção da soja .....	15
A cultura de soja e produção de óleo no Brasil e no mundo .....	16
Características e ecofisiologia da planta .....	17
Composição química da soja .....	20
Fatores que afetam o teor de óleo e proteína nos grãos.....	22
O Potássio na cultura da soja .....	23
MATERIAL E MÉTODOS .....	25
Localização e características da área experimental.....	25
Delineamento experimental .....	26
Cultivo, tratos culturais e colheita.....	26
Determinação do teor de óleo e proteína .....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
Análise de variância .....	29
Teor de óleo nos grãos .....	29
Teor de proteína nos grãos .....	31
CONCLUSÕES .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Estádios de desenvolvimento no ciclo de vida cultura da soja .....18
- Figura 2:** Índices de precipitação e temperatura de nov/2013 a jun/2014 .....33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Resultado da análise de solo realizada no ano de 2013.....	25
<b>Tabela 02:</b> Resumo da análise de variância conjunta de óleo e proteína de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas, Tocantins.....	29
<b>Tabela 03:</b> Médias de teor de óleo (%) de 07 cultivares de soja, em alto e baixo potássio em Palmas, safra 2013/14 .....	30
<b>Tabela 04:</b> Médias de teor de proteína (%) de 07 cultivares de soja, em alto e baixo potássio, em Palmas, safra 2013/14.....	32
<b>Tabela 05:</b> Resumo da análise de variância para o teor de óleo e proteína para as seis características avaliadas em 07 cultivares de soja, na safra 2013/14 em Palmas, Tocantins .....	34
<b>Tabela 06:</b> Eficiência de óleo e proteína médio de sete cultivares de soja, em alto e baixo potássio, em Palmas, safra 2013/14.....	34
<b>Tabela 07:</b> Dissimilaridade entre cultivares de soja em relação a características teor de óleo e proteína, com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ij}$ ).....	35
<b>Tabela 08:</b> Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de 07 cultivares de soja, considerando o teor óleo em quatro ambientes de dois ensaios, safra 2013/2014	36
<b>Tabela 09:</b> Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de sete cultivares de soja, para o teor proteína em quatro ensaios, na safra 2013/2014 .....	36

## RESUMO

HACKENHAAR, Neusa Maria. Universidade Federal do Tocantins, Setembro de 2014. **VARIABILIDADE GENÉTICA EM CULTIVARES DE SOJA E EFICIÊNCIA DO POTÁSSIO SOBRE O TEOR DE ÓLEO E PROTÉINA VISANDO A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEL.** Orientador: Joênes Mucci Peluzio

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal fonte de óleo para a produção de biodiesel e de proteína para ração animal. Contudo, a composição química das sementes e a produtividade de grãos pode ser afetada pela disponibilidade de nutrientes à planta, principalmente de potássio. Diante disto, objetivou-se estudar a divergência genética e a eficiência do uso do potássio em cultivares de soja, quanto aos teores de óleo e proteína, visando à produção de biocombustível. Assim, no ano agrícola 2013/14, foram realizados quatro ensaios de competição de cultivares de soja em Palmas -TO, os quais foram distribuídos em duas épocas de plantio, cujas cultivares foram conduzidas sob alto e baixo potássio (40kg de  $K_2O\ ha^{-1}$  e 200 kg de  $K_2O.ha^{-1}$ , respectivamente). O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi de blocos casualizados com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares M9144RR, BRS33871RR (Sambaiba), TMG1288RR, BRS333RR, P98Y70RR, TMG 1180RR e M8766RR. A eficiência do uso de potássio pelas cultivares foi realizada através da metodologia adaptada de Fischer (1983) e a divergência genética por meio de procedimentos multivariados: distância generalizada de Mahalanobis e método de agrupamento de otimização de Tocher. No estudo da divergência genética, cada ensaio representou uma variável distinta no modelo multivariado. As cultivares M8766RR e BRS333RR são promissoras para produção de biodiesel e eficientes no uso do potássio. A cultivar P98Y70 é indicada para produção de proteína e eficiente quanto ao uso de potássio. As hibridações M8766RR x TMG1180RR e M8766RR x TMG1180RR, são promissoras para teor de óleo, e P98Y70 x TMG1180RR, para teor de proteína.

Palavras chave: *Glycine max*, adubação potássica, composição química dos grãos

## ABSTRACT

HACKENHAAR, Neusa Maria. Federal University of Tocantins, September 2014.  
**GENETIC VARIABILITY IN SOYBEAN CULTIVARS AND POTASSIUM EFFICIENCY ON THE CONTENT OF OIL AND PROTEIN AIMING BIOFUEL PRODUCTION.** Advisor: Joênes Mucci Peluzio

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is the principal source of oil for the production of biodiesel and protein for animal feed. However, the chemical composition of seeds and grain yield may be affected by the availability of nutrients to the plant, particularly potassium. Given this, the objective was to study the genetic diversity and potassium use efficiency in soybean cultivars for the levels of oil and protein, aimed at producing biofuel. Thus, in the agricultural year 2013/14, were performed four soybean cultivars competition trials in Palmas - TO, which were distributed in two growing seasons, whose cultivars were conducted under high and low potassium (40kg of  $K_2O$   $ha^{-1}$  and 200 kg de  $K_2O$ . $ha^{-1}$ , respectively – 88,18 lb of  $K_2O$   $ha^{-1}$  and 440,92 lb of  $K_2O$ . $ha^{-1}$ , respectively). The experimental design used in the trials was randomized blocks with seven treatments and three replications. The treatments consisted of cultivars M9144RR, BRS33871RR (Sambaíba), TMG1288RR, BRS333RR, P98Y70RR, TMG 1180RR and M8766RR. Was determined the efficiency of the use of potassium by crops, through the methodology adapted from Fischer (1983) and the genetic divergence by multivariate procedures: Mahalanobis distance and clustering method optimization Tocher. In the study of genetic diversity, each test represented a distinct variable in the multivariate model. The M8766RR and BRS333RR cultivars are promising for biodiesel production and efficient use of potassium. Cultivar P98Y70 is indicated for protein production and efficient in the use of available potassium in the soil. Hybridizations M8766RR x TMG1180RR and M8766RR x TMG1180RR are promising for oil content, and P98Y70 x TMG1180RR for protein content.

Key words: *Glycine max*, potassium fertilizer, chemical composition of the grains

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura de maior expressão comercial, sendo importante fonte protéica na dieta humana e animal (SEDIYAMA et al., 2013) e fonte de matéria prima para produção de biodiesel (APOLINARIO et al, 2012), uma vez que apresenta ampla adaptação climática (Norte-Sul), domínio tecnológico (óleo e proteína – multi-uso), logística favorável e resistência a flutuações de preços do mercado, refletindo em alta produção e oferta (HIRAKURI et al, 2014, PELUZIO et al., 2005, PELUZIO et al. 2006 ).

A cultura da soja é responsável pela expansão da fronteira agrícola no País, principalmente nas regiões sob vegetação de cerrado. Contudo, a implantação dessa cultura nas novas áreas de cultivo, tem exigido novas tecnologias e manejo cultural adequado, principalmente em função das condições edafoclimáticas específicas dessa região (PETTER et al, 2014)

Os solos sob cerrado apresentam alto grau de intemperismo, de acidez, de lixiviação e baixa fertilidade, especialmente para o Fósforo (P) disponível e para o Potássio (K) disponível para as plantas (PIAIA et al., 2002). O K favorece a retenção das vagens durante sua formação e reduz a deiscência na maturação, melhora a qualidade dos grãos e em combinação com fósforo e nitrogênio, pode aumentar o conteúdo de lipídio e proteína dos grãos.

A composição química dos grãos da soja varia em função das condições climáticas (ALBRECHT et al. 2008, MINUZZI et al. 2009, BARBOSA et al. 2011, PELUZZIO et al, 2014), cultivares (ÁVILA et al. 2007, SOUZA et al. 2009, BARBOSA et al. 2011, REINA et al, 2014), níveis de adubação (MORAES et al. 2008; VEIGA et al. 2010, REINA et al, 2014), dentre outros.

Em relação à composição química dos grãos, Sale e Campbell (1986) e Tanaka et al., (1997), trabalhando com soja cultivada em casa de vegetação, em solos com baixo teor de K solúvel, observaram que aplicação de doses crescentes de K propiciou aumento no teor de óleo e diminuição no de proteína, e atribuíram os resultados ao fato de que sob deficiência de K há estreitamento da relação C/N nos componentes não estruturais da semente, durante os estágios mais avançados do enchimento de vagem. Por outro lado, Pedroso Neto et al.,

2005, ao estudarem o efeito de doses e modos de aplicação de potássio na qualidade de sementes de soja, em Lavras e Uberaba-MG, em ensaios conduzidos sob condições de campo, em solo com baixo teor de K solúvel, não observaram efeito significativo das doses crescentes de K no aumento dos teores médios de óleo e proteínas dos grãos.

Apesar da existência de modelos para o diagnóstico da fertilidade do solo e recomendação de doses econômicas e ambientalmente adequadas de fertilizantes para as diferentes culturas e classes de solo (RHEINHEIMER et al., 2007), ainda há divergências quanto aos resultados. Tais fatos podem ser observados nos trabalhos realizados por Foloni e Rosolem (2008) e Bernardi et al (2009) quanto à resposta da soja a aplicação de  $K_2O$  na região dos cerrados.

O gasto com fertilizantes é o fator que mais agrega custo na cultura da soja, representando entre 40 a 45% do valor da produção. Assim, a utilização de cultivares mais eficientes no uso de K é estratégica do ponto de vista econômico e ambiental. Em condições de baixa disponibilidade de K no solo, genótipos de soja adaptados e eficientes quanto a esses nutrientes apresentam melhor desempenho produtivo. (VENTUROSO et al., 2009; PETTIGREW, 2008; RENGEL e DAMON, 2008).

Assim, em virtude do uso da soja como fonte energética, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a divergência genética de cultivares de soja e a eficiência do uso do potássio quanto aos teores de óleo e proteína, na região Central do Estado do Tocantins.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Avaliar o comportamento de cultivares de soja sob diferentes dosagens de adubação potássica em duas épocas de plantio, visando determinar o teor de óleo e proteína para produção de biocombustíveis.

### **Objetivos específicos**

- Identificar as cultivares de melhor resposta à adubação potássica para as características de óleo;
- Identificar as cultivares de melhor resposta à adubação potássica para as características de proteína;
- Identificar a melhor época de plantio para o rendimento de óleo;
- Identificar a melhor época de plantio para o rendimento de proteína;
- Identificar as hibridações para a produção de óleo;
- Identificar as hibridações para a produção de proteína.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Aspectos gerais da produção da soja

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) é uma espécie de planta herbácea, incluída na classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L. O provável progenitor da espécie é a *Glycine ussuriensis* (COSTA, 1996).

De acordo a Probst e Judd (1973), a cultura origina do leste da China, onde sofreu domesticação, disseminando-se em outras regiões do Oriente, como Manchúria, Coréia, Japão União Soviética e países asiáticos do sudeste da Ásia. . Em 1739 foi introduzida no Ocidente quando sementes recebidas pelo Jardim Botânico de Paris foram plantadas experimentalmente. No continente americano, o registro de plantio data de 1765 realizado na Savannah, Georgia, EUA, por Samuel Bowen.

O primeiro registro da introdução da soja no Brasil data de 1882, realizada por Gustavo Dutra, no Estado da Bahia. Há registros que a soja foi inicialmente plantada em 1891, como forrageira na Estação Agronômica de Campinas em estudos consorciados com gramíneas. Apenas em 1941 foram observadas as primeiras produções de grãos no Estado do Rio Grande do Sul (SEDIYAMA, PEREIRA E SEDIYAMA; 1985, COSTA, 1996)

Até 1960 e 1970, a região sul foi considerada a maior produtora de soja no Brasil. A partir dos anos 80 foi se expandindo para o cerrado, nos chamados polígono dos solos ácidos, sendo: Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Tocantins, sul do Maranhão, sul do Piauí e oeste da Bahia. Assim o cerrado tornou-se a maior região produtora do país, cuja expansão atribui-se principalmente aos estudos de fertilização dos solos do cerrado, sua topografia plana e favorável à mecanização, e o desenvolvimento de plantas aptas à região (EMBRAPA, 2013).

## **A cultura de soja e produção de óleo no Brasil e no mundo**

De acordo com os dados da USDA (2014), os maiores produtores mundiais de soja em ordem decrescente são os Estados Unidos, Brasil e Argentina, que foram responsáveis pela produção de mais de 230,2 milhões de toneladas de grãos, de um total de 283,10 milhões produzidos no mundo, na safra de 2013/2014. Os Estados Unidos é o principal produtor mundial com 89,5 milhões de toneladas, seguido pelo Brasil com 86,7 milhões de toneladas.

De acordo com a CONAB (2014) a China, Estados Unidos, Brasil, Argentina e União Europeia são responsáveis por 81,81% do consumo mundial do grão, cujo destino da soja em grão é o setor industrial para o processo de esmagamento, que corresponde a 88,73% da soja consumida, enquanto a alimentação humana, na forma in natura, representa apenas 5,79%. O volume de soja em grão consumido pela China é 6,5 vezes superior à produção do país, mostrando sua grande dependência das importações do produto de produtores como o Brasil e Estados Unidos.

Nos últimos 13 anos, a produção de óleo nos Estados Unidos teve um pequeno incremento (0,56%), ao passo que na China houve uma expansão de 10,69% ao ano para suprir sua crescente demanda voltada para a alimentação humana. A produção do óleo de soja na Argentina também cresceu significativamente (5,34% a.a.) decorrente da produção de biocombustível. No Brasil, a produção de óleo apresentou um crescimento anual de 3,58% (CONAB, 2014).

A Argentina, Brasil e Estados Unidos respondem por quase 81,42% das exportações mundiais de óleo de soja e 85,42% de farelo de soja. A Argentina exporta aproximadamente 96% de sua produção de óleo de soja, o que mostra o seu direcionamento para o mercado de produto com valor agregado. Brasil e Estados Unidos, por sua vez, além de serem exportadores do grão in natura, são grandes consumidores de farelo de soja. A Argentina exporta 68% da produção de farelo, ao passo que o Brasil 24% e os Estados Unidos 17% (USDA, 2014).

Quanto as importações mundiais de óleo de soja, a China, União Européia, Índia, Argélia e Irã importam aproximadamente 47% do óleo de soja comercializado em nível mundial, cuja destinação é a alimentação. A Argélia, que

não gera produtos derivados, apresentou um grande aumento no consumo de óleo de soja, saltando de 17 mil toneladas na safra de 2000/2001 para 570 mil toneladas na safra de 2013/2014, elevando esse país a condição de grande importador do produto (CONAB, 2014).

A preferência das indústrias por óleo de soja na produção de biodiesel se deve a inúmeros fatores, dos quais podemos citar: cadeia produtiva da soja ser bem estruturada; possuir tecnologias de produção definidas e modernas; ampla rede de pesquisas que assegura solução de qualquer novo problema que possa aparecer na cultura; cultivo tradicional e adaptado para produzir com igual eficiência em todo território nacional e oferecer um retorno de investimento de forma rápida com média de 4 a 5 meses (MARTINS, et al. ,2014, DALL'AGNOL, 2008).

A produção de biodiesel no Brasil tende a expandir significativamente sua produção de soja e óleo, considerando a adoção do acréscimo gradual do percentual mínimo de biodiesel misturado ao diesel comum como estratégia de desenvolvimento desse biocombustível no país, além de trazer benefícios sociais e ambientais. A utilização permite reduzir o consumo de derivados do petróleo, representando uma nova dinâmica para a agroindústria com efeitos multiplicador nos demais segmentos da economia: transporte, distribuição entre outros (UBRABRIO, 2010).

De acordo Meyer (2011), a redução dos índices de emissão de alguns gases causadores do efeito estufa já é reconhecida, levando a melhorias na qualidade de vida e da saúde pública. Embora a utilização do biodiesel gere um aumento na emissão de compostos nítricos, esse biocombustível reduz poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, aromáticos policíclicos e gás carbônico, quando comparado com o diesel derivado do petróleo.

### **Características e ecofisiologia da planta**

A soja é uma planta com ampla variabilidade genética, cujos ciclos são classificados em grupos de maturação precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio. O ciclo total da planta pode ser dividido em duas fases: fase vegetativa

(período da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores) e reprodutiva (do início da floração até o fim do ciclo da cultura ou maturação). As cultivares disponíveis geralmente tem ciclos entre 100 e 160 dias (COSTA, 1996). As fases da cultura da soja são caracterizados por estádios, sendo a vegetativa (V) e reprodutiva (R). O desenvolvimento vegetativo inicia na emergência com o aparecimento dos cotilédones e finaliza com emissão da primeira flor. As subdivisões dos estádios V são numericamente designadas como V1, V2, V3, a V (n), exceto as duas primeiras fases, que são designados como VE (emergência) e VC (fase de cotilédones). A última fase é designada como V (n), onde (n) representa o número para o ultimo nó da variedade específica. O (n) irá flutuar de acordo a variedade e as condições ambientais. O ciclo reprodutivo é subdividido em quatro etapas sendo: R1 e R2 correspondente a floração; R3 e R4 desenvolvimento de vagens; R5 e R6, desenvolvimento das sementes R7 e R8 maturação. (STEVEN et al, 1985).

ESTÁDIO	DESCRIÇÃO
VE	Emergência
VC	Emergência a cotilédones abertos
V1	Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas
V2	Segundo nó; primeiro trifólio aberto
V3	Terceiro nó; segundo trifólio aberto
Vn	Enésimo nó com trifólio aberto antes da floração
R1	Início da floração
R2	Floração plena: maioria dos racemos com flores abertas
R3	Início de formação de vagens
R4	Etapas final de crescimento das vagens
R5	Início do desenvolvimento dos grãos à etapa final
R6	Enchimento completo das vagens
R7	Maturação fisiológica maioria das vagens amareladas
R8	Maturação: 95% das vagens maduras (secas)

Fonte: adaptado de STEVEN, W. R., How A Soybean Plant Develops. Special Report, nº 53. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Ames, Iowa, July, 1985.

Figura 1: Estádios de desenvolvimento no ciclo de vida cultura da soja

A estatura da planta varia de acordo as condições ambientais e da cultivar ou genótipo. As variedades comerciais brasileiras comumente apresentam uma altura de 60 a 120cm. A planta é fortemente influenciada pelo comprimento do dia (período de iluminação). Durante a fase vegetativa da planta em regiões ou épocas de fotoperíodo mais curto, ela tende a induzir o florescimento precoce, e apresentar consecutiva queda de produção. O florescimento pode durar de três a mais de cinco semanas e o numero de flores é muito maior que a conversão em vagens. Uma planta pode produzir até 800 flores com taxa de fertilização de 13 a 57%, dependendo das condições ambientais e genótipo (VERNETTI, 1983).

Há vários estudos com relação aos efeitos dos genótipos, ambientes e da interação genótipo x ambiente sobre o desenvolvimento da cultura da soja. Alliprandini et al (1998), em avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja no estado do Paraná, identificou que diferentes ambientes e interação do tipo de genótipo x ambiente são fatores importantes na avaliação de cultivares.

Rocha et al. (2002), avaliando a magnitude da interação genótipos x ambientes para o teor de óleo em linhagens de soja, observaram que o efeito de ambientes foi mais pronunciado que os efeitos de genótipos. De acordo Green et al. (1965) no periodo de maturação, as condições ambientais adversas prejudicam a obtenção de sementes de boa qualidade. Assim, a escolha das regiões com características climáticas favoráveis, escalonamento da época de semeadura, com cultivares de alta qualidade proporcionam a produção de sementes de boa qualidade com melhores rendimentos econômicos em explorações (BRACCINI et al, 2003).

Ainda com relação a ambiente, Vieira et al. (1983) evidenciam que as temperaturas amenas favoreceram a qualidade da semente e que condições quentes e úmidas, com excesso de precipitações pluviais, comprometem a germinação e o vigor das sementes.

O crescimento da soja pode ser indeterminado, semideterminado e determinado, baseada no tipo de crescimento da haste principal. As variedades com crescimento determinado apresentam caules terminados por racemos florais, que com o inicio do florescimento pouco crescem. As variedades com hábito de

crescimento indeterminado não apresentam racemos terminais e continuando o desenvolvimento de nós alongando o caule, crescendo até o final do florescimento. Nas de crescimento semideterminada, o florescimento inicia quando a metade dos nós da haste principal se formou, o desenvolvimento e o florescimento de novos terminam mais abruptamente que nos tipos indeterminados (SEDIYAMA, TEIXEIRA E REIS, 1999).

De acordo estudos realizados pela Embrapa (2007), a quantidade de água requerida pela cultura da soja para a obtenção do máximo rendimento varia entre 450 e 800 mm por ciclo. Caso o período de seca for prolongado, o déficit hídrico pode reduzir a altura da planta, interferir na taxa de crescimento relativo, no índice de área foliar e na taxa fotossintética, conseqüentemente um reflexo negativo sobre a produção de grãos.

O principal fator em ambientes com restrição hídrica é a otimização da fixação de CO<sub>2</sub>, pois o estresse pode causar intensa inibição da fotossíntese devido a maior resistência difusiva, que por sua vez diminui a assimilação do CO<sub>2</sub>, diminuindo o crescimento e a produtividade da planta. Tais fatores decorrem da redução da turgescência das células-guardas dos estômatos, seguidos pelo fechamento dos poros estomáticos (Pinheiro et al. 2011).

A limitação da difusão de CO<sub>2</sub> da atmosfera até o sítio de carboxilação, além de diminuir a fotossíntese também provoca interferências estomáticas e do mesófilo (Flexas et al., 2004). Ainda conforme os autores, parte da inibição das taxas fotossintéticas pode ser atribuída a fatores não estomáticos, como problemas no transporte de elétrons e na fotofosforilação.

A resposta inicial à deficiência hídrica é redução na síntese de ATP que pode diminuir a capacidade de regeneração da ribulose bifosfato (RuBP), que por sua vez reduz a fotossíntese potencial (Pinheiro et al. 2011).

### **Composição química da soja**

A soja possui elevado valor nutritivo, sendo considerada uma excelente fonte de proteína tanto para a alimentação humana como animal. A base seca do grão possui aproximadamente 40% de proteína, além de óleos (19%) e carboidratos (TEIXEIRA et al., 2005).

As proteínas são moléculas de alta complexidade, constituídas basicamente por carbono, oxigênio e hidrogênio, além de outros elementos, como enxofre, ferro, fósforo, cobre e zinco. Basicamente as proteínas são formadas por aminoácidos, ligados entre si por ligações peptídicas (PEREDA et al., 2005).

O uso das proteínas como nutriente para humanos e animais é de suma importância. Entretanto, segundo Sgarbieri (1996), o seu valor nutricional irá depender da sua composição, digestibilidade, biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais e da ausência de toxicidade e/ou de propriedades antinutricionais.

As proteínas podem exercer vários papéis como enzimas, agentes catalíticos controladores de bioprocessos, na própria estrutura celular e até como toxinas liberadas por células bacterianas (PELCZAR Jr. et al., 1997).

Essa funcionalidade protéica está relacionada com as propriedades físico-químicas que influenciam na forma, na composição e na sequência de aminoácidos, bem como na carga líquida e na distribuição das cargas. Essas propriedades físico-químicas também interferem nas estruturas secundárias, terciárias e quaternárias das proteínas, juntamente com a flexibilidade e rigidez molecular e na capacidade de interagir/reagir com outros componentes. (FENNEMA et al., 2010).

O farelo de soja é considerado fonte primária de proteína na produção de dietas para animais, especialmente para monogástricos. A demanda por farelo de soja vem aumentando devido a proibição do uso de proteínas e de gorduras, de origem animal, na produção de dietas de animais domésticos proveniente dos países membros da Comunidade Européia (GOLDFLUS, 2001).

Nutricionalmente, o farelo de soja possui proteínas de alto valor biológico, e neste aspecto, assemelha-se mais a proteína animal do que qualquer outra vegetal. Os farelos de soja comuns tem aproximadamente de 43,5 à 48,5% de proteína bruta, dependendo do teor de fibras (5 à 9%). Existem também os farelos “hipro” que possuem de 49 até 54% de proteína bruta com teor mínimo de fibras (menor que 4%), geralmente destinados à exportação (LIMA, 1999).

Os ácidos graxos, em média, compõem 60% do óleo de soja, sendo que 85% deste total correspondem aos poliinsaturados (oléico, linoléico e linolênico) e 15% aos saturados (palmítico e esteárico) (LANNA et al., 2005).

O óleo de soja se caracteriza também pelos inúmeros componentes menores recuperados durante o processo de refino, estando inclusos nestes os fosfolipídios recuperados como lecitina, esteróis mistos, utilizados como matéria - prima para a produção de produtos farmacêuticos valiosos, além dos tocoferóis (vitamina E) (GUNSTONE, 2005).

Os óleos em geral são líquidos à temperatura ambiente, decorrente a presença de ligações não saturadas dos ácidos graxos. De acordo a Taiz e Zeiger (2006), na maioria das sementes oleaginosas, os trigliceróis são armazenados no citoplasma das células do cotilédone ou endosperma, em organelas conhecidas como oleossomos, que possuem uma barreira de membrana que separa os triglicerídeos do citoplasma aquoso.

### **Fatores que afetam o teor de óleo e proteína nos grãos**

O teor e composição de cada ácido graxo do óleo de soja podem ser afetados pelas diferentes cultivares, fatores ambientais e geográficos e, principalmente, condições climáticas (HAMMOND et al., 2005).

Cruz et al. (2010) em estudo realizado quanto aos efeitos da época de semeadura sobre a composição química e produtividade de grãos de cultivares no oeste da Bahia, identificaram que os teores de óleo tendem a reduzir quando as cultivares são semeadas na época preferencial para a região.

Barbosa et al. (2011), em estudo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura, no centro sul do Tocantins, verificaram que temperaturas mais altas e menores médias de precipitação, durante a fase de enchimento de grãos, favoreceram o acúmulo de óleo nos grãos.

Tal fato também foi observado por Pípolo (2002) e Rangel et al.(2004) cujos estudos demonstraram que os teores de óleo e proteína dos grãos de soja, apesar de regidos geneticamente são fortemente influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos.

Faraco et al (1982) identificaram que temperaturas mais altas associadas a menores precipitações 20-30 e 30-40 dias antes da maturação dos grãos da soja, ocorre maior acúmulo de óleo com relação a outros períodos.

Robinson et al. (2009) em estudo realizado em Indiana EUA, observaram que a data da semeadura interfere na composição dos grãos, concluindo que naquela região, semeaduras tardias resultaram em maiores teores de proteína e menores produtividades.

De acordo a Albrecht et al. (2008), as temperaturas mais altas e baixa incidência de precipitação no período de enchimento de grãos podem ocasionar alterações na biossíntese de óleo, levando a diferentes comportamentos entre as cultivares.

De acordo a Marcos Filho (2005), há correlação negativa entre o teor de óleo e de proteína. A concentração da proteína e óleo sofrem alterações nos estádios R<sub>5</sub> a R<sub>6</sub> ou seja, ocorrendo aumentos na concentração de óleo em detrimento da proteína, quando ocorrem altas temperaturas nestes estádios, (YAKLICH, 2002).

### **O Potássio na cultura da soja**

O equilíbrio nutricional proporciona às plantas melhores condições de produção tanto de sementes, com melhor qualidade e resistentes às adversidades que podem surgir durante o período de produção (MARCOS FILHO, 2005).

A disponibilidade de macro nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio influem na boa formação do embrião, do órgão de reserva e do tecido protetor, bem como na sua composição química e qualidade fisiológica (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

O potássio (K) é um dos macro nutrientes mais exigidos na maioria das culturas. Dentre os três elementos Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), as necessidades de K são maiores que as de fósforo (P). Entretanto, as respostas à adubação potássica não são tão frequentes quanto àquelas obtidas mediante o uso de nitrogênio e do fósforo. Tal fato se explica basicamente por três razões: a) a quantidade de K presente na planta é alta, porém a quantidade exportada com a colheita é relativamente pequena; b) o N e P limitam mais a produção por estarem em proporções menores do solo. Assim, o efeito do K pode ser identificado plenamente quando as necessidades daqueles macro nutrientes estiveram

atendidas; c) acidez do solo, que impede a adsorção do K levando-o a lixiviação (MALAVOLTA, 1989).

A maior parcela de K é absorvida pela planta no período vegetativo, tendo como principal papel a ativação das funções enzimáticas e a manutenção da turbidez das células. Pelo fato de ser extremamente móvel na planta, o K pode ser transportado a longas distâncias, suprindo preferencialmente órgãos de plantas, tecidos meristemáticos e frutos novos, podendo também ser distribuído pelas folhas velhas às folhas novas (RAIJ, 1991).

A deficiência de K na soja pode ser observada pela retenção foliar, formação de frutos partenocárpicos, hastes verdes, folhas mais velhas com as margens e pontas escurecidas e dilaceradas, às vezes com cor de ferrugem (MALAVOLTA, 1989).

Fernandes et al. (1993) trabalhando com um Latossolo-Vermelho (LV), textura média, observaram diferentes capacidades de exploração do K dos solos pelas diferentes cultivares de soja. Os autores citam, ainda, que na maioria dos experimentos com adubação potássica, mesmo em solos com baixos teores trocáveis deste elemento, não obtiveram respostas das plantas. Tal fato pode ser explicado pela grande capacidade que a leguminosa possui em absorver o nutriente do solo e a possibilidade da cultura utilizar-se de formas não trocáveis, que seriam liberadas durante o seu ciclo.

De acordo a Sale e Campbell (1986) em experimento realizado em casa de vegetação, observaram que a aplicação de doses crescentes de K propiciaram aumento no teor de óleo e diminuição no de proteína.

Tanaka et al. (1997), trabalhando com doses crescentes de K em um latossolo vermelho com baixos teores de K solúvel, observaram que doses crescentes de K aplicadas a lanço, resultaram em efeito positivo dos teores de óleo e peso de 100 sementes e redução dos teores de proteína.

Em estudos realizados por Pedroso Neto e Rezende (2005) em Uberaba e Lavras, com objetivo de verificar o efeito de doses e modos de aplicação de K sobre a produtividade e qualidade de semente de soja, foi observado em um dos ensaios efeito significativo da adubação com K em cobertura. A aplicação de K, independente das doses ou dos modos, influenciou na produtividade de grãos e no vigor das sementes, mas não nos teores de proteína e óleo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido no Centro Agrotecnológico da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Palmas - TO, (220 m de altitude, 10°45' S e 47°14' W). O clima de Palmas, segundo a classificação de Köppen, é do tipo clima tropical, com períodos de chuva intensa no verão e períodos de estiagem total no inverno. A estação das chuvas é bem definida, ocorrendo entre os meses de outubro a março. A temperatura média anual é de 26°C, com 250 mm de precipitação e umidade relativa do ar de 86%.

Foram realizados, no ano agrícola 2013/14, quatro ensaios de competição de cultivares de soja, sendo dois ensaios instalados em 05/12/2013 e dois em 23/01/2014.

Em cada época de plantio, as cultivares foram semeadas sob condições de alto e baixo potássio (200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectivamente), em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura franco arenosa, relevo plano, bem drenado e sem histórico de cultivo com culturas anuais.

Para a definição de uso das doses de alto e baixo potássio foi realizada a análise físico-química do solo (Tabela 1), que indicou a necessidade de adubação com 120 Kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2013a). Assim, foi estabelecido uma dose abaixo e uma acima da recomendada, ou seja, de 40kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (baixo potássio) e de 200 kg de K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>(alto potássio).

**Tabela 01:** Resultado da análise de solo realizada no ano de 2013.

Mg.dm <sup>-3</sup>		%		Dados Complementares			Análise Textural		
Ph	K	P	M.O.	CTC	S. B %	Argila %	Silte %	Areia %	Classificação
4,1	14,0	1,5	1,2	4,64	26,72	16	5	79	Franco arenoso

Fonte: Laboratório Zoofétil, resultado 014914.

## **Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi de blocos casualizados com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas cultivares M9144RR, BRS33871RR (Sambaíba), TMG1288RR, BRS333RR, P98Y70RR, TMG 1180RR e M8766RR.

As parcelas experimentais foram compostas por quatro fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Na colheita, foram utilizadas as duas fileiras centrais, excetuando-se 0,50m da extremidade de cada uma das mesmas, resultando em uma área útil de parcela de 3,6 m<sup>2</sup>.

## **Cultivo, tratamentos culturais e colheita**

As operações de preparo do solo realizadas foram: correção do solo, aração, gradagem e sulcamento. A correção do solo foi efetuada após análise do solo, utilizando duas toneladas de calcário dolomítico Filler/ha. O preparo do solo foi efetuado 30 dias após a correção e consistiu das operações de aração e gradagem. Em seguida, foi realizado o sulcamento.

A adubação de plantio foi realizada manualmente, sendo utilizado 750 kg/ha de superfosfato simples, que corresponde a aproximadamente 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. No momento do plantio, foi realizado o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*.

A semeadura foi efetuada manualmente com o intuito de se obter 14 plantas por metro linear. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fizeram necessários.

A adubação de cobertura com K<sub>2</sub>O, em cada época de plantio, foi realizada manualmente e parcelada em duas vezes, utilizando a formulação cloreto de potássio. A primeira, utilizando metade das doses de adubação do alto e baixo potássio, respectivamente 100kg de K<sub>2</sub>O/ha e 20Kg de K<sub>2</sub>O/ha, foi realizada aos 15 dias após a emergência das plântulas. A segunda adubação, com a mesma dosagem da primeira, foi realizada aos 30 dias após a emergência.

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R<sub>8</sub> da escala de FEHR *et al.*, (1977).

### **Determinação do teor de óleo e proteína**

Com base na área útil da parcela, foi realizada a correção da umidade para 12%, em seguida foram separadas três amostras contendo 100 gramas dos grãos de cada parcela para determinação dos teores de óleo (%) e proteína dos grãos (%).

Os teores percentuais de proteína, óleo e umidade nas amostras de sementes de soja selecionadas para as análises foram determinados em sementes íntegras, pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR) segundo Chris Heil (2010).

Para cada cultivar foi avaliada a eficiência de uso de potássio, utilizando a metodologia adaptada de Fischer *et al.* 1983, a qual foi obtida pela equação:

$$\text{EUK} = \text{Ya}(-\text{K})/\text{Ya}(+\text{K}) \times \text{Yx}(-\text{K})/\text{Yx}(+\text{K})$$

onde,

Ya(-K) é o teor de óleo ou proteína da cultivar “a” sob baixo K;

Ya(+K) é o teor de óleo ou proteína da cultivar “a” sob alto K,

Yx(-K) é o teor médio óleo ou proteína de todas as cultivares sob baixo K,

Yx(+K) é o teor médio óleo ou proteína de todas as cultivares sob alto K.

Os índices de EUK são utilizados para classificar as cultivares como eficientes (índice acima da média sob alto e baixo potássio) e não eficientes (índice abaixo da média sob alto e baixo potássio), uma vez que são utilizadas as médias das cultivares sob alto e baixo potássio.

Foi realizada análise de variância de cada ensaio e, posteriormente, análise conjunta dos ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ e REGAZZI, 2004).

Para o índice de eficiência, foi realizada análise de variância para os teores de óleo e proteína (%), após ser testada a normalidade dos dados pelo teste de

Kolmogorov-Smirnov. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de significância.

Utilizando os quatro ensaios como variáveis no modelo multivariado, foi realizado estudo de divergência genética entre as cultivares para teor de óleo e proteína, onde cada ensaio representou uma variável distinta no modelo. As medidas de dissimilaridade foram determinadas segundo o modelo de análise multivariada, o que permitiu a obtenção da matriz de dissimilaridade, da matriz de covariância residual e das médias das cultivares.

Foi aplicado o método de agrupamento de Tocher proposto por RAO, (1952), utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), como medida de dissimilaridade. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Computacional Genes, versão 2007 (CRUZ, 2007). No modelo estatístico, considerou-se fixo o efeito da cultivar e das épocas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise de variância

A análise de variância conjunta (Tabela 2) apresentou efeito significativo para cultivar. A interação cultivar x ambiente não foi significativa para todas as características. Os coeficientes de variação foram baixos, indicando boa precisão dos experimentos (COSTA et al. 2002).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância conjunta de óleo e proteína de quatro características avaliadas em 07 cultivares de soja na safra 2013/14 em Palmas, Tocantins.

F.V	GL	QM	
		% Óleo	%Proteína
Bloco/amb.	8	0,68	1,27
Cultivar	6	7,86*	18,53*
Ambiente	3	17,81*	33,86*
Cult.x amb.	18	1,01 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>
Erro	48	0,85	1,26
Media		22,03	39,05
CV %		4,18	2,88

ns: não significativo; \* significativo a 5% pelo teste F.

Os dados dos teores de proteína e de óleo apresentaram distribuição normal ( $p > 0,05$ ), segundo Kolmogorov-Smirnov (1933), citado por Lilliefors (1967), dispensando a transformação dos dados para realização da ANOVA.

### Teor de óleo nos grãos

As médias do teor de óleo das cultivares, nas diferentes épocas de plantio e doses de potássio, encontram-se na tabela 3.

**Tabela 3:** Médias de teor de óleo (%) de sete cultivares de soja, em alto e baixo potássio em Palmas, safra 2013/14.

CULTIVAR	ÉPOCA 1 <sup>1/</sup>		ÉPOCA 2 <sup>1/</sup>		MÉDIA
	BAIXO K	ALTO K	BAIXO K	ALTO	
M9144RR	23,4 aA	24,0 aA	21,5 aB	21,7 bB	22,6 a
BRS 33871RR (Sambaíba)	21,7 bA	22,6 aA	20,9 aA	21,2 bA	21,6 b
TMG1288RR	23,0 aA	22,3 aA	20,4 aB	20,7 bB	21,6 b
BRS 333RR	23,4 aA	23,8 aA	21,3 aB	20,5 bB	22,2 a
P98Y70RR	21,4 bA	20,9 bA	19,9 aA	20,0 bA	20,5 b
TMG1180RR	23,0 aA	22,9 aA	22,3 aA	23,3 aA	22,9 a
M8766RR	23,5 aA	23,3 aA	21,7 aB	21,6 bB	22,5 a
<b>MÉDIA</b>	22,8 A	22,8 A	21,1 B	21,3 B	21,98

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

1/ Época 1- Plantio 05/12/2013; Época 2 - Plantio 23/01/2014

Sob baixo potássio, foram formados dois grupos de médias na época 1 (plantio 05/12), onde no grupo com as maiores médias encontram-se 71% das cultivares e no grupo com as menores médias de óleo apenas BRS 33871 (21,7% de óleo) e P98Y70RR (21,4% de óleo). Por outro lado, na época 2 (plantio 23/01), não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares.

Nas épocas 1 e 2, sob alto potássio, houve similaridade quanto ao número de grupos formados, mas não quanto à composição dos grupos. Enquanto na época 1 apenas a cultivar P98Y70 (20,9%) apresentou a menor média, na época 2 apenas TMG 1180RR apresentou a maior média (23,3%).

Não foram detectadas diferenças significativas para cada um das cultivares, dentro de cada época de semeadura, em relação ao teor de óleo.

Esses resultados estão em concordância com Kanthack (1995) em ensaios conduzidos em um latossolo vermelho, textura arenosa, e Pedroso Neto et al.,

2005, em ensaios conduzidos em Lavras e Uberaba-MG, que também não encontraram efeito significativo de doses do K sobre a produção de óleo em sementes de soja.

Por outro lado, Tanaka et al. (1997) e Veiga et al.,(2010), trabalhando com doses crescentes de K verificaram incremento dos teores de óleo dos grãos de soja à medida que a dose de  $K_2O$  foi aumentada.

O estudo entre as épocas de semeadura, independente das doses de K, revelou uma tendência de maior teor de óleo para as cultivares quando semeados na primeira época de plantio. Albrecht et al. (2008); Barbosa et al. (2011), Minuzzi et al. (2009) e Reina et al. (2014), Robinson et al. (2009) e Yaklich, 2002, também observaram alteração no teor de óleo dos grãos de soja em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas de plantio.

### **Teor de proteína nos grãos**

As médias do teor de proteína das cultivares, nas diferentes épocas de plantio e doses de potássio, encontram-se na tabela 4.

Foram formados três grupos de médias na época 1 (plantio 05/12/13) e dois grupos de médias na época 2 (plantio 23/01/14), sob baixo nível de adubação potássica. Em ambas as épocas, P98Y70 apresentou isoladamente a maior média de proteína com, respectivamente 41,9% e 42,7%. Na época 1, ressalta-se, ainda, os altos teores médios obtidos por BRS 33871RR (39,6%) e TMG1180RR (39,1%).

Sob alto potássio, foram formados dois grupos de médias na época 2 (plantio 23/01/14), onde o grupo com a maior média foi constituído apenas por P98Y70RR (42,6%), que também se destacou na época 1 (plantio 05/12/13). Por outro lado, na época 1, não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares.

Dentro de cada época de semeadura, excetuando-se BRS 33871RR e P98Y70RR, que apresentaram maior teor protéico sob baixo potássio na primeira época de plantio, não foram detectadas diferenças significativas para cada uma das cultivares sob alto e baixo potássio.

Esses resultados estão em concordância com os obtidos por Neto et al., 1986 de que o teor de proteína não é influenciado por doses de adubação potássica. Entretanto, divergem dos resultados obtidos por Tanaka et al. (1997) e Veiga et al., 2010, que em trabalhos usando doses crescentes de K, verificaram redução nos teores de proteína dos grãos de soja.

O estudo entre as épocas de plantio, independentemente das doses de potássio e cultivares, revelou que incrementos nos teores de óleo (Tabela 3) estão associados à redução nos teores de proteínas das cultivares (Tabela 4). Esses resultados obtidos condizem com os estudos de Finoto (2008), Tanaka et al. (1997) e Veiga et al., 2010, que verificaram correlação negativa entre os teores de óleo e proteína nos grãos.

**Tabela 4.** Médias de teor de proteína (%) de sete cultivares de soja, em alto e baixo potássio, em Palmas, safra 2013/14.

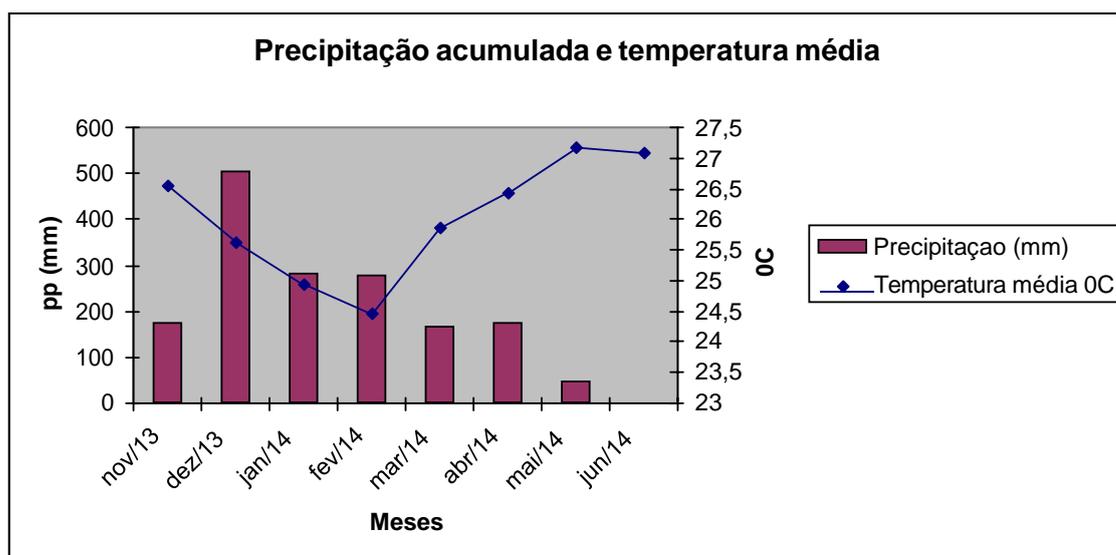
CULTIVAR	ÉPOCA 1 <sup>1/</sup>		ÉPOCA 2 <sup>1/</sup>		MÉDIA
	BAIXO K	ALTO K	BAIXO K	ALTO K	
M 9144 RR	37,6 cB	37,3 aB	39,5 bA	39,5 bA	38,5 b
BRS 33871RR (sambaiba)	39,6 bA	37,6 aB	39,3 bA	40,4 bA	39,2 b
TMG 1288RR	38,3 cB	37,7 aB	40,2 bA	40,7 bA	39,2 b
BRS 333RR	36,2 cB	36,0 aB	39,8 bA	40,0 bA	38,0 b
P 98Y70RR	41,9 aA	39,3 aB	42,7 aA	42,6 aA	41,6 a
TMG 1180RR	39,1 bA	37,2 aA	39,8 bA	37,7 cA	38,2 b
M 8766RR	37,2 cB	36,8 aB	39,7 bA	39,7 bA	38,4 b
<b>MÉDIA</b>	38,5 B	37,4 B	40,0 A	40,1 A	39,0

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

1/ Época I - Plantio 05/12/2013; Época 2 - Plantio 23/01/2014

De modo geral, as sementeiras realizadas na época 2 (23/01/2014) resultaram em maiores teores médios de proteína (Tabela 4) e menor teor de óleo (tabela 3), tanto para alto como baixo potássio. Possivelmente tal fato ocorreu em virtude da ocorrência de maior lixiviação do potássio disponível no solo na fase de enchimento de grãos (R5 - R6) na época 1 em decorrência dos altos índices pluviométricos (Figura 1) que, segundo Sale e Campbell (1986), resulta em estreitamento da relação C/N nos componentes não estruturais da semente.

Esse resultado está em concordância com aquele obtido por Robinson et al. (2009) em Indiana-EUA, que concluíram que a data da sementeira interfere na composição dos grãos, onde em sementeiras tardias há a prevalência da ocorrência de um maior teor de proteína nos grãos de soja, em virtude da prevalência de temperaturas mais altas.



Fonte: Laboratório de climatologia e meteorologia – UFT, 2014.

Figura 2: índices de precipitação e temperatura de nov/2013 a jun/2014.

Em relação à eficiência no uso do potássio, a análise de variância (Tabela 5) revelou efeito significativo de cultivar para o teor de óleo e proteína, indicando a existência de variabilidade genética. O coeficiente de variação foi considerado baixo para as características avaliadas, indicando a boa precisão do experimento.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para o teor de óleo e proteína, em sete cultivares de soja, na safra 2013/14 em Palmas, Tocantins

F.V	GL	QM <sup>1/</sup>	
		% Óleo	% Proteína
Bloco	5	0,004	0,004*
Cultivar	6	0,005*	0,007*
Erro	30	0,002	0,001
Media		0,994	1,028
CV %		5,03	3,24

1/: ns: não significativo; \* significativo a 5% pelo teste F

As cultivares foram divididas em dois grupos quanto à eficiência do uso do potássio para o teor de óleo e proteína (Tabela 6).

O grupo com as maiores médias de eficiência em teor de óleo foi composto por quatro cultivares, quais sejam: BRS 333RR (1,02), P98Y70RR (1,02), TMG 1288RR (1,01), M8766RR (1,01). Para o teor de proteína, o grupo que apresentou maior eficiência do potássio foi composto por TMG 1180RR (1,08) e P98Y70RR (1,06), esta última também eficiente para teor de óleo.

**Tabela 6.** Eficiência de óleo e proteína médio de sete cultivares de soja, em alto e baixo potássio, em Palmas, safra 2013/14.

CULTIVAR	ÓLEO	PROTEINA
M 9144RR	0.97b	1,00b
BRS 33871RR (Sambaíba)	0,94b	1,02b
TMG 1288RR	1,01a	1,00b
BRS 333RR	1,02a	1,00b
P 98Y70RR	1,02a	1,06 <sup>a</sup>
TMG 1180RR	0,96b	1,08 <sup>a</sup>
M8766 RR	1,01a	1,01b
<b>Média</b>	<b>0,99</b>	<b>1,04</b>

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

As medidas de dissimilaridade genética, estimadas a partir da distância de Mahalanobis (Tabela 7), para alto e baixo potássio, em duas épocas diferentes de plantio, apresentaram uma amplitude elevada, variando de 0,61 a 36,43, para óleo (acima da diagonal), e de 0,60 a 135,86, para proteína (abaixo da diagonal).

**Tabela 7.** Dissimilaridade entre cultivares de soja em relação a características teor de óleo (acima da diagonal) e proteína (abaixo da diagonal), com base na distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2_{ii}$ )

CULTIVARES		1	2	3	4	5	6	7
1	M9144RR		5,42	6,65	4,28	22,59	8,23	0,61
2	BRS 33871RR (sambaíba)	8,16		2,18	7,31	7,52	12,78	4,44
3	TMG 1288RR	6,74	1,67		4,99	5,48	19,17	4,93
4	BRS 333RR	3,53	17,33	11,60		16,50	22,70	3,13
5	P 98Y70RR	79,30	42,02	40,60	104,21		36,43	18,72
6	TMG 1180RR	10,50	31,03	32,21	10,24	135,86		9,08
7	M8766RR	0,60	10,56	9,16	1,29	87,07	9,59	

A combinação entre as cultivares M9144RR e M8766RR foi a menos divergente para óleo ( $D^2 = 0,61$ ) e para proteína ( $D^2 = 0,60$ ). Por outro lado, o par TMG1180RR e P98Y70 foi o mais divergente para óleo ( $D^2 = 36,43$ ) e para proteína ( $D^2 = 135,86$ ).

A análise de agrupamento pelo método de Tocher, para teor de óleo, separou as cultivares em três grupos (Tabela 8). O grupo I foi constituído por cinco cultivares, ou seja, 71,42% do total, indicando que os possíveis cruzamentos desses cultivares dentro do grupo diminuem a possibilidade de obtenção de genótipos superiores. As cultivares P 98Y70 RR e TMG 1180RR ficaram isolados um em cada grupo, confirmando as distâncias oriundas nos pares (Tabela 9).

**Tabela 8.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de sete cultivares de soja, para o teor de óleo, em quatro ensaios, na safra 2013/2014.

<b>Grupo</b>	<b>Cultivares</b>
<b>I</b>	M9144 RR; BRS 33871RR (sambaiba); TMG 1288 RR; BRS 333RR; M8766 RR
<b>II</b>	P 98Y70 RR
<b>III</b>	TMG 1180 RR

Para o teor de proteína, o método de Tocher separou as cultivares em dois grupos (tabela 9). No grupo I foram alocadas seis cultivares, perfazendo 85,71% do total. O grupo II foi representado apenas por P98Y70RR, que também ficou em um grupo isolado para teor de óleo (Tabela 8).

**Tabela 9.** Agrupamento pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis de sete cultivares de soja, para o teor proteína em quatro ensaios, na safra 2013/2014.

<b>Grupo</b>	<b>Cultivares</b>
<b>I</b>	M 9144 RR; BRS 33871RR (sambaiba); TMG 1288 RR; BRS 333RR; TMG 1180 RR; M8766 RR
<b>II</b>	P 98Y70 RR

A formação dos grupos é de fundamental importância na escolha dos genitores, pois as novas combinações híbridas a serem estabelecidas devem ser baseadas na magnitude de suas dissimilaridades e no potencial dos genitores (OLIVEIRA, 2003).

Neste sentido, em programas de melhoramento visando a produção de biodiesel, poderão ser utilizados como promissores as hibridações BRS333RR x TMG1180RR e M8766RR x TMG1180RR, uma vez que foram dissimilares para teor de óleo (Tabelas 7 e 8) e apresentaram média elevada para esta característica (Tabela 3). Por outro lado, visando a produção de proteína dos grãos, a hibridação mais indicada é P98Y70 x TMG1180RR (Tabelas 4, 6, 7 e 9).

## CONCLUSÕES

As cultivares que apresentaram melhor desempenho para a produção de óleo e eficientes no uso do potássio foi a M8766RR e BRS333RR, ambas promissoras para produção de biodiesel.

A melhor época de plantio indicada para a produção de óleo foi a época 1, realizada em dezembro.

As hibridações das cultivares BRS333RR x TMG1180RR e M8766RR x TMG1180RR são as mais indicadas para a produção de óleo ou biodiesel.

Para a produção de proteína, a cultivar P98Y70 apresentou melhor desempenho, além de ser eficiente quanto ao uso do potássio. A cultivar é indicada para cultivos com finalidade de produção de proteína para ração animal.

Para a produção de proteína os melhores resultados obtido foi na época 2 de plantio realizada em janeiro.

A hibridação das cultivares P98Y70 x TMG1180RR é promissora para obtenção de população segregante para teor de proteína indicado para os cultivos com interesse na produção de ração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L.P., BRACCINI, A.L., RIZZATTI, M.A., SUZUKI, L.S., SCAPIM, C.A., BARBOSA, M.C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p. 865-873, 2008.

ALLIPRANDINI, L. F. Análise de adaptação e estabilidade de genótipos de soja no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n.8, p.1998.

APOLINÁRIO, F. D. B.; PEREIRA, G. F.; FERREIRA, P. P. Biodiesel e alternativas para a utilização de glicerina resultante do processo de produção de biodiesel. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobrás e IF Fluminense**. Rio de Janeiro, n.1, p 141-146, 2012.

ÁVILA, M. Rizzatti et al. Componentes do Rendimento, Teores de Isoflavonas, Proteínas, Óleo e Qualidade de Sementes de Soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p.111-127, 2007.

BARBOSA, V. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SIQUEIRA, G. B.: Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de bicomustível. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, pág 742-749, 2011.

BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; MESQUITA, T. G. S.; FREITAS, P. L.; CARVALHO, M. C. S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; SCHUAB, S. R. P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 76-86, 2003.

CARVALHO, N. M. NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. FUNEP. Jaboticabal, 2000. 588 p.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira. Grãos. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_10\\_14\\_35\\_09\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf). Acesso em 14 de set. 2014;

COSTA, N. H. de A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

COSTA, J.A. **Cultura da Soja**. Porto Alegre. Evangraf. 1996. 233p.

CRUZ, T. V., PEIXOTO, C. P., MARTINS, M. C., LEDO, C. A. S. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e a produtividade de grãos de diversas cultivares de soja no oeste da Bahia. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.11, n.1, p.033-042, Jan/Feb. 2010.

CRUZ, C.D. **Programa GENES**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2007.

CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2004, 480 p

DALL' AGNOL A. **Soja: o fenômeno brasileiro**. EMBRAPA, Londrina, 2008.

EMBRAPA SOJA. **Soja: Resultados de Pesquisa 2012/2013**. 2013. Disponível em: [https://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do145.pdf](https://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do145.pdf) acesso em 26 de agosto de 2014.

EMBRAPA SOJA, **Tecnologia de produção de soja – Região central do Brasil**. Londrina, Sistemas de Produção, n16, 2013a, 268p.

EMBRAPA SOJA, **Ecofisiologia da soja**. Londrina, 2007. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/circtec48.pdf>. Acesso em 12 de set. de 2014.

FARACO, M.H.; MORAES, R.M.; TEIXEIRA, J.P.F.; SILVA, M.T.R.; MASCARENHAS, H.A.A. Influência de anos agrícolas sobre a composição e acúmulo de óleo em grãos de soja CV Santa Rosa. In: **Seminário Nacional de Pesquisa de Soja**. 2., Brasília, 1981. Anais. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1982. v. 1, p.544-553.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.. Química de alimentos de Fennema. 4ª Ed, Porto Alegre: Artmed, 2010.

FERNANDES, D.M.; ROSSETO, C.A.; ISHIMURA, I; ROSELEM C.A. Nutrição da soja e formas de K no solo em função de cultivares e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p. 405-410, set./dez. 1993.

FISCHER, K. S.; JOHNSON, E. C.; EDMEADS, G. O. **Breeding and selection for drought in tropical maize**. Mexico: CIMMYT, 1983.

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

FINOTO, E.L. Variabilidade fenotípica dos teores de óleo e proteína de cultivares de soja em diferentes ambientes. 2008. 116p. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, T.D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v.6, p.269-279, 2004.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1549-1561, 2008.

GOLDFLUS, F. Ingredientes derivados do processamento da soja aplicados na nutrição animal. In: **simpósio sobre o manejo e nutrição de aves e suínos e tecnologia de produção de rações**. Campinas, SP. Anais, Campinas: CBNA, 200, p. 97-188.

GREEN, D.E.W; PINNELL, EL.; CAVANAHA, L.E. & WILLIAMS, L.F. Effect of planting date and maturity date on soybean seed quality. **Agronomy Journal**. Madison, v.57, p. 165- 168. 1965.

GUNSTONE, Frank D.. Vegetable Oils. In: SHAHIDI, Fereidoon. Bailey's Industrial Oil & Fat Products: Edible Oil & Fat Products Chemistry, Properties & Health Effects. 6. ed. New Jersey: **Wiley Interscience**, 2005. v.1. Cap. 6, p. 213-268.

HAMMOND, E.G.; JOHNSON, L.A.; SU, C.; WANG, T.; WHITE, P.J. Soybean Oil. In: SHAHIDI, F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Edible Oils. 6.ed. v.2. Cap. 13. EUA: **Wiley-interscience**, 2005.

HEIL, C. Rapid, Multi-Component Analysis of Soybeans by FT-NIR Spectroscopy. Madison: **Thermo Fisher Scientific**, 2010. 3 p. (Application note: 51954). Disponível em: [http://www.acm2.com/prilोजना/Soybeans/Soybean\\_Analysis.pdf](http://www.acm2.com/prilोजना/Soybeans/Soybean_Analysis.pdf). Acesso em 14 de out. 2014.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p.

KANTHACK, R.A.D. Efeito de doses e modo de aplicação de potássio em características agronômicas de soja. 1995. 118p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LANNA, A. C.; JOSE, I. C.; OLIVEIRA, M. G. de A.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Effect of temperature on polyunsaturated fatty acid accumulation in soybean seeds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, PR, Brazil: Brazilian Society of Plant Physiology, v. 17, n. 2, p. 213-222, 2005.

LIMA, G. J.M.M. Importância da qualidade nutricional da soja e seus subprodutos no mercado de rações: situação atual e perspectivas futuras. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. Londrina, PR. Anais. Londrina: Embrapa Soja. 1999, p.165-175.

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, p. 399-402, 1967.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo, Ed Ceres 5ª edição, 1989. 292p;

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p;

MARTINS, C. ANDRADE, P.P. produção de biodiesel no brasil: estratégia de sustentabilidade social, econômica e ambiental. **Sustainable Business International Journal**, n.40, jul/2014.

MEYER, Daniel Derrossi. **Avaliação da biodegradabilidade de misturas de diesel e de biodiesel (B0, B20 e B100) em dois solos com diferentes granulometrias**. 146 f. Dissertação (Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) UFRGS, Porto Alegre, 2011.

MINUZZI, A. et al. Rendimento de teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 04, p. 80-93, 2009.

MONTEIRO, M. A. N. A.; MUÑOZ, R. A. A. Método voltamétrico para determinação de cobre em biodiesel após extração em banho de ultrassom. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/8122>. Acesso em 14 de out. 2014

MORAES, L. M. F. et al. Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 5, 2008.

OLIVEIRA, F. J. de; ANUNCIÇÃO FILHO, C. J.; BASTOS, G. Q.; REIS, O. V. Divergência genética entre cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.605-611, 2003.

PELUZIO, J.M; JUNIOR, D.A; FRANCISCO, E.R; FIDELIS, R..R; RICHTER, L.H.M; RICHTER, C.A.M; BARBOSA, V.S. Comportamento de cultivares de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.21, n.3 , p. 113-118, 2005.

PELUZIO, J. M., FIDELIS, R. R., ALMEIDA JUNIOR, D., BARBOSA, V. S., RICHTER, L. H. M., AFERRI, F. S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do Estado de Tocantins. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 69-74, 2006.

PELUZIO, J. M.; LOPES, L. A.; CARVALHO, E. V.; AFERRI, F. S.; DOTTO, M. A. Características agrônômicas e divergência genética de cultivares de soja para percentagem de óleo nas sementes. **Ciências Agrárias**, v.57, n.1 p1-8, 2014.

PEDROSO NETO, J. C. REZENDE, P. M. doses e modos de aplicação de potássio na produtividade de grãos e qualidade de semente de soja (*Glycine max*(L), Merrill). **FAZU em Revista**, Uberaba, n.2, p.27-36, 2005.

PELCZAR JR, M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R.; EDWARDS, D. D.; PELCZAR, M. F.. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2ª ed., São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S.. Tecnologia de alimentos. Porto Alegre: **Artmed**, 2005.

PETTIGREW. W.T. Potassium Influences on Yield and Quality Production for Maize, Wheat. Soybean and Cotton. **Physiologic Plantarum**, 2008, 133:670-681.

PETTER, F. A. ALVES, A. U.; SILVA, J. A.; CARDOSO, E. A.; ALIXANDRE, T. F.; ALMEIDA, F. A.; PACHECO, L. P. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 1, p. 89-100, 2014.

PIAIA, F. L.; REZENDE, P. M.; FURTINI NETO, A. E.; FERNANDES, L. A.; CORRÊA, J. B. Eficiência da adubação fosfatada com diferentes fontes e saturação por bases na cultura da soja [*Glycine max* (L) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 488-499, 2002.

PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja** (*Glycine max* (L.) Merril). (Tese) Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002, p.128.

PINHEIRO, C.; ANTÓNIO, C.; ORTUÑO, M.F.; DOBREV, P.I.; HARTUNG, W.; THOMAS-OATES, J.; RICARDO, C.P.; VANKOVÁ, R.; CHAVES, M.M.; WILSON, J.C. Initial water deficit effects on *Lupinus albus* photosynthetic performance, carbon metabolism, and hormonal balance: metabolic reorganization prior to early stress responses. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.4965-4974, 2011.

PROBST, A.H. & JUDD, R.W. 1973. Origin, U.S. history and development and world distribution. In: CALDWELL, B.E. (ed.). **Soybean: improvement, production and uses**. *Agronomy* 16: 01-15.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RANGEL, M.A.S.; CAVALHEIRO, L.R.; CAVICHIOILLI, D.; CARDOSO, P.C. Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul, safra 2002/2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento nº 17**), p 30, 2004.

RAO, C.R. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Willey, 1952, 390 p

REINA, R.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P.; SIEBENEICHLER, S. C.; Genetic divergence and phosphorus use efficiency in the soybean with a view to biodiesel production. **Revista Ciências Agronomicas**, vol.45 n.2. Fortaleza, 2014

RENGEL Z., DAMON, P. M.; **Physiologia Plantarum**: Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. Volume 133, Issue 4, pag. 624–636, 2008.

RHEINHEIMER, D. S.; SILVA, L. S.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; PELLEGRINI, J. B. R. Desafios da fertilidade do solo: modelo e interdisciplinaridade. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa, v. 32, p. 28-36, 2007;

ROCHA, M. M. et al. Magnitude da interação genótipos x ambientes para caráter teor de óleo em linhagens de soja . **Revista Brasileira Ol. Fibros**. Campina Grande, v.6, n.3, p.617-625, 2002.

ROBINSON, A.P.; CONLEY, S.P.; VOLENEC, J.J.; SANTINI, J.B. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, p.131-139, 2009;

SALE, P.W.G.; CAMPBELL, L.C. Yield and composition of soybean seed as function of potassium supply. **Plant and Soil**, Dordrichti, v.96, n.3, p. 317-325, 1986.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1. ed. Londrina, PR: Mecenias, 2009, v. 1. 314 p.

SEDIYAMA, T., PEREIRA, M.G. & SEDIYAMA, C.S. **Cultura da soja**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985. 95p. (Boletim, 212)

SEDIYAMA, T., TEIXEIRA, R.C. & REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV.1999. 808p.

SEDIYAMA, A.F.; CASTRO JÚNIOR, L.G.; CALEGARIO, C.L.L.; SIQUEIRA, P.H.L. Análise da estrutura, conduta e desempenho da indústria processadora de soja no Brasil no período de 2003 a 2010. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51,n. 1, p. 161-182, 2013.

SGARBIERI, V. C.. **Proteínas em alimentos proteicos: propriedades, degradações, modificações**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F; ANDRADE, L. H. L. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e

aplicação de micronutrientes. **Ciência e agrotecnologia**. v. 33, n. 6, p. 1586-1593, 2009.

STEVEN, W. R., How A Soybean Plant Develops. **Special Report, nº 53**. Iowa State University of Science and a Technology Cooperative Extension Service Ames, Iowa, July, 1985.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Trad.: SANTARÉM, E.R. **Fisiologia vegetal**.3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 613p

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A., MURUOKA, T.; GALLO, P.B. Changes in soybean quality resulting from applications of lime and potassium fertilizer. **Plant nutrition**, p. 943-944. 1997.

TEIXEIRA, R. C.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, H. A.; FINOTO, E. L.; **Proteína da soja**. In: SEDIYAMA, T. (ed). A soja BCRSM em Cristalina, "A pesquisa aumentando a produtividade". Cristalina – GO, Editora Gráfica Universitária, p.51-55, 2005.

VERNETTI, F.J. **Soja genética e melhoramento**. Fundação Cargill, Campinas 1983. 990p.

VIEIRA, R. D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R. F.; SEDIYAMA, C. S.; THIEBAUT, J. T. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ceres**, v.30, p.408-418, 1983.

UBRABRIO. União Brasileira do Biodiesel. O biodiesel e sua contribuição no desenvolvimento brasileiro. Disponível em: <http://www.ubrablo.com.br/sites/1700/1729/00000201.pdf>. Acesso em 15 de out. 2014.

USDA United States Department of Agriculture. Economic Research Service Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/ocs-oil-crops-outlook/ocs-14h.aspx#.VBSFGldAc1I>. Acessado em 14 de setembro de 2014;

VEIGA, A.D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, vol. 34 n.4, p953-960, jul./ago.2010.

VENTUROSO L., R.; BERGAMIN A., C.; VALADÃO JÚNIOR D., D.; LIMA W., A.; OLIVEIRA W., B.; SCHLINDWEIN J., A.; CARONS B., O.; SCHMIDT D. Avaliação de duas cultivares de soja sob diferentes doses de potássio, no município de Rolim de Moura, RO. **Agrarian**, v.2, n.4, p.17-29, 2009.

YAKLICH, R.W.; VINYARD, B.; CAMP, M.; DOUGLASS, S.. Analysis of seed protein and oil from soybean Northern and Southern region uniform tests. **Crop Science**, Madison, v.42 , 2002, p.1504-1515, 2002.