

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO - PR

**INFLUÊNCIA DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO E DE CULTIVARES
NOS TEORES DE ÓLEO E PROTEÍNA EM SOJA**

DISSERTAÇÃO

EVERTON IVAN MAKUCH

GUARAPUAVA - PR

2017

EVERTON IVAN MAKUCH

**INFLUÊNCIA DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO E DE CULTIVARES NOS
TEORES DE ÓLEO E PROTEÍNA EM SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Jackson Kawakami - UNICENTRO

Orientador

GUARAPUAVA - PR

2017

EVERTON IVAN MAKUCH

**INFLUÊNCIA DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO E DE CULTIVARES NOS
TEORES DE ÓLEO E PROTEÍNA EM SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 28 de julho de 2017

Dr. Antônio Eduardo Pípolo - EMBRAPA SOJA

Prof. Dr. Leandro Rampim - UNICENTRO

Dr. Vitor Spader - FAPA

Coorientador

Prof. Dr. Jackson Kawakami - UNICENTRO

Orientador

GUARAPUAVA

2017

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

M235i Makuch, Everton Ivan
Influência de ambientes de produção e de cultivares nos teores de óleo e proteína em soja / Everton Ivan Makuch. -- Guarapuava, 2017.
xii, 54 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2017

Orientador: Jackson Kawakami
Coorientador: Vitor Spader
Banca examinadora: Jackson Kawakami, Vitor Spader. Antônio Eduardo Pípolo, Leandro Rampim

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. *Glycine max*. 4. Restrição hídrica. 5. Temperatura. 6. Variedade. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

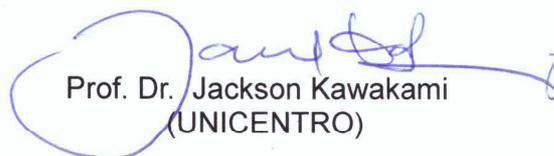
CDD 630

Everton Ivan Makuch

**INFLUÊNCIA DE AMBIENTE DE PRODUÇÃO E DE CULTIVARES NOS TEORES DE
ÓLEO E PROTEÍNA EM SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 28 de julho de 2017.



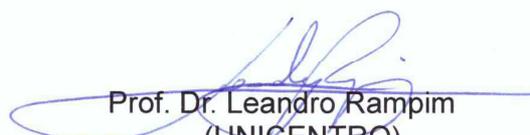
Prof. Dr. Jackson Kawakami
(UNICENTRO)



Dr. Vitor Spader
(AGRÁRIA)



Dr. Antonio Eduardo Pipolo
(EMBRAPA SOJA)



Prof. Dr. Leandro Rampim
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR
2017

AGRADECIMENTOS

A Deus

Ao Prof. Dr. Jackson Kawakami pela orientação, paciência, profissionalismo e amizade dedicados.

Ao pesquisador da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, Dr. Vitor Spader, pela coorientação, paciência e auxílio nas discussões e por ser um grande incentivador e colaborador meu no ingresso ao mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro Oeste, pela oportunidade de realizar este estudo.

Aos professores da Pós-Graduação pela contribuição na minha formação profissional e a todos os colegas de curso, pelo companheirismo, estudos e amizades que tornaram este período melhor e mais gratificante.

Às empresas Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA e Cooperativa Agrária Agroindustrial, que me concederam a oportunidade de realizar esse curso e os recursos necessários para o desenvolvimento dos trabalhos do mestrado.

A todos os funcionários da FAPA, em especial Elison de Paula e João Francisco de Moraes, pelo importante apoio na condução dos experimentos.

À minha família em especial minha esposa Marilize que com paciência entendeu que nessa fase de estudo, muitos finais de semanas foram sacrificados em troca do trabalho.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para essa importante conquista na minha vida profissional.

Sumário

Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	ii
Lista de Quadros	iv
Resumo	v
Abstract	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Composição do óleo de soja.....	5
3.2 Composição da proteína de soja.....	6
3.3 Oferta e demanda mundiais de farelo e óleo de soja.....	7
3.4 Efeitos da restrição hídrica na produtividade e teor de óleo e proteína	8
3.5 Efeitos da temperatura na produtividade e teor de óleo e proteína	10
3.6 Importância do nitrogênio para o teor de proteína	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Experimentos no campo	13
4.1.1 Localização dos experimentos e cultivares.....	13
4.1.2 Delineamento experimental	14
4.1.3 Implantação dos experimentos e tratos culturais	14
4.1.4 Variáveis quantificadas	16
4.2 Experimentos em casa de vegetação	16
4.2.1 Tratamentos	16
4.2.2 Delineamento experimental	16
4.2.3 Implantação e condução do experimento.....	17
4.2.4 Variáveis quantificadas	18
4.3 Análise de proteína e óleo	18
4.3.1 Análise da umidade e material volátil.....	18
4.3.2 Análise do residual de óleo	19
4.3.3 Análise da proteína total	20
4.4 Análise estatística.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Experimento no campo.....	23
5.1.1 Condições climáticas	23

5.1.2	Análise de variância.....	27
5.1.3	Desdobramento das interações.....	28
5.2	Experimento em casa de vegetação.....	38
5.2.1	Condições climáticas	38
5.2.2	Análise de variância.....	39
5.2.3	Desdobramento das interações.....	40
6.	CONCLUSÕES.....	46
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	49

Lista de Tabelas

Tabela 1. Características da soja recebida pela indústria de óleo da Cooperativa Agrária Agroindustrial, nas últimas 5 safras.	4
Tabela 2. Evolução da produção de farelo de soja no mundo (mil t).	7
Tabela 3. Evolução da produção de óleo de soja no mundo (mil t).	8
Tabela 4. Resultado das análises de solo de cada talhão/safra onde foram conduzidos os experimentos. Safra 2015/16 e 2016/17.	15
Tabela 5. Resultado da análise do talhão onde foi coletado o solo para realização dos experimentos em vasos. Safra 2015/16 e 2016/17.	17
Tabela 6. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Entre Rios nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.	24
Tabela 7. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Cândói nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.	25
Tabela 8. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Pinhão nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.	26
Tabela 9. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Roncador nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.	27
Tabela 10. Resumo da análise de variância do rendimento (kg ha^{-1}), teor de óleo (%), teor de proteína (%) em base seca, rendimento de óleo (kg ha^{-1}) e rendimento de proteína (kg ha^{-1}) de experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.	28
Tabela 11. Dados de temperatura e volume de água fornecido pela irrigação durante o ciclo de desenvolvimento da soja nos ensaios em casas de vegetação, nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.	39
Tabela 12. Resumo da análise de variância do rendimento (kg ha^{-1}), teor de óleo (%), teor de proteína (%) em base seca, rendimento de óleo (g planta^{-1}) e rendimento de proteína (g planta^{-1}) de experimentos conduzidos em casa de vegetação nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.	40

Lista de Figuras

Figura 1. Localização dos experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17.	13
Figura 2. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Entre Rios.	23
Figura 3. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Candói.	24
Figura 4. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Pinhão.	25
Figura 5. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Roncador.	26
Figura 6. Rendimento de grãos de soja (kg ha^{-1}) em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	29
Figura 7. Rendimento de grãos de soja (kg ha^{-1}) de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	30
Figura 8. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	31
Figura 9. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	32
Figura 10. Teores de proteína (%) em base seca de quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	33
Figura 11. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas a campo.	34
Figura 12. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	35
Figura 13. Rendimento de óleo (kg ha^{-1}) em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	36
Figura 14. Rendimento de óleo (kg ha^{-1}) de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas a campo.	36
Figura 15. Rendimento de óleo (kg ha^{-1}) de duas cultivares em 4 locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.	37

Figura 16. Rendimento de proteína (kg ha ⁻¹) de quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.....	38
Figura 17. Rendimento de grãos (g planta ⁻¹) de três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas em casa de vegetação.....	41
Figura 18. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.	41
Figura 19. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.	42
Figura 20. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares e três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.....	43
Figura 21. Rendimento de óleo (g planta ⁻¹) de três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.	44
Figura 22. Rendimento de proteína (g planta ⁻¹) de duas safras e três níveis de irrigação conduzidos em casa de vegetação.	45

Lista de Quadros

Quadro 1. Tratos culturais realizados nos experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17. 15

Quadro 2. Tratos culturais realizados nos experimentos conduzidos em casa de vegetação nas safras 2015/16 e 2016/17. 18

Resumo

Everton Ivan Makuch. Influência de ambientes de produção e de cultivares nos teores de óleo e proteína em soja

O aumento dos teores de óleo e proteína é um anseio da indústria que processa grãos de soja. O conhecimento da adaptação de cultivares a ambientes distintos é importante para se atingir altos rendimentos de grãos, óleo e proteína. O objetivo deste estudo foi testar a influência de ambientes de produção e de cultivares de soja nos teores de óleo e proteína. Foram avaliadas duas cultivares de soja a campo e em casa de vegetação nas safras 2015/16 e 2016/17: BMX Apolo e TMG 7262. Foram conduzidos quatro experimentos a campo em Guarapuava, Cândói, Pinhão e Roncador, no Estado do Paraná. O delineamento experimental a campo foi de blocos ao acaso com três repetições em esquema de parcelas subdivididas em que os locais (municípios) e as safras foram alocados na parcela e as cultivares na sub-parcela. Já em casa de vegetação foi de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida em que as cultivares e as safras foram alocados na parcela, e os tratamentos hídricos (testemunha, restrição em R5 e restrição em todo o ciclo) na sub-parcela, com quatro repetições. As avaliações realizadas foram: rendimento de grãos, óleo e proteína e teores de óleo e proteína. O cultivo em locais mais quentes resultou em maior teor de óleo, porém locais mais frios resultaram em maior teor de proteína. A cultivar BMX Apolo obteve maior teor de proteína e a cultivar TMG 7262 maior teor de óleo, na maior parte dos tratamentos. Nesse estudo a temperatura foi fator mais importante do que a disponibilidade hídrica, sendo que os tratamentos com restrição hídrica não afetaram os teores de proteína. O rendimento de óleo e de proteína são altamente influenciados pelo rendimento de grãos.

Palavras chave: *Glycine max*, restrição hídrica, temperatura, variedade.

Abstract

Everton Ivan Makuch. Influence of production environments and cultivars on oil and protein contents in soybean

Increased oil and protein content is a yearning for the industry that process soybeans' grain. The knowledge of the adaptation of cultivars to distinct environments is important to reach high yields of grain, oil and protein. The objective of this study was to test the influence of production environment and soybean cultivars on oil and protein contents. Two soybean cultivars were evaluated in the field and in the greenhouse in the 2015/16 and 2016/17 crops: BMX Apolo and TMG 7262. Four field experiments were conducted in Guarapuava, Cândói, Pinhão and Roncador, in the State of Paraná. The experimental design was a randomized complete block design with three replications in split-plot scheme in which the sites (municipalities) and crop seasons were allocated in the main plot and the cultivars in the subplot. In the greenhouse, it was a randomized block design in a split plot scheme in which the cultivars and crop seasons were allocated in the main plot, and the water treatments (control, restriction in R5 and restriction in the whole cycle) in the subplot, with four replicates. The evaluations were: yield of grains, oil and protein and oil and protein contents. Cultivation in warmer locations resulted in higher oil content, but colder locations resulted in higher protein content. The cultivar BMX Apolo obtained higher protein content and cultivar TMG 7262 higher oil content in most treatments. In this study the temperature was a more important factor than the water availability, and the treatments with water restriction did not affect the protein contents. The oil and protein yields are highly influenced by grain yield.

Keywords: *Glycine max*, temperature, variety, water restriction.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a posição de segundo maior produtor mundial de soja, sendo que na safra 2015/16 superou os 95 milhões de toneladas em uma área de 33,2 milhões de hectares (CONAB, 2017). A projeção para a safra 2016/17 é de 107,6 milhões de toneladas, com incremento de área de 1,9%. Além disso, a expectativa é de se alcançar alta produtividade, chegando a patamar acima de 3.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

A soja desperta grande interesse devido ao seu alto teor de proteína (40%) e de óleo (20%), além de sua alta capacidade de produção (VELLO; SILVA, 2006). Além do grão, a soja é utilizada como matéria prima na indústria para produzir vários produtos, como tintas, lubrificante, solventes, plásticos e resinas (ERHAN, 2005). Além do uso na indústria, recentemente a soja tem sido uma das principais matérias primas para a produção de biodiesel no país (ANP, 2016); fato que também vem ocorrendo nos EUA (BIODIESEL, 2015). A soja tanto no Brasil quanto no exterior tem sido explorada de várias formas, principalmente na indústria esmagadora que produz óleo e farelo (MANDARINO et al., 2001). O farelo de soja é rico em proteína, sendo muito utilizado na fabricação de ração sendo esse o principal emprego econômico da soja. Já o óleo é utilizado como matéria prima para produção de óleo refinado, gorduras hidrogenadas, margarinas, entre outros produtos.

A composição química da soja é determinada geneticamente (SOUZA et al., 2009), porém, sofre influência das condições climáticas do local em que as plantas crescem (ALBRECHT et al., 2008; BARBOSA et al., 2011). O melhoramento genético tem propiciado acréscimo da produtividade da soja, entretanto, cultivares com maiores potenciais produtivos possuem maior sensibilidade às variações do ambiente de cultivo e são mais exigentes em nutrientes, água, temperatura adequada, condições físicas de solo, entre outros fatores. Além disso, a remuneração da soja é feita sobre a massa de grãos produzida, os teores de óleo e proteína não são considerados no momento da comercialização. Dessa forma, o melhoramento genético da soja priorizou ao longo do tempo o aumento da produtividade em detrimento da qualidade dos grãos.

Não está totalmente esclarecido como as variáveis climáticas influenciam os teores de óleo e proteína nos grãos de soja. Para a indústria que necessita de uma matéria prima de qualidade, essa suposta interferência climática se torna um problema, pois os teores de óleo e proteína desejados nem sempre são alcançados.

Portanto é importante aumentar o conhecimento sobre a influência do ambiente e da cultivar nos teores de óleo e proteína dos grãos de soja produzidos. Tal informação poderá servir para diminuir a variação dos teores desses elementos, aumentando a qualidade da matéria prima utilizada pela indústria.

2. OBJETIVOS

Verificar a influência dos ambientes de produção e de cultivares nos teores de óleo e proteína da soja.

2.1 Objetivos específicos

Testar se o cultivo de soja em municípios localizados em altitudes diferentes e, portanto, com temperaturas diferentes, afeta os teores de óleo e proteína.

Avaliar duas cultivares de soja amplamente semeadas e de grupos de maturação diferentes quanto aos teores de óleo e proteína e sua qualidade para a indústria.

Testar se a restrição hídrica afeta os teores de óleo e proteína de duas cultivares de soja.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A Embrapa Soja possui um banco de germoplasma de 16.472 acessos, e dentre esses acessos a concentração de proteína dos grãos de soja varia de 31,7 a 57,9%, enquanto a concentração de óleo varia de 8,0 a 25,4%, a média é de 44,3 e 17,9%, respectivamente, em base seca. Segundo Perkins, (1995) a soja apresenta em média 40% de proteína, 20% de óleo, 34% de carboidratos e 5% de cinzas na base seca.

Dados coletados no Brasil, mais recentemente, têm evidenciado que os teores de proteína de soja têm baixado e os teores de óleo têm aumentado. No trabalho feito pela Embrapa Soja na safra 2014/15 em diversos municípios de nove estados brasileiros revelou os seguintes dados: A média de proteína (em base seca) é de 36,22% no Rio Grande do Sul; de 37,23% em Santa Catarina; de 36,29% no Paraná; de 36,46% em Mato Grosso do Sul; de 35,47% em São Paulo; de 35,83% em Minas Gerais, de 35,56% em Goiás, de 35,63% em Mato Grosso e de 36,13% na Bahia (PORTAL EMBRAPA, 2015).

Os decréscimos nos valores de proteína também podem ser observados na qualidade dos grãos recebidos pela indústria de óleo da Cooperativa Agrária Agroindustrial em Guarapuava – PR (Tabela 1).

Tabela 1. Características da soja recebida pela indústria de óleo da Cooperativa Agrária Agroindustrial, nas últimas 5 safras.

	Safras				
	2013	2014	2015	2016	2017
Umidade (%)	12,38	12,68	13,13	12,89	13,69
Óleo (base 14%)	27,31	20,22	20,39	20,62	20,86
Proteína (base 14%)	34,07	34,01	33,66	33,24	32,15
Impurezas (%)	0,70	0,83	0,77	0,75	0,70
Verde/Esverdeados (%)	0,06	0,16	0,05	0,00	0,05
Grãos quebrados (%)	13,48	12,24	11,83	12,43	10,90
Avariados + Ardidos (%)	3,74	3,64	3,52	4,19	3,40

Fonte: Laboratório da Indústria de óleo da Cooperativa Agrária Agroindustrial (2017).

As empresas de melhoramento pouco têm feito para melhorar os teores de óleo e proteína dos grãos de soja. Pois o interesse comercial é por genótipos mais produtivos e resistentes a pragas e doenças. Além disso, o produtor comercializa a soja e recebe pela quantidade que produz, não há incentivo pelo pagamento diferenciado sobre teores de óleo e proteína (PIPOLO et al., 2015).

A correlação genética entre proteína e produtividade é frequentemente baixa e negativa (HELMS; ORF, 1998), porém a produtividade é positivamente correlacionada com o teor de óleo (WILCOX; GOUNDONG, 1997).

Chung et al. (2013) examinaram as correlações negativas entre proteína e óleo e proteína e produtividade por meio de QTL. Esses autores observaram que o aumento no teor de proteína está associado com a diminuição do teor de óleo e da produtividade. A concentração de proteína no grão de soja é constante durante a maior parte do desenvolvimento, entretanto, a síntese das proteínas de reserva varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura (YAZDI-SAMADI et al., 1977; WILSON, 1987).

Já a concentração de óleo aumenta desde o início do desenvolvimento do grão e alcança o máximo antes da maturação fisiológica quando o grão atinge sua maior massa seca (YAZDI-SAMADI et al., 1977).

Para obter a classificação da qualidade do farelo exportado, três categorias são utilizadas conforme os teores de proteína existentes. O farelo classificado como “HyPro” possui teores de proteína acima de 48%, o farelo considerado “Normal” possui até 46% de proteína e o “Low Pro” possui teores abaixo de 43,5% (MORAES et al., 2006). Para atingir o índice classificado como Normal e HyPro, a soja deve conter acima de 41,5 e 43% de proteína nas sementes, respectivamente, com base na matéria seca. Ultimamente as indústrias estão encontrando dificuldade para atingir esses índices, tendo que apelar para recursos, como por exemplo, a retirada do tegumento da soja, o qual apresenta menor concentração de proteína fazendo com que o custo de produção se eleve obtendo deságio do produto no mercado (HUNGRIA et al., 2000; PIPOLO, 2002).

Como os teores de óleo e proteína são governados geneticamente, mas com forte influência ambiental é de fundamental importância à caracterização dos ambientes produtivos quanto a sua contribuição no aumento dos teores de óleo e proteína da soja.

3.1 Composição do óleo de soja

Com o aumento da população mundial, a perspectiva de aumento de consumo do óleo de soja é grande. Dessa forma obter cultivares com maior produtividade e qualidade de óleo se torna muito importante para suprir a demanda crescente da população.

Os óleos vegetais basicamente são constituídos por ácidos graxos. Podem conter

cadeias de 8 a 24 átomos de carbono com ligações duplas e triplas. Existem variações no tamanho da cadeia e no grau de insaturações desses ácidos devido à variabilidade de espécies (COSTA NETO et al., 2000). Em média, a composição do óleo de soja comercial é de 10,8% de ácido palmítico, 3,3% de ácido esteárico, 21,5% de ácido oleico, 55,1% de ácido linoleico e 4,8% de ácido linolênico (SANIBAL; MANCINI FILHO, 2004).

Para ser considerado um óleo de qualidade, desejam-se maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados. Esse ácido é responsável pela estabilidade oxidativa do produto; um exemplo é o ácido oleico. Ao contrário dos ácidos monoinsaturados, os ácidos graxos poli-insaturados são responsáveis por oxidar o óleo com maior facilidade acarretando em instabilidade do produto (FEHR, 2007; GRAEF ET AL., 2009).

A redução dos teores de poli-insaturado é outro exemplo de melhoria da qualidade dos grãos, pois esse elemento influencia a vida de prateleira do produto. Reduzir os ácidos graxos saturados também resulta em produto de qualidade, pois esse elemento contribui para aumentar a quantidade de gorduras na dieta humana (BURTON, 1991).

Segundo Hou et al. (2006), um aspecto muito importante que atua na qualidade do óleo em soja é o efeito do genótipo em diversos ambientes. Os autores observaram efeito da interação de genótipos com ambientes para os ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico, linoleico e linolênico.

Outros autores relataram aumento dos teores de ácidos graxos poli-insaturados e redução do teor de ácido oleico em condições de baixas temperaturas (DORNBOS; MULLEN, 1992; WILSON, 2004). Essa relação deve-se principalmente a ação das enzimas desnaturase durante o enchimento dos grãos da soja.

A temperatura apresenta correlação positiva com teor de óleo e negativa com teor de proteína (WILSON, 2004).

3.2 Composição da proteína de soja

A soja possui características de alto teor de proteína de alta qualidade sendo considerada um alimento de alto valor energético (SANTOS et al., 2005; ZARKADAS et al., 2007). A população demanda alternativas de consumo de alimentos mais saudáveis, por isso a indústria vem se esforçando na elaboração de produtos ricos em proteínas.

A proteína da soja possui um bom balanço de aminoácidos essenciais, como a

isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina e triptofano. Em concentrações menores estão presentes a metionina e a cisteína. A soja também é empregada na alimentação animal sendo constituinte da ração por apresentar alto valor nutricional. Dentro do país é um insumo de maior importância para a avicultura (SANTOS et al., 2005). Entretanto, dificuldades são encontradas pela indústria na obtenção de matéria prima com teores de proteína de qualidade. Nos últimos anos o melhoramento trabalhou para aumento das produtividades acarretando em decréscimo nos teores de proteína. Tal fato ocorreu provavelmente devido à correlação negativa do teor de proteína com a produtividade.

3.3 Oferta e demanda mundiais de farelo e óleo de soja

O farelo de soja é uma das principais fontes de proteína para animais, sendo muito utilizada como ração. É obtido a partir da moagem dos grãos de soja, para extração do óleo, que é destinado para consumo humano. Representa um dos ingredientes de maior importância utilizado na alimentação animal. Dividindo o posto de maior exportador de soja com os Estados Unidos (USDA, 2017), o Brasil abastece vários mercados com a sua produção de farelo. O processamento da soja necessita atender a critérios rígidos de produção, estocagem e transporte.

O teor de proteína varia de acordo com a produção. É importante que a qualidade do farelo seja certificada pelo programa *Hazard Analysis & Critical Control Points* (HACCP), que confirma a utilização dos mais rigorosos processos de higienização, obedecendo aos padrões internacionais de segurança alimentar.

A Tabela 2 exibe dados sobre os principais produtores de farelo de soja no mundo.

Tabela 2. Evolução da produção de farelo de soja no mundo (mil t).

País	Produção mundial - mil t					%
	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	
Prod. Mundial	181.919	190.377	208.029	215.969	227.728	100,0
China	51.440	54.531	59.004	64.390	68.508	29,1
Estados Unidos	36.174	36.909	40.880	40.525	40.675	19,1
Argentina	26.089	27.892	30.928	33.211	34.600	14,9
Brasil	27.310	28.540	31.300	30.750	32.120	14,7
União Europeia	9.875	10.586	11.060	12.008	12.008	5,4

Fonte: United States, 2017

China, Estados Unidos, Brasil e Argentina concentram a produção de farelo, sendo responsáveis por 77% da produção total nos últimos 5 anos.

A Tabela 3 exhibe a evolução dos principais produtores de óleo de soja no mundo nos últimos 5 anos. Verifica-se que a produção do referido óleo cresce gradativamente ano após ano. China, Estados Unidos, Argentina e Brasil concentram a produção de óleo, sendo responsáveis por 78,2% da produção total.

Nota-se que enquanto a produção de óleo nos Estados Unidos, Argentina e Brasil apresentaram apenas um pequeno incremento após 5 anos agrícolas, na China houve uma expansão mais elevada, em torno 2,5 vezes comparado a média dos 3 países. Isso pode ser explicado devido à China ser um grande importador de grãos de soja com grande parque moageiro que visa suprir a demanda interna voltada para alimentação humana.

Tabela 3. Evolução da produção de óleo de soja no mundo (mil t).

País	Produção mundial - mil t					%
	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	
Prod. Mundial	43.287	45.246	49.203	51.57	54.272	100,0
China	11.626	12.335	13.347	14.569	15.501	27,7
Estados Unidos	8.990	9.131	9.706	9.956	10.058	19,6
Argentina	6.364	6.785	7.687	8.433	8.710	15,6
Brasil	6.760	7.070	7.760	7.630	7.960	15,3
União Europeia	2.375	2.546	2.660	2.888	2.888	5,5

Fonte: United States, 2017

3.4 Efeitos da restrição hídrica na produtividade e teor de óleo e proteína

A disponibilidade hídrica é considerada como um dos fatores mais importantes para a maximização do potencial de rendimento da soja (COSTA, 1996). A cultura da soja é muito responsiva a balanços hídricos regulares durante o seu desenvolvimento. Aproximadamente 90% do peso da planta de soja são constituídos por água, que atua em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos, além de desempenhar a função de solvente, transportando gases, minerais e outros solutos na planta (FARIAS et al., 2007).

A cultura da soja tem necessidade hídrica variando entre 450-800 mm durante o seu ciclo; a quantidade depende das condições climáticas, manejo e ciclo da cultura (EMBRAPA, 2013). A soja é uma cultura que apresenta alta concentração de proteína nos grãos; esse fato faz com que possua maior necessidade de nitrogênio quando comparando com outras culturas (SINCLAIR; WIT, 1976). O déficit hídrico resulta em alterações fisiológicas na planta,

diminui a taxa de crescimento e conseqüentemente a produtividade. A redução da fixação de nitrogênio no nódulo também ocorre devido ao déficit hídrico contribuindo para decréscimo de produtividade (PURCELL; SPECHT, 2004).

Quando a soja é submetida ao estresse hídrico na fase reprodutiva, ocorre redução do turgor das células, diminuindo a divisão celular. Devido à diminuição de potencial hídrico, ocorre o fechamento dos estômatos para minimizar a perda de água. Em culturas C3 como a soja, ocorre um aumento na atividade oxigenase da Rubisco (fotorrespiração), acarretando diminuição da fotossíntese, reduzindo a taxa de crescimento das plantas e o índice de área foliar, levando ao decréscimo de produtividade (BOARD; KAHLON, 2011).

A cultura ao ser submetida ao estresse hídrico vai obter vagens com poucos grãos, o que influi de forma direta na produtividade. Quanto melhor for o desenvolvimento da cultura, melhor será o enchimento de grãos e o peso de mil grãos, influenciando diretamente na produtividade (LIMA, 2001). Ball et al. (2000) corroboram afirmando que durante a fase reprodutiva, a redução de produtividade devido ao estresse hídrico está relacionada à diminuição na quantidade de vagens e sementes produzidas pela planta. Nogueira et al. (1988) afirmam que o déficit hídrico na fase do enchimento dos grãos resulta na diminuição do tamanho e do peso dos grãos.

O conhecimento das características de cultivares em regiões onde o déficit hídrico é maior é importante para diminuir perdas, pois sabe-se que o melhoramento trabalha para obter genótipos com maior tolerância a falta de água. Nos estudos de Fioreze (2011) o genótipo CD 202 mostrou-se mais eficiente na manutenção do potencial produtivo em condição de déficit hídrico de alta intensidade e curta duração. Tal fato ocorreu devido à manutenção do status hídrico e da área foliar no período de estresse.

Atualmente, o cultivo de soja é bastante tecnificado, os produtores possuem conhecimento do seu cultivo. Entretanto, a disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento ainda causa limitação do potencial de rendimento da cultura, ocasionando maiores variabilidades dos rendimentos obtidos de uma safra para outra. Tal constatação fica evidente com o observado no sul do Brasil na safra 2004/2005. Nessa safra ocorreram perdas de rendimento de grãos no Rio Grande do Sul e no Paraná que atingiram mais de 78 e 23%, respectivamente, quando comparadas à safra 2002/2003, safra em que não se observou problemas de seca (EMBRAPA, 2008).

O déficit hídrico aplicado no estágio vegetativo e reprodutivo afeta positivamente o teor de proteína em diferentes genótipos (PASSOS et al., 2016). Esses autores concluíram que os efeitos do déficit hídrico nos teores de óleo e proteína variaram em função da cultivar.

3.5 Efeitos da temperatura na produtividade e teor de óleo e proteína

A soja é uma espécie com metabolismo C3 de fixação de carbono e seu desenvolvimento é favorecido em temperaturas entre 20-30 °C (HOFSTRA, 1972; HESKETH et al., 1973). A temperatura ideal para o desenvolvimento é de cerca de 30 °C (EMBRAPA, 2013), sendo que em temperaturas superiores a 40 °C ocorre maior abortamento de flores e vagens (EMBRAPA, 2008). Entretanto esse efeito é minimizado, porque a deiscência das anteras ocorre entre 8 e 10 horas da manhã, sendo as horas mais frescas do dia e a germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico são inibidos com temperaturas superiores a 35 °C (SALEM et al., 2007).

O período de maior sensibilidade da soja ao estresse causado por temperatura é no período reprodutivo. O número de sementes é afetado quando o estresse ocorre no florescimento e formação das vagens (R1-R4), e quando ocorre estresse no período que a cultura está enchendo os grãos (R5-R6), ocorre redução da massa de sementes (GIBSON; MULLEN, 1996).

A temperatura e o fotoperíodo têm interferência direta sobre o desenvolvimento das plantas. Essas variáveis climáticas são responsáveis pela definição dos componentes de rendimento que elevam a produtividade da cultura (SEDIYAMA et al., 1982; COSTA, 1996; MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; FARIAS et al., 2007).

Rangel et al. (2004) afirmaram que, assim como com o estresse hídrico, o efeito da temperatura pode explicar as variações na concentração de proteínas, tanto entre locais como entre anos. Em alguns experimentos, a temperatura tem sido interpretada como o fator principal da variação nas concentrações de óleo e proteína (PÍPOLO et al., 2015).

Em estudos conduzidos em casa de vegetação e câmaras de crescimento Wolf et al. (1982) e Gibson e Mullen (1996) constataram que ao aumentar a temperatura de 15 para 25 °C a concentração de proteína se manteve constante ou decresceu. Os resultados de Piper e Boote (1999) mostraram que ao aumentar a temperatura de 14 para 20 °C a concentração de proteína decresceu, porém ocorreu aumento de proteína no momento em que a temperatura

excedeu os 25 °C. Os autores concluem que diferenças nos genótipos explicam mais as variações de proteína do que a diferença de temperatura e que o aumento da concentração de proteína quando a temperatura ultrapassa os 25 °C pode estar relacionada com estresse hídrico. A concentração de proteína é estável entre 18 e 30 °C, mas aumenta significativamente quando a temperatura atinge 33 °C (WOLF et al., 1982). Segundo esses mesmos autores, a concentração de óleo aumenta quando a temperatura se eleva, o maior aumento ocorre entre 24/19 e 27/22 °C (dia / noite).

Com o aumento da temperatura, a concentração de proteína diminui e a de óleo aumenta, sendo que o estresse hídrico faz com que aumente a concentração de proteína e diminua a concentração de óleo (DORNBOS; MULLEN, 1992).

Bellaloui et al. (2009) concluíram que a temperatura influenciou a concentração de óleo ou proteína, dependente da faixa de temperatura sob a qual o grão de soja amadurece. Trabalho realizado por Ren et al. (2009) mostrou que o desenvolvimento de sementes sob um regime de alta temperatura (30/37 °C) aumentou significativamente o teor de óleo e ácido oleico nas sementes.

A variabilidade e as mudanças globais no clima e a composição atmosférica podem e, frequentemente, mudam o comportamento da cultura da soja, apresentando efeito sobre a quantidade e qualidade das sementes colhidas, influenciando na obtenção de óleo, proteínas e carboidratos (BORDIGNON et al., 2006).

A distribuição de chuvas durante o período de enchimento e a disponibilidade de nitrogênio para os grãos são importantes para o melhor entendimento das variações dos teores de proteína e óleo. Pípolo (2002) verificou que a determinação de um padrão geográfico baseado somente nas variações da temperatura não foi suficiente para explicar as alterações na concentração de proteína.

3.6 Importância do nitrogênio para o teor de proteína

A cultura da soja requer uma quantidade elevada de nitrogênio, pois os grãos são ricos em proteínas apresentando um teor médio de 6,5% de N. Dessa maneira para produzir 1000 kg de grãos são necessários 65 kg de N, além de outros 15 kg de N para as folhas e 80 kg de N para caules e raízes (HUNGRIA et al., 2001).

A assimilação do nitrogênio pela cultura se dá através da decomposição da matéria

orgânica do solo e de fertilizantes formando nitrato; outra maneira é através da fixação biológica (FBN), em que o nitrogênio da atmosfera é fixado por bactérias (HUNGRIA et al., 2005; STREETER, 1988; SINCLAIR, 2004).

Em uma revisão feita por Salvagiotti et al. (2008) ao realizar 108 estudos de campo sobre FBN e fertilização com N em soja publicados desde 1966 até 2006, concluiu-se que em média 50 a 60% da demanda de N é suprida pela FBN. Outros autores relatam que em solos bem manejados, 70 a 85% da demanda de N pela cultura da soja é suprida pela FBN (ALVES et al., 2003).

Em condições normais de cultivo, o carbono da fotossíntese e o nitrogênio ficam ligados, sendo que a demanda de carbono pelo grão depende da disponibilidade de nitrogênio (NELSON et al. 1984; VESSEY et al. 1990). A alteração no balanço de suprimento de carbono e nitrogênio afeta a composição do grão e pode explicar as variações nas concentrações de proteína e óleo devido a fatores ambientais (HAYATI et al., 1996). Ao aumentar a disponibilidade de nitrogênio para a cultura, ocorre aumento da capacidade de concentração de proteína no grão (PAEK et al., 1997). Em condição de campo, observa-se variabilidade na concentração de proteína, devido à sensibilidade a suprimento variável de nitrogênio (PIPOLO et al., 2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos no campo e em casa de vegetação.

4.1 Experimentos no campo

O experimento foi implantado em quatro locais (municípios), com duas cultivares e conduzido em duas safras agrícolas (2015/16 e 2016/17).

4.1.1 Localização dos experimentos e cultivares

Os experimentos foram implantados em quatro municípios paranaenses e sua localização pode ser observada na Figura 1.

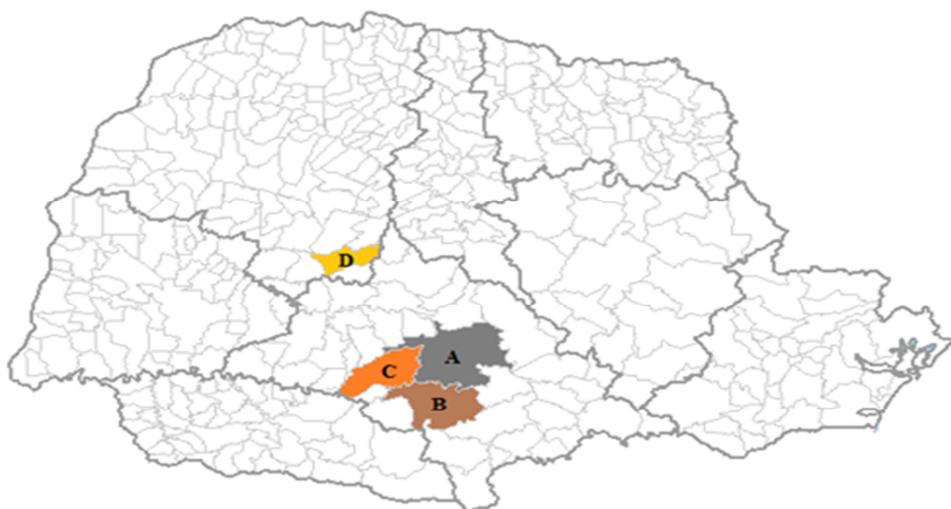


Figura 1. Localização dos experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17. A: Distrito de Entre Rios, Guarapuava - PR na sede da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA (altitude de 1.100 m). B: Pinhão - PR na Fazenda Fundo Grande (altitude de 830 m). C: Cândói - PR na Fazenda Santa Clara (altitude de 950 m). D: Roncador - PR na Fazenda São Luís (altitude de 710 m).

Duas cultivares de ciclos distintos foram testadas nesse trabalho: BMX Apolo RR e TMG 7262 RR. A primeira cultivar foi desenvolvida pela empresa Brasmax, tem tipo de crescimento indeterminado, é indicada para semeaduras nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil (BRASMAX GENÉTICA, 2017) e tem grupo de maturidade 5.5 (ALLIPRANDINI et al., 2009).

A segunda cultivar foi desenvolvida pela Tropical Melhoramento & Genética (TMG),

possui tipo de crescimento semi-determinado, é indicada para semeaduras nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil (TMG, 2016) e tem grupo de maturidade 6.2 (ALLIPRANDINI et al., 2009).

4.1.2 Delineamento experimental

O experimento foi implantado no delineamento em blocos ao acaso com três repetições em esquema de parcela sub-dividida em que os locais e as safras foram alocados na parcela e as cultivares na sub-parcela.

4.1.3 Implantação dos experimentos e tratos culturais

Nos municípios de Guarapuava, Pinhão e Candói os experimentos foram semeados no dia 18 de outubro de 2015 (primeira safra) e 20 de outubro de 2016 (segunda safra). No município de Roncador o experimento foi semeado no dia 03 de outubro de 2015 (primeira safra) e 07 de outubro de 2016 (segunda safra). As parcelas foram semeadas corrigindo a germinação e quebra técnica de 10% e 15 dias após a semeadura foi realizado o desbaste manual das plantas excedentes nas parcelas, ajustando a densidade para 250 mil plantas ha⁻¹.

Todos os experimentos foram conduzidos no sistema de semeadura direta na palha, sendo em todos os locais de condução pré-cultura de aveia preta. A semeadura foi realizada utilizando máquina semeadora de parcelas. As parcelas experimentais foram compostas de quatro linhas espaçadas em 0,40 m entre fileiras e 5,0 m de comprimento totalizando 8,0 m².

Antes da semeadura dos experimentos as sementes receberam tratamento fúngico com carbendazim e tiram na dose de 350 mL 100 kg⁻¹ de semente (Derosal Plus[®]) mais piraclostrobina e tiofanato metílico na dose de 100 mL 100 kg⁻¹ de semente (Standak Top[®]), tratamento com inseticida com fipronil na dose de 100 mL 100 kg⁻¹ de semente (Standak Top[®]), além de polímero na dose de 300 mL 100 kg⁻¹ de semente.

As adubações de base foram realizadas de acordo com as análises de solo, (Tabela 4) sendo aplicado: 200 kg ha⁻¹ em Entre Rios, 230 kg ha⁻¹ em Candói, 170 kg ha⁻¹ em Pinhão e 200 kg ha⁻¹ em Roncador da fórmula 00-25-25.

Tabela 4. Resultado das análises de solo de cada talhão/safra onde foram conduzidos os experimentos. Safra 2015/16 e 2016/17.

Elementos		Entre Rios		Candói		Pinhão		Roncador	
		15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
Fósforo (mg dm ⁻³)	P	9,00	7,80	8,80	9,00	7,04	4,48	4,87	7,05
Potássio (cmol _c dm ⁻³)	K	0,30	0,33	0,39	0,34	0,36	0,39	0,49	0,55
M. O (gdm ⁻³)	MO	52,74	56,83	40,05	54,67	56,23	55,40	48,11	45,97
pH (CaCl ₂)		5,00	5,00	5,60	5,60	5,30	5,31	5,35	5,16
CTC (pH 7,0)	T	15,23	16,87	12,01	15,20	14,19	16,90	10,33	9,67
BASES (V%)	V	52,72	54,00	65,80	54,57	61,74	69,11	60,04	55,58

Fonte: Departamento de assistência técnica Cooperativa Agrária Agroindustrial

Os manejos fitossanitários de plantas daninhas, insetos e doenças foram realizados de acordo com recomendação técnica das áreas de pesquisa correspondentes, utilizando herbicidas, inseticidas e fungicidas atuais de grande espectro de controle conforme descritos no Quadro 1.

Na colheita das parcelas experimentais foram descartados 0,5 m em cada extremidade das parcelas e colhidas as quatro linhas, totalizando uma área útil de 6,4 m². A colheita foi realizada de forma mecanizada com colhedora de parcelas experimental. A umidade dos grãos foi medida com auxílio de determinador de umidade de grãos (modelo GAC 2100, Dickey–John). Foi determinado o rendimento por hectare das parcelas, padronizando as amostras em 13% de umidade utilizando a seguinte fórmula de correção: (100-umidade)/87*peso parcela*10/área útil. Finalmente retirou-se uma amostra de grãos de soja de 100 g de cada tratamento e de cada repetição para enviar ao laboratório onde foram analisados os teores de proteína e óleo.

Quadro 1. Tratos culturais realizados nos experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17.

Status	Estádio	Produto	Dose	Finalidade
Dessecação	*	Zapp Qi [®]	2,0L ha ⁻¹	Limpeza da área
Pré - emergência	*	Boral [®]	0,8L ha ⁻¹	Manejo Plantas Daninhas folhas largas
	*	Dual Gold [®]	1,5L ha ⁻¹	Manejo Plantas Daninhas folhas estreitas
Pós - emergência	V-4	ZappQi [®]	2,0L ha ⁻¹	Manejo Plantas Daninhas em geral
Manejos Fitossanitários				
1ª Aplicação	V-6	Score Flex [®]	0,15L ha ⁻¹	Manejo de Oídio (<i>Macrosphaera difusa</i>)
2ª Aplicação	R-1	Novazin [®]	1,5 L ha ⁻¹	Manejo Sclerotínea (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)
		Sumilex [®]	1,0kg ha ⁻¹	Manejo Sclerotínea (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)
		Orquestra [®]	0,8 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)
		Ampligo [®]	0,1 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)
3ª Aplicação	R-2	Elatus [®]	0,3 kg ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)
		Ampligo [®]	0,1 L ha ⁻¹	Manejo de Lagartas
4ª Aplicação	R-5	Sphere Max [®]	0,2 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)
5ª Aplicação	R-6	Priorixtra [®]	0,4 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)

4.1.4 Variáveis quantificadas

As variáveis quantificadas no experimento foram: temperatura média, rendimento de grãos (kg ha^{-1}), teor de óleo (%), teor de proteína (%), rendimento de óleo (kg ha^{-1}) e rendimento de proteína (kg ha^{-1}).

As variáveis climáticas temperaturas médias do ar e precipitação pluviométrica foram registradas eletronicamente por uma estação meteorológica automática. Os experimentos foram instalados a uma distância inferior a 1 km dessas estações meteorológicas.

4.2 Experimentos em casa de vegetação

Os experimentos em casa de vegetação foram conduzidos em vasos no distrito de Entre Rios no município de Guarapuava, nas dependências da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) nas safras agrícolas 2015/16 e 2016/17.

4.2.1 Tratamentos

Os tratamentos testados foram restrição hídrica e cultivares. Os tratamentos de restrição hídrica foram denominados: 1) testemunha: irrigação em todo o ciclo de desenvolvimento, 2) R5: restrição hídrica de 50% a partir do estágio fenológico R5, 3) RT: restrição hídrica de 50% durante todo o ciclo de desenvolvimento. As cultivares utilizadas foram as mesmas cultivares utilizadas no experimento a campo: BMX Apolo RR e TMG 7262 RR.

4.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida em que as cultivares e as safras agrícolas foram alocados na parcela, e os tratamentos hídricos na sub-parcela, com quatro repetições. Cada repetição foi composta por cinco vasos.

4.2.3 Implantação e condução do experimento

Nas duas safras a semeadura foi realizada no dia 17 de novembro. Os vasos plásticos com capacidade de 6 kg foram preenchidos com solo coletado de área onde são conduzidas lavouras em sistema de semeadura direta e seguindo rotação de cultura. Antes da coleta do solo foi realizada amostragem em profundidade de 0-20 cm, coletando 15 sub-amostras que foram homogeneizadas e enviadas ao laboratório para análise química. De posse dos resultados obtidos através da análise química (Tabela 5), corrigiu-se a fertilidade e acidez do solo com 1,7 t ha⁻¹ de calcário e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 160 kg ha⁻¹ de K₂O.

Tabela 5. Resultado da análise do talhão onde foi coletado o solo para realização dos experimentos em vasos. Safra 2015/16 e 2016/17.

Prof.	pH (CaCl ₂)	P (mg dm ⁻³)	K (cmol _c dm ⁻³)	CTC (pH 7,0)	BASES (V%)	MO (gdm ⁻³)
0-20 cm	4,9	5,4	0,34	10,32	54,8	40,9

Fonte: Agro Tecsolo análises agronômicas e consultoria

Após a incorporação dos fertilizantes os vasos foram preenchidos com solo até atingirem uma distância aproximadas de 3 a 4 cm da borda superior. Em seguida os vasos foram pesados para uniformizar a quantidade de solo. Foram semeadas 10 sementes de cada cultivar por vaso. Não foi realizada inoculação das sementes, entretanto a suplementação do nitrogênio foi realizada no decorrer do ciclo. A ureia foi fornecida em duas oportunidades (R5 e R6) a partir do momento em que as plantas começaram a expressar deficiência de nutriente.

Após a emergência total das plantas, realizou-se o primeiro desbaste, deixando-se seis plantas de soja por vaso. No o estágio fenológico V1 realizou-se o desbaste final, deixando-se quatro plantas por vaso.

O monitoramento das temperaturas foi feito diariamente às 17h00 e a irrigação foi iniciada no estágio V1. Na sequencia a irrigação foi feita diariamente com base na perda da massa de água do solo dos vasos, de acordo com o tratamento. As irrigações foram realizadas com recipientes graduados.

Os manejos fitossanitários foram realizados de acordo com recomendação técnica das áreas de pesquisa da FAPA/Agrária, utilizando produtos atuais de grande espectro de controle conforme Quadro 2. Os manejos foram realizados com auxílio de um pulverizador de CO₂. As plantas daninhas foram controladas manualmente.

Quadro 2. Tratos culturais realizados nos experimentos conduzidos em casa de vegetação nas safras 2015/16 e 2016/17.

Status	Estádio	Produto Comercial	Dose	Finalidade
1ª Aplicação	V-5	Score Flex [®]	0,15L ha ⁻¹	Manejo de Oídio (<i>Macrosphaera difusa</i>)
2ª Aplicação	V-9	Orquestra [®] Ampligo [®]	0,8 L ha ⁻¹ 0,1 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>) Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>)
3ª Aplicação	R-2	Elatus [®] Ampligo [®]	0,3 kg ha ⁻¹ 0,1 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>) Manejo de Lagartas
4ª Aplicação	R-5	Sphere Max [®] Engeo Pleno [®] Oberon [®]	0,2 L ha ⁻¹ 0,2 L ha ⁻¹ 0,3 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>) Manejo de Percevejos Manejo de Ácaros
5ª Aplicação	R-6	Priorixtr ^a [®] Engeo Pleno [®]	0,4 L ha ⁻¹ 0,2 L ha ⁻¹	Manejo Ferrugem Asiática (<i>P. pachyrhizi</i>) Manejo de Percevejos

4.2.4 Variáveis quantificadas

As variáveis quantificadas no experimento foram: temperaturas médias, (registradas com termômetro analógico), rendimento de grãos (g planta⁻¹), teor de óleo (%), teor de proteína (%), rendimento de óleo (g planta⁻¹) e rendimento de proteína (g planta⁻¹).

4.3 Análise de proteína e óleo

Os teores de proteína foram obtidos segundo o método de Kjeldhal, sendo convertida a percentagem de nitrogênio em percentagem de proteína através de fator 6,25. O teor de lipídeos na base seca foi determinado pelo método de Soxhlet (IAL, 2005).

As análises para determinar os teores de proteína e óleo foram realizadas no laboratório da indústria de óleo da Cooperativa Agrária Agroindustrial.

4.3.1 Análise da umidade e material volátil

Realizou-se a homogeneização e coletadas amostras. Com auxílio de uma balança tarada, pesaram-se as plaquetas de alumínio (recipientes onde a amostras foram depositada para análise), posteriormente anotou-se o peso inicial (PI) no registro de dados brutos de análise. Em seguida tarou-se a plaqueta de alumínio em que em uma delas foram adicionadas 5,0 g de amostra moídas por um moinho de martelo e 10,0 g de amostras de grãos em outra plaqueta. Após esse processo registrou-se o peso da amostra (PA). Em seguida as plaquetas

abertas foram levadas para a estufa de circulação, regulada a 130 °C procedendo à secagem pelo período de 2 horas para a amostra moída e 3 horas para a amostra em grãos. Seguindo o processo, as amostras foram transferidas para resfriar em um dessecador pelo período de 1 hora. Após o período de resfriamento, procedeu-se a pesagem das plaquetas com a amostra registrando o peso final (PF).

De posse de todos os dados coletados no decorrer da análise, aplicaram-se os valores na equação abaixo.

Cálculo:

$$\text{Umid. e Mat. Vol.} = \frac{(\text{P.I} + \text{P.A}) - \text{P.F}}{\text{P.A}} \times 100$$

Em que:

PI = Peso inicial

PF = Peso final

PA = Peso da amostra

Dessa maneira se obteve o valor em porcentagem de umidade e matéria volátil existente na amostra.

4.3.2 Análise do residual de óleo

Da mesma forma adotada para análise de umidade, as amostras tiveram que ser homogeneizadas, submetidas à secagem em estufa por 1 hora a uma temperatura de 130 °C e moídas em moinho de martela após o resfriamento. Então, realizou-se a pesagem do balão de fundo chato (PI), contendo 3 pérolas de vidro para ebulição. Em seguida pesou-se 2,0 g de amostra moída e anotou-se o peso da amostra (PA) no registro de dados brutos de análises, envolveu-se a amostra pesada em papel filtro de maneira a obter uma espécie de cápsula com formato cilíndrico para proceder as retrolavagens. Após os casulos preenchidos com amostra, recobriu-se a sua base com uma porção de algodão, em seguida, adicionou-se o casulo com a amostra dentro do extrator Soxhlet juntamente com 200 mL de hexano, após encaixou-se o balão no extrator em seguida no condensador.

A temperatura para a extração do residual de óleo foi regulada para resultar refluxo de mais ou menos 150 gotas por minuto. A extração foi realizada através de um processo de retro lavagem por um período de 5 horas. Após o tempo de extração procedeu-se a desconexão do balão e extrator do condensador, removeu-se o casulo com a amostra e transferiu-se para um

funil acoplado a um frasco de solvente. Conectou-se o balão/extrator ao condensador novamente e recuperou-se todo o solvente. Em seguida injetou-se ar para retirar o restante do solvente. Após recuperação total do solvente acondicionou-se os balões deitados com resíduo de óleo dentro de uma forma de alumínio e levou-se a estufa regulada a 130 °C por 1 hora. Após o tempo de estufa retirou-se a forma contendo os balões, transportando os mesmos para o dessecador resfriando-o por 1 hora. Após o período de resfriamento procedeu-se a pesagem dos balões com resíduo final de óleo (PF). Anotou-se os valores no registro de dados brutos de análises para posterior aplicação na equação para determinação do percentual de óleo da amostra.

Cálculo:

$$\text{MGT \%} = \frac{(\text{P.F} - \text{P.I}) \times 100}{\text{P.A}}$$

Em que:

PF = Peso final do balão

PI = Peso inicial do balão

PA = Peso da amostra

Dessa maneira se obteve o valor em porcentagem do resíduo de óleo existente na amostra.

4.3.3 Análise da proteína total

O mesmo processo de homogeneização, secagem e moagem foram adotados para proceder às análises de proteína bruta da soja.

O primeiro passo foi o preparo do balão Kjeldhal com catalisador, onde em um copo de Becker, pesou-se 0,2 g de sulfato de cobre (CuSO₄) previamente seco em estufa a 130 °C por aproximadamente 10 minutos, e 9,8 g de sulfato de sódio (Na₂SO₄). Em seguida transferiu-se a mistura do catalisador para o balão Kjeldhal, com aproximadamente 3 a 4 pérolas de vidro para auxiliar na ebulição. Em seguida realizou-se a pesagem de 1,20 g da amostra sobre papel manteiga, anotou-se o peso no registro de dados brutos de análises. Em seguida a amostra foi envolvida no papel manteiga e depositada dentro do balão Kjeldhal preparado com catalisador. Em um próximo passo realizou-se a digestão da amostra, com auxílio do dispensette, adicionou-se 25 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) dentro do balão Kjeldhal, levou-se a digestão por um período de 2 horas em chapa de aquecimento acoplado a um neutralizador de gases.

Nesse período girou-se o balão em 360° por no mínimo três vezes para uniformizar a solução. Após a digestão desligou-se a resistência da chapa de aquecimento deixando esfriar o balão Kjeldhal por alguns minutos no mesmo local. Na sequência, retirou-se o balão Kjeldhal do digestor de proteínas, transferiu-se para o suporte Kjeldhal, acomodando-o no interior da capela. Com exaustor ligado esfriou-se o material digerido. Após esse processo adicionou-se 400 mL de água destilada para solubilização, homogeneizando a solução e esfriando por completo, então mais 2,0 g de zinco metálico foram adicionadas para controlar a temperatura. Em seguida adicionou-se 65 mL de soda cáustica 50% na solução, acoplando os balões no sistema de destilação.

Prosseguindo com a análise preparou-se o erlenmeyer, onde em seu interior destilou-se a solução do balão de Kjeldhal. Nesse erlenmeyer preparou-se uma solução contendo 40 mL de ácido sulfúrico aquoso H₂SO₄ 0,2N, 60 mL de água destilada e 3 gotas de indicador vermelho de metila 0,1%, totalizando 100mL no interior do erlenmeyer. Em seguida posicionou-se os erlenmeyers na parte inferior do aparelho destilador de proteínas. A destilação da amostra digerida ocorreu da seguinte forma: destilou-se a solução contida no balão de Kjeldhal até atingir um volume de 250 mL no interior do erlenmeyer. Na sequência fez a titulação do destilado coletado, titulando com o ácido residual no destilado coletado com a solução de NaOH 0,1N, titulando-se gota a gota até o ponto de viragem do indicador vermelho de metila (pH = 6,2) ou até a alteração da coloração rosa para amarelo. No exato momento que ocorreu a mudança da cor, anotou-se no registro de dados brutos de análises o valor obtido na bureta.

Após coleta dos dados aplicou-se os valores na equação para determinar o percentual de proteína contida na amostra.

Cálculo:

$$\text{Prot. Total} = \frac{(P.B - P.R) \times 0,8754}{P.A}$$

Em que:

PB = volume gasto de NaOH 0,1N na titulação de 40 mL de H₂SO₄ 0,2 N (pH 6,0 a 6,2).

PR = volume gasto na titulação da prova real utilizando a amostra

PA = peso da amostra.

4.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à verificação de normalidade pelo teste de Shapiro Wilk, e os resultados que não mostraram normalidade foram transformados pelo método de Box-Cox. Os dados foram posteriormente submetidos à análise de variância (anova, 5% de probabilidade) e quando significativos foram submetidos ao teste de Tukey (5% de probabilidade).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento no campo

5.1.1 Condições climáticas

De maneira geral os índices pluviométricos foram maiores na safra 2015/16, acumulando uma média mensal durante o período de desenvolvimento do trabalho de 252 mm. Esse valor foi 48% superior à precipitação observada na safra 2016/17 em que a média mensal chegou 169 mm.

A precipitação total mensal de Entre Rios durante o período de condução dos experimentos indicou que a umidade disponível foi suficiente para o desenvolvimento normal da cultura em todos os estádios de desenvolvimento (Figura 2). Por outro lado, na safra 2016/17 a pluviosidade ficou mais baixa em todos os meses, exceto em janeiro, comparando à safra 2015/16. Em dezembro em ambas as safras acumulou maiores índices pluviométricos, variando de 197,8 na primeira safra a 262,4 na segunda, demonstrando que no período de enchimento pleno de grãos a cultura não sofreu com falta de água.

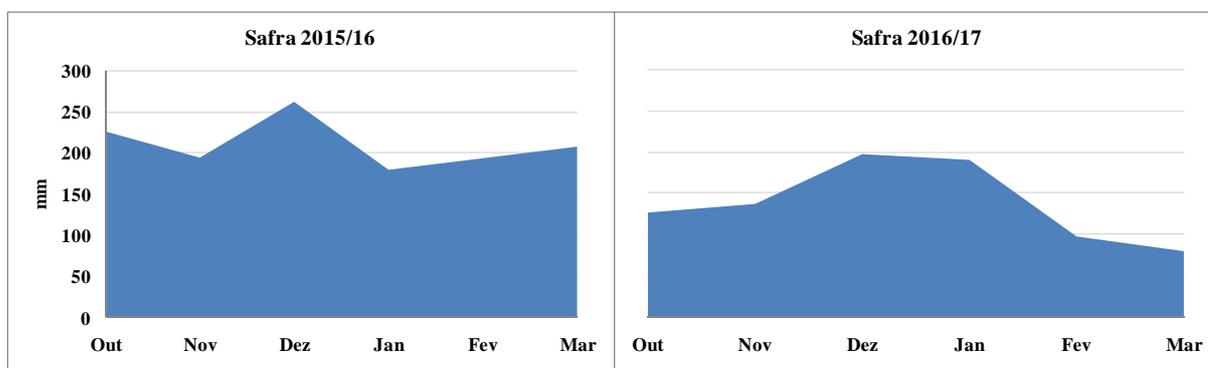


Figura 2. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Entre Rios.

Na safra 2015/16, as temperaturas médias ficaram acima da média histórica em todos os meses, com exceção de março, quando a cultura já encontrava-se em ponto de maturação, seguindo para o processo de colheita (Tabela 6). Na safra 2016/17, o panorama se inverteu, na maioria dos meses as temperaturas médias ficaram abaixo da média histórica. No período de enchimento de grãos as temperaturas médias ficaram acima dos 20,5 °C, sendo uma

temperatura próxima da ideal para o bom desenvolvimento da cultura.

Tabela 6. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Entre Rios nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.

Decêndios	Temperaturas Médias											
	Saфра 2015/16						Saфра 2016/17					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
1°	19,1	17,8	19,4	21,0	21,0	18,8	14,2	18,4	18,8	21,3	20,2	20,9
2°	19,2	20,4	20,9	21,2	22,1	19,7	18,7	16,9	18,7	21,6	21,6	19,0
3°	19,1	18,8	21,3	20,6	20,1	18,7	16,6	19,7	21,1	19,3	20,7	17,9
Média mensal	19,1	19,0	20,5	20,9	21,1	19,1	16,5	18,3	19,5	20,7	20,8	19,3
Média histórica	17,3	18,8	19,9	20,4	20,2	19,4	17,3	18,8	19,9	20,4	20,2	19,4

Fonte: Estação meteorológica FAPA/Simepar.

A precipitação total mensal de Candói, durante o período de condução dos experimentos demonstrou normalidade havendo disponibilidade de umidade para o desenvolvimento normal da cultura durante o período de desenvolvimento da soja. Nesse local na safra 2016/17 os índices pluviométricos ficaram mais baixos durante todos os meses em que a soja se desenvolvia. O mês de dezembro foi o que obteve os maiores volumes pluviométricos em ambas as safras, demonstrando que no período de enchimento pleno de grãos a cultura não sofreu com falta de água (Figura 3).

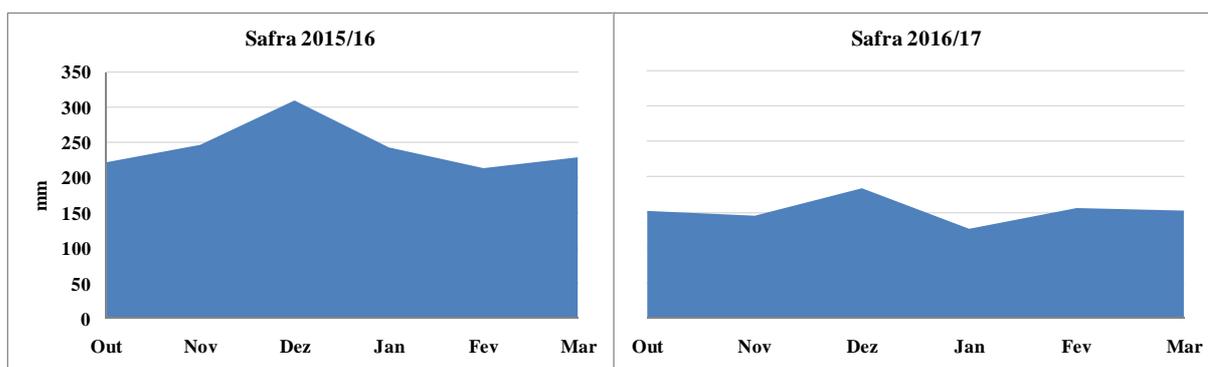


Figura 3. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Candói.

No caso da temperatura média, em ambas as safras os dados ficaram acima da média histórica em todos os meses. Na safra 2015/16 na média dos meses, ficou superior em torno de 1,6 °C e 1,0 °C na safra 2016/17 (Tabela 7). No período de enchimento de grãos as temperaturas médias ficaram acima dos 21 °C, sendo uma temperatura ideal para o bom

desenvolvimento da cultura.

Tabela 7. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Candói nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.

Decêndios	Temperaturas Médias											
	Safra 2015/16						Safra 2016/17					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
1°	20,5	19,3	20,5	22,0	21,8	19,9	16,2	20,0	20,1	22,5	20,0	22,2
2°	20,3	21,5	21,6	22,3	23,1	21,0	20,2	18,5	19,8	22,2	22,9	20,3
3°	21,0	20,2	22,3	21,2	21,1	19,5	18,5	20,8	22,5	19,6	22,1	19,6
Média mensal	20,6	20,3	21,5	21,8	22,0	20,1	18,3	19,8	20,8	21,4	21,7	20,7
Média histórica	17,1	18,6	20,0	20,8	20,8	19,5	17,1	18,6	20,0	20,8	20,8	19,5

Fonte: Estação meteorológica FAPA/Simepar.

Para o município de Pinhão as condições de pluviosidade também foram maiores na primeira safra dos trabalhos, no segundo ano os meses de estabelecimento da cultura, outubro e novembro ficara abaixo dos demais meses com 150 e 113 mm, respectivamente. Porém, esse fato não teve interferência na germinação do experimento bem como o desenvolvimento inicial da cultura. Em dezembro, janeiro e fevereiro, período compreendido pelo florescendo e enchimento de grãos, os índices pluviométricos superaram 300 mm em dezembro na primeira safra e em fevereiro da segunda safra chegando muito próximo (Figura 4).

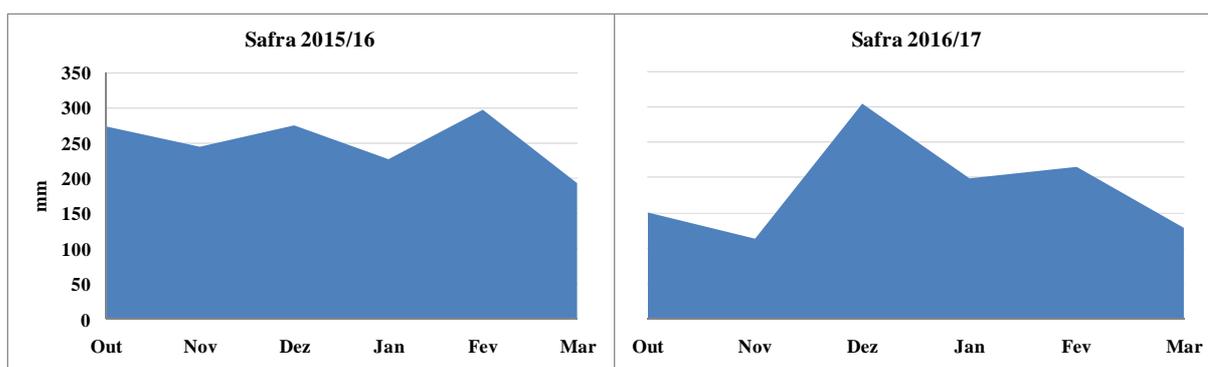


Figura 4. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Pinhão.

As temperaturas médias ficaram acima da média histórica nas duas safras em que o trabalho foi realizado para todos os meses de condução. Na safra 2015/16 na média dos meses, ficou superior em torno de 1,5 °C e 1,2 °C na safra 2016/17 (Tabela 8). No período de

enchimento de grãos as temperaturas médias ficaram em torno de 21 °C.

Tabela 8. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Pinhão nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.

Decêndios	Temperaturas Médias											
	Safra 2015/16						Safra 2016/17					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
1°	20,0	19,3	20,4	22,0	21,8	19,8	15,9	19,6	20,0	22,2	20,8	21,9
2°	19,9	21,3	21,6	22,3	23,1	20,8	20,1	18,4	20,0	22,2	22,4	19,9
3°	20,8	20,2	22,2	21,2	21,2	19,4	18,3	21,2	22,0	20,0	21,5	19,4
Média mensal	20,2	20,3	21,4	21,8	22,0	20,0	18,1	19,7	20,7	21,4	21,6	20,4
Média histórica	18,8	19,0	19,5	20,3	20,2	19,1	16,6	18,6	19,5	20,3	20,2	19,6

Fonte: Estação meteorológica FAPA/Simepar.

Nas duas safras, Roncador foi o local em que houve maior precipitação durante os meses de condução dos trabalhos comparado aos demais locais, registrando 1478 mm na primeira safra e 1005 mm na segunda safra. Essa diferença de mais de 400 mm de uma safra para outra pode ser observada através da precipitação total mensal (Figura 5). Os meses que mais contribuíram para essa diferença foram novembro com 406 mm e fevereiro com 428 mm, os índices ficaram abaixo dos 100 mm apenas em março de 2015/16 e novembro de 2016/17, entretanto não foi prejudicial para a soja.

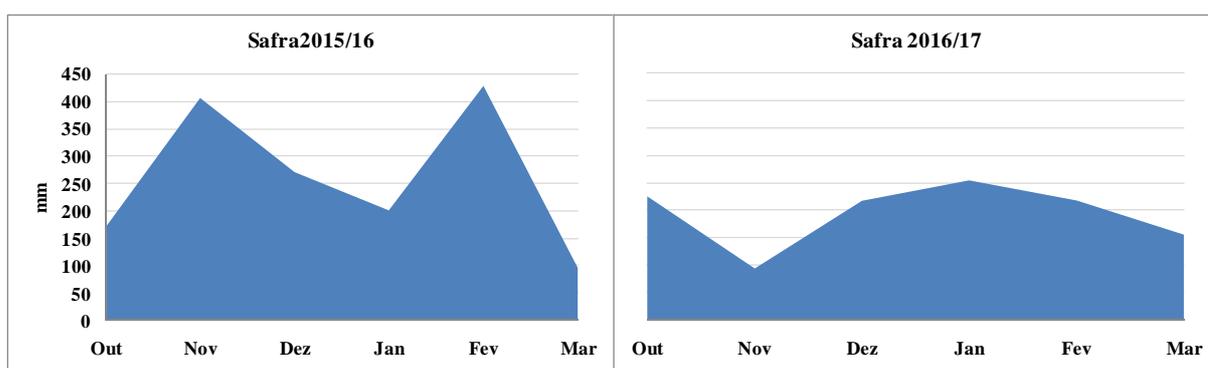


Figura 5. Precipitação total mensal, durante o período de desenvolvimento da soja, nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, em Roncador.

Os dados obtidos de temperaturas médias demonstram que durante os meses de condução de trabalho os valores ficaram acima da média histórica nas duas safras. Na safra 2015/16 na média dos meses, ficou superior em torno de 1,3 °C e 0,9 °C na safra 2016/17

(Tabela 9). No período de enchimento de grãos as temperaturas superaram os 22 °C, temperatura considerada normal para o desenvolvimento da cultura.

Tabela 9. Temperaturas médias ocorridas no período de condução dos experimentos a campo em Roncador nas safras 2015/16 e 201/17. Guarapuava - PR.

Decêndios	Temperaturas Médias											
	Safrá 2015/16						Safrá 2016/17					
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
1º	22,7	21,2	21,8	23,4	23,6	22,0	19,2	22,6	21,8	23,1	22,9	23,9
2º	23,2	22,9	22,6	24,3	24,6	23,0	23,4	20,7	21,5	24,0	24,5	22,4
3º	23,4	21,3	23,1	23,9	22,4	21,9	20,2	23,4	23,2	21,5	23,5	21,6
Média mensal	23,1	21,8	22,5	23,9	23,5	22,3	20,9	22,2	22,2	22,9	23,6	22,7
Média histórica	21,5	20,4	21,3	22,6	22,5	21,0	19,6	21,4	21,3	22,1	22,5	22,0

De maneira geral, o que pode se observar a respeito do clima ocorrido nos quatro locais de condução e nas duas safras é que não houve restrição hídrica em nenhum dos anos que pudesse ter interferido no desenvolvimento da cultura. Na safra 2015/16 se registraram índices pluviométricos maiores em todos os locais, comparado com a safra 2016/17. Fato semelhante ocorreu com as temperaturas médias, em que na primeira safra observou-se temperatura 0,8 °C superior à segunda safra. Nas duas safras, o município de Roncador, local mais quente por estar localizado mais ao norte do Estado do Paraná e em menor altitude, apresentou temperatura em torno de 2,2 °C mais elevada que os demais municípios na safra 2015/16 e 2,6 °C na safra 2016/17. O município de Cândói foi local que registrou a maior diferença de uma safra para outra: 1°C, registrando-se 21,3 e 20,3 °C na primeira e segunda safra, respectivamente. Guarapuava foi o local onde as temperaturas foram mais baixas: 3° C inferior ao local mais quente (Roncador) na média das duas safras.

5.1.2 Análise de variância

A análise de variância para o rendimento de grãos mostrou que o efeito da safra não foi significativo enquanto o efeito do local e interação safra x local foram significativos (Tabela 10). Para cultivares, a análise mostrou efeito significativo da interação cultivar x local. No percentual de óleo a análise de variância apontou que a safra de forma isolada não mostrou efeito significativo. Porém os resultados da interação cultivar x safra, cultivar x local e cultivar x safra x local foram significativos no percentual de óleo no grão de soja. Para

percentual de proteína, a análise de variância mostrou efeito significativo entre todas as interações estudadas, isto é, as interações safra x local, cultivar x safra, cultivar x local e cultivar x safra x local foram significativas. No caso do rendimento de óleo, a interação safra x local teve efeito significativo, assim como as interações cultivar x safra e cultivar x local também se mostraram significativas. A análise de variância para rendimento de proteína mostrou que houve efeito significativo das interações safra x local e cultivar x safra x local.

Tabela 10. Resumo da análise de variância do rendimento (kg ha^{-1}), teor de óleo (%), teor de proteína (%) em base seca, rendimento de óleo (kg ha^{-1}) e rendimento de proteína (kg ha^{-1}) de experimentos conduzidos a campo nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.

Fonte de variação	Rendimento (kg ha^{-1})	Óleo (%)	Proteína (%)	Óleo (kg ha^{-1})	Proteína (kg ha^{-1})
Safra (S)	0,7664 ¹⁾	0,5721	<0,0001	0,9539	0,0027
Local (L)	<0,0001	0,0023	0,0375	0,0001	0,0001
S x L	0,0047	0,2620	0,0155	0,0069	0,0040
Cultivar (C)	0,0027	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,8047
C x S	0,4701	<0,0001	<0,0001	0,0212	0,5328
C x L	0,0419	0,0018	0,0107	0,0228	0,0831
C x S x L	0,2235	<0,0001	<0,0001	0,7616	0,0352
Média geral	5.862	20,9	33,8	1.227	1.977
CV 1 (%) ²⁾	5,71	2,88	1,99	5,24	6,56
CV 2 (%)	9,21	1,90	1,55	9,59	9,05

1) valor p da análise de variância; 2) CV- Coeficiente de variação

5.1.3 Desdobramento das interações

Apesar da interação tripla ter sido significativa para os teores de óleo, proteína e rendimento de proteína (Tabela 10), os resultados desses parâmetros serão apresentados pelas interações duplas ocorridas.

O rendimento de grãos na primeira safra foi maior em Entre Rios e menor em Roncador, sendo que Pinhão e Candói tiveram produtividades intermediárias (Figura 6). Na segunda safra, a produtividade de Entre Rios, Pinhão e Candói foram semelhantes, sendo superior a Roncador. Nas duas safras a produtividade de Roncador foi inferior à produtividade dos demais locais. Como Roncador foi o local que possui características de temperaturas mais

altas, depreende-se que a produtividade de grão foi mais baixa no local de temperatura mais elevada. De fato, temperaturas muito elevadas acima dos 30 °C, podem trazer danos mais severos à cultura, podendo acarretar abortamento das flores e vagens (EMBRAPA, 2008).

As produtividades obtidas nos experimentos (5.800 kg ha⁻¹) ficaram acima da média paranaense que foi de 3.721 kg ha⁻¹(CONAB, 2017). Apesar dessa produtividade de quase 6 t ha⁻¹ serem de parcelas experimentais, nas regiões onde os experimentos foram conduzidos a média de produtividade foi de 4.350 kg ha⁻¹ em uma área de 90 mil ha, evidenciando que se trata de região com alto potencial produtivo. Dessa forma, se deduz que os resultados obtidos no presente estudo se referem principalmente a locais de alta produtividade.

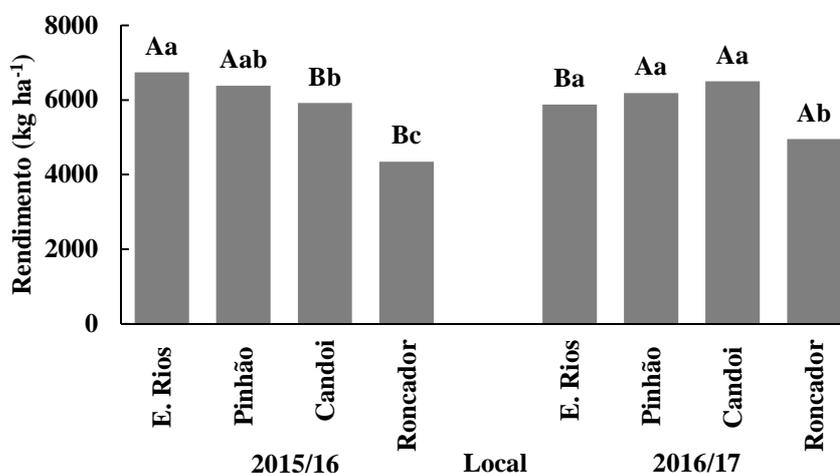


Figura 6. Rendimento de grãos de soja (kg ha⁻¹) em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as safras de um mesmo local e as minúsculas comparam os locais em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar TMG 7262 foi a cultivar de maior rendimento em todos os locais de condução, com exceção de Pinhão em que as duas cultivares não diferiram entre si (Figura 7). Se por um lado a cultivar BMX Apolo apresenta produtividade inferior a TMG 7262, por outro lado tem uma participação na área de cultivo expressiva entre os produtores da cooperativa, próximo de 30%. Além disso, possui uma ótima adaptação a essa região sendo a cultivar com maior percentual de área dentro da Cooperativa Agrária e quando semeada na época correta permite bons rendimentos de grãos. Nos últimos anos o melhoramento trabalhou para aumento das produtividades acarretando em decréscimo nos teores de proteína. Essa afirmação condiz com o que ocorreu no trabalho, onde a TMG 7262 foi a cultivar mais

produtiva, porém obteve menos proteína. A produtividade é positivamente correlacionada com o teor de óleo (WILCOX; GOUNDONG, 1997). Mais uma vez a TMG 7262 demonstrou isso, maiores produtividades ligada à maior teor de óleo nos grãos.

Cultivares que possuem o ciclo precoce normalmente tem seu crescimento reduzido e são menos produtivas do que cultivares de ciclo médio ou longo (OLIVEIRA, 2010). Essa afirmação está em concordância com os resultados obtidos no presente trabalho, pois a cultivar BMX Apolo é mais precoce e obteve produção inferior comparada a cultivar TMG 7262, sendo classificadas quanto ao grupo de maturidade como 5.5 e 6.2, respectivamente (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Em Roncador as duas cultivares obtiveram as produtividades mais baixas dentre os locais de cultivo. Esse resultado de certa forma é normal, pois pelos históricos de produtividade da Cooperativa Agrária, a região de Roncador, apesar de ser uma região onde a soja tem uma boa adaptabilidade, ainda não consegue atingir os patamares de produtividade da região de Guarapuava.

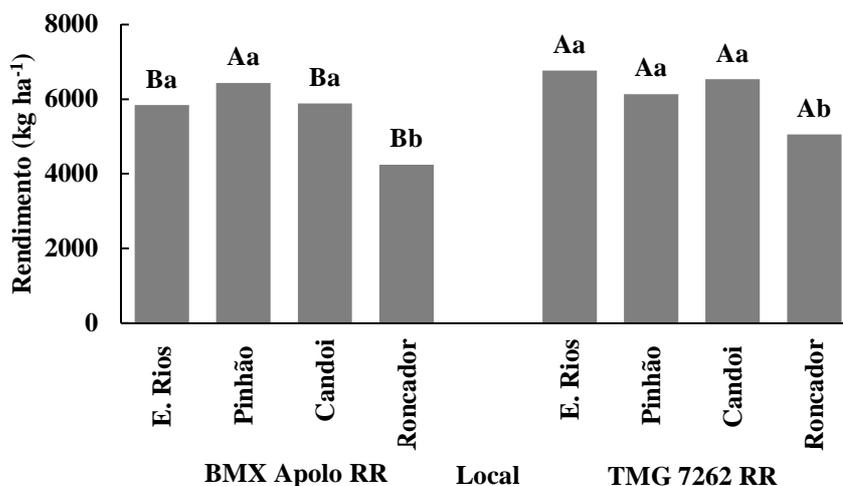


Figura 7. Rendimento de grãos de soja (kg ha^{-1}) de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares entre os locais e as minúsculas comparam os locais em cada cultivar e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A interação entre cultivar x local no teor de óleo foi devido à maior variação desse parâmetro na cultivar TMG 7262 entre os locais estudados em comparação com a cultivar BMX Apolo (Figura 8). Entretanto, essa variação foi de pequena magnitude e observa-se que a cultivar TMG 7262 em todos os locais onde foram conduzidos os experimentos, atingiu os

maiores teores comparados com a BMX Apolo. Resultados similares foram encontrados por Pipolo (2002), que trabalhou com cinco genótipos em dois anos agrícolas e dez diferentes locais e verificou diferença entre os genótipos nas concentrações de óleo. Rodrigues et al. (2016), trabalhando com 22 genótipos, verificaram ampla variação quanto ao teor de óleo nos grãos e razoável diversidade genética entre os genótipos.

Dentre os locais estudados, Roncador é o mais quente, e foi lá que as duas cultivares obtiveram os maiores teores de óleo. De forma similar ao resultado do presente trabalho, Ren et al. (2009) observaram que ao desenvolver sementes sob um regime de alta temperatura (30/37 °C) ocorreu aumento do teor de óleo nas sementes. Do mesmo modo, Howelle Collins (1957) verificaram um aumento dos teores de óleo com temperaturas mais elevadas, mostrando que a soja cultivada em locais com temperaturas mais quentes produziu grãos com maior teor de óleo. Observa-se também que logo após Roncador, foi no município de Candói em que se obteve os maiores teores de óleo nas duas cultivares. Os dados de temperatura mostram que Candói em seguida de Roncador obteve as maiores temperaturas comparado aos demais locais. Esse resultado corrobora a ocorrência de relação entre temperatura e teor de óleo. Portanto, observa-se que a temperatura é fator importante que influencia os teores de óleo de grãos de soja.

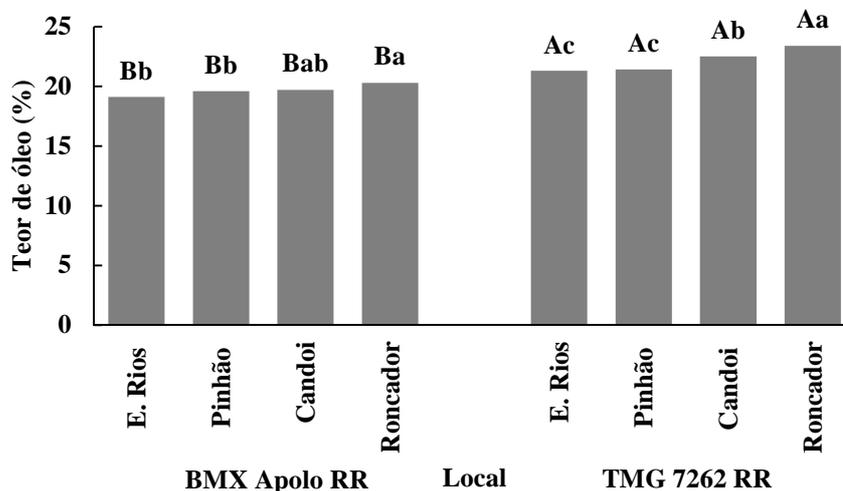


Figura 8. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares entre os locais e as minúsculas comparamos locais em cada cultivar e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As duas cultivares apresentaram distinção nos teores de óleo obtidos entre as duas

safras estudadas, sendo que em ambas, a cultivar TMG 7262 foi superior (Figura 9). Analisando as safras separadamente, observa-se que a cultivar BMX Apolo, obteve maior teor de óleo na segunda safra de estudo, em torno de 5% superior. Por outro lado, a cultivar TMG 7262 teve comportamento oposto formando mais óleo no grão na primeira safra. Alguns trabalhos demonstram que os ciclos de desenvolvimento das cultivares podem influenciar os teores de óleo, sendo que as mais precoces são mais afetadas. Piper e Boote (1999) afirmam que as menores concentrações de óleo têm sido atribuídas a temperaturas mais baixas e a estação de crescimento mais curta. De certa forma esse resultado corrobora com os dados obtidos no presente estudo, pois a cultivar BMX Apolo possui um ciclo de aproximadamente 15 dias menor em relação à TMG 7262 e produz quantidades menores de óleo.

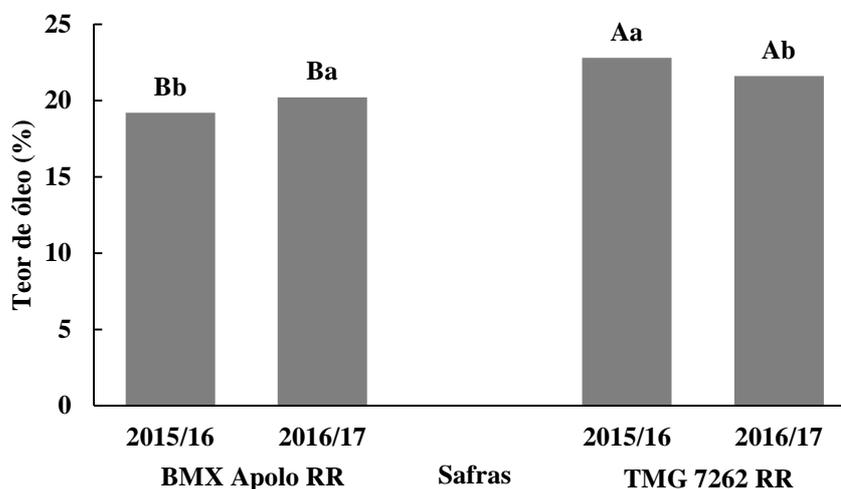


Figura 9. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as duas cultivares em cada safra e as minúsculas comparam a cultivar entre as duas safras e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De forma geral os teores de proteína foram maiores na safra 2016/17 comparados a safra 2015/16 em todos os locais (Figura 10). Na safra 2016/17 houve menor precipitação comparado com a safra anterior, porém dentro da normalidade. Outra questão foi à temperatura, que foram mais amenas na safra 2016/17 comparado com a safra 2015/16. Dessa forma a temperatura demonstrou ser fator importante no teor de proteína, sendo que em condições mais amenas ocorreu aumento no percentual de proteína. Resultados similares são encontrados em estudos conduzidos por Wolf et al. (1982) e Gibson e Mullen (1996) em que constataram que a concentração de proteína foi constante ou decresceu quando a temperatura

aumentou de 15 para 25 °C. Piper e Boote (1999) afirmam que a concentração de proteína decresceu, quando a temperatura aumentou de 14 para 20 °C, corroborando com os resultados do presente estudo.

Observou-se maior teor de proteína na safra 2015/16 em Entre Rios e Pinhão em comparação a Roncador (Figura 10). Por outro lado, na safra 2016/17 Pinhão obteve maior teor de proteína que Entre Rios, sendo que os demais locais obtiveram teores de proteína intermediários. Pipolo (2002) observou tendência das sementes coletadas nos locais com temperaturas médias mais amenas (21 °C a 23 °C) e com altitude maior que 650 metros apresentarem maior concentração de proteína do que aquelas coletadas em locais de temperaturas maiores (23 °C a 27 °C). Essa informação corrobora com o resultado observado na safra 2015/16, mas não com o resultado da safra 2016/17.

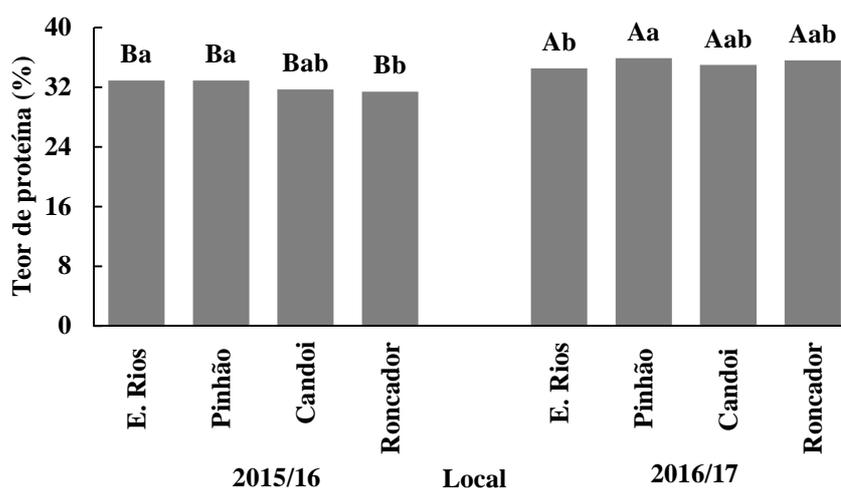


Figura 10. Teores de proteína (%) em base seca de quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam os locais entre as safras e as minúsculas comparam os locais em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Como a correlação entre proteína e óleo é inversa, os dados confirmam o oposto do ocorrido com teores de óleo, demonstrando em ambas as safras a superioridade da cultivar BMX Apolo na obtenção de proteína em relação à TMG 7262 (Figura 11). Porém, observando as duas cultivares de forma isolada, ambas diferiram entre as safras, sendo que em 2016/17 os teores foram maiores do que em 2015/16.

Alguns autores citam que a seleção para aumento da proteína geralmente resulta em um rendimento de grãos reduzido (HELMS; ORF,1998). Esse fato de certa forma corrobora o

fato de que a cultivar BMX Apolo possui teores de proteína mais elevados, porém, rendimento de grão inferior à cultivar TMG 7262.

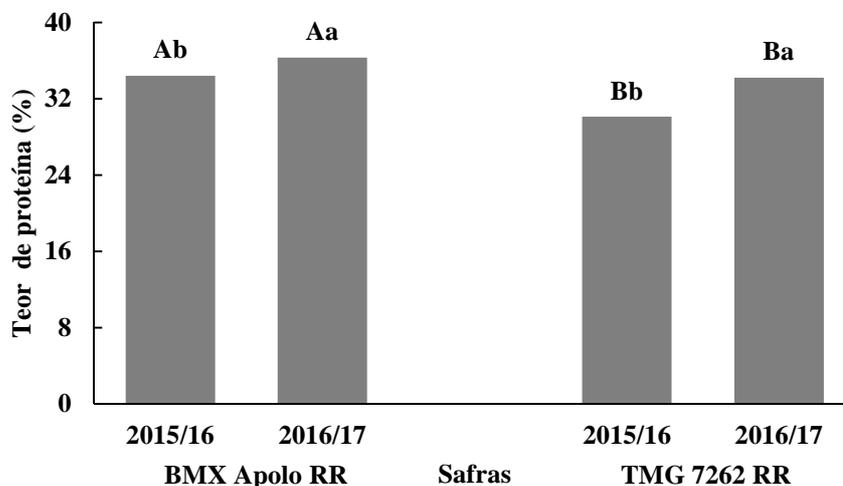


Figura 11. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares na mesma safra e as minúsculas comparam a cada cultivar nas duas safras e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de proteína obtidos pela cultivar BMX Apolo foram maiores do que os obtidos pela TMG 7262 e não diferiram entre os locais estudados (Figura 12). Por outro lado, a cultivar TMG 7262 apresentou maiores teores de proteína em Pinhão do que nos demais locais. Observa-se dessa forma que a cultivar BMX Apolo produz grãos com maior teor de proteína que a cultivar TMG 7262. Albrecht et al. (2008) verificaram que proteína e produtividade possuem correlação negativa. No trabalho desses autores com as cultivares precoces, CD 202 e CD 215, a produtividade decresceu linearmente enquanto o teor de proteína cresceu linearmente ao realizar semeadura antecipada. Esse resultado corrobora o resultado de teores de proteína do presente trabalho em que a BMX Apolo cultivar mais precoce, obteve menores rendimentos em detrimento de maiores teores de proteína, entretanto na região ao se adiantar a semeadura dessa cultivar ela tem característica de expressar melhores produtividades do que no fechamento da semeadura vale salientar ainda que nesse caso as datas de semeaduras foram as indicadas para os materiais.

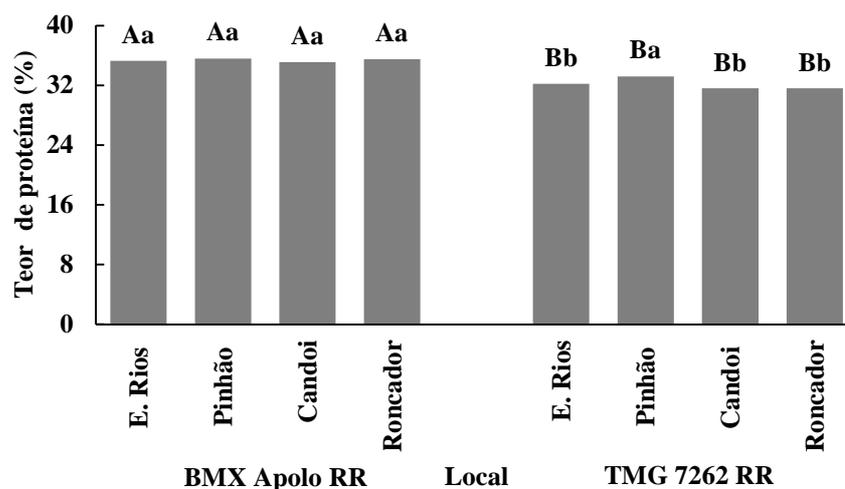


Figura 12. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares nos locais e as minúsculas comparam cada cultivar entre os locais e diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na safra 2015/16 os maiores rendimentos de óleo foram obtidos na região fria onde os três locais não diferiram entre si (Figura 13). Por outro lado, Roncador teve influência da menor produtividade de grãos (Figura 7), conseqüentemente o rendimento de óleo foi menor apesar do teor de óleo ser maior (Figura 8). Já na safra 2016/17, Roncador continuou com o menor rendimento de óleo, porém, não diferiu de Entre Rios, e Candói obteve maior rendimento de óleo que Roncador e Entre Rios (Figura 13). De modo geral nas duas safras o rendimento de óleo foi influenciado pelas produtividades obtidas nos locais, sendo que à medida que variou o rendimento de grãos das cultivares ocorreu o mesmo reflexo no rendimento de óleo nas safras.

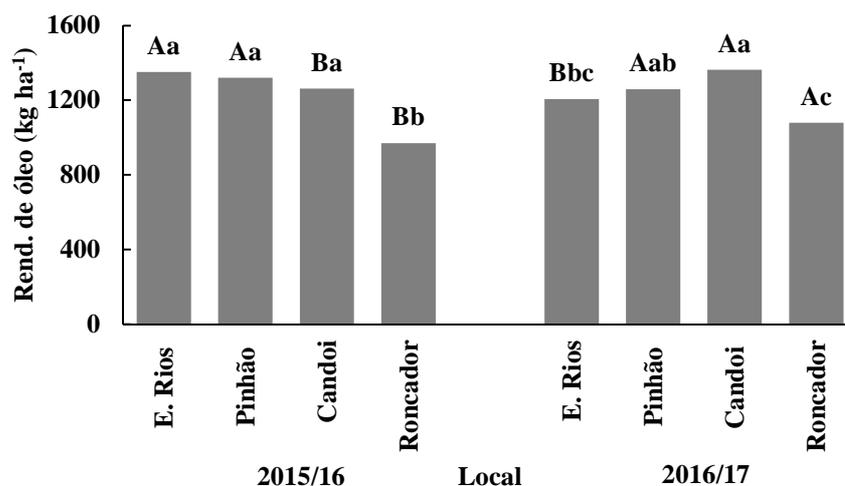


Figura 13. Rendimento de óleo (kg ha⁻¹) em quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as safras e os locais e as minúsculas comparam os locais em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar TMG 7262 obteve rendimento de óleo superior a cultivar BMX Apolo nas duas safras em que foram avaliadas (Figura 14). Essa cultivar além de apresentar teores de óleo superior em relação à outra cultivar nas duas épocas (Figura 9), também obteve os melhores rendimentos de grãos, e esse último fato foi preponderante para que fosse a mais produtiva para essa variável.

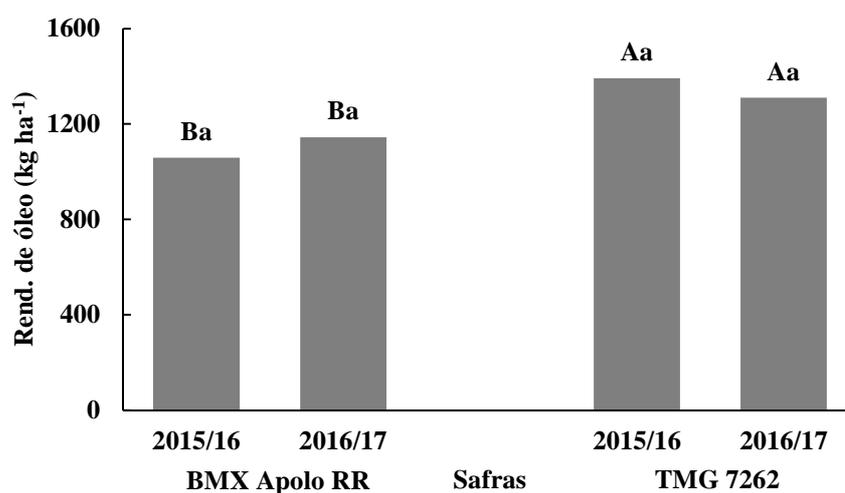


Figura 14. Rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares na safra e as minúsculas comparam a cultivar entre as duas safras e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De modo análogo ao que ocorreu nas duas safras em que o trabalho foi realizado, o rendimento de óleo também foi mais elevado na cultivar TMG 7262 na maioria dos locais, com exceção de Pinhão (Figura 15). Em Pinhão não houve diferença entre as safras devido ao rendimento de grãos nesse local ter sido mais homogêneo entre as duas safras (Figura 6). Apesar de Roncador produzir grãos com teor de óleo mais elevado que os demais locais, o rendimento de óleo em Roncador foi menor que os demais locais. O fato de Roncador ter registrado produção de grãos 45% inferior na primeira safra e 24% inferior na segunda safra em relação aos demais locais (Figura 6) resultou em um rendimento de óleo mais baixo nesse local.

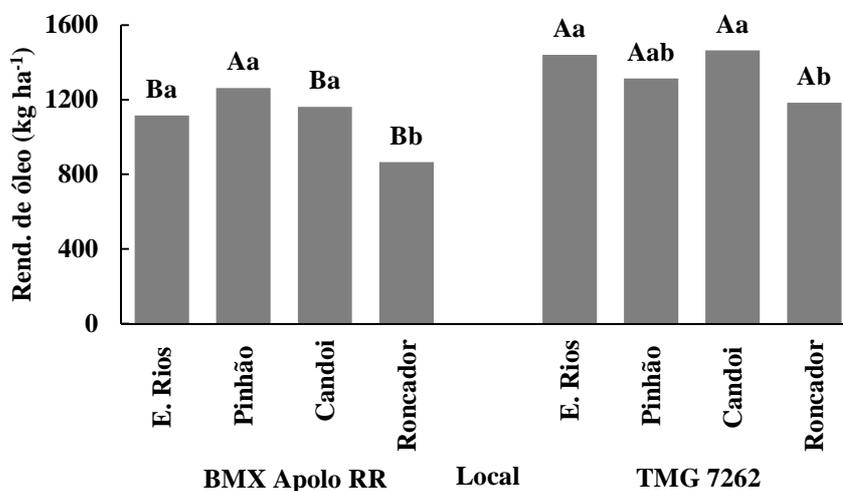


Figura 15. Rendimento de óleo (kg ha⁻¹) de duas cultivares em 4 locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares nos locais e as minúsculas comparam os locais para cada cultivar e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Entre Rios obteve rendimento de proteína maior na safra 2015/16 em comparação com a safra 2016/17; em Candói e Roncador os resultados se inverteram: se observou nesses locais maiores rendimentos de proteína na safra 2016/17 (Figura 16). A explicação para esse fato é que em Entre Rios houve um incremento de aproximadamente 15% no rendimento de grãos na safra 2015/16, porém em Candói e Roncador houve um incremento no rendimento de grãos de 9,8 e 13,8%, respectivamente na safra 2016/17 (Figura 6). Dessa maneira o rendimento de proteína seguiu a mesma tendência. Em 2015/16, Entre Rios produziu mais proteína que Candói e Roncador, e Pinhão teve produção intermediária. Na safra 2016/17 Entre Rios, Pinhão e Candói produziram mais proteína que Roncador. Essa diferença foi devido ao

rendimento de grãos 46% inferior em Roncador comparado aos outros três locais.

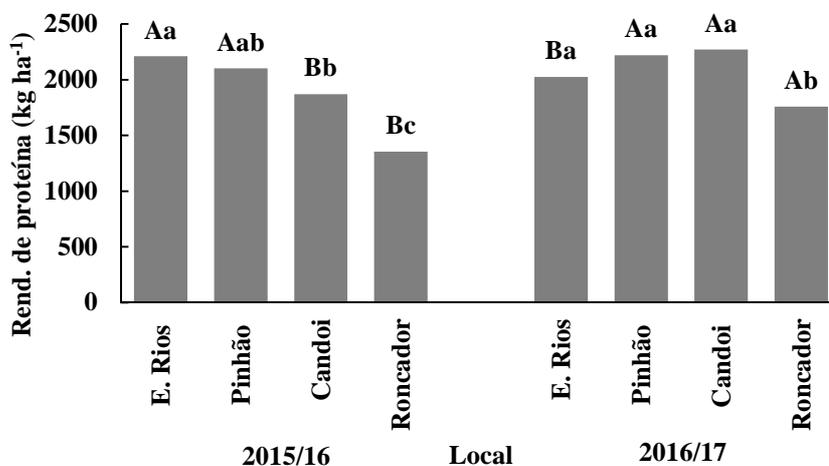


Figura 16. Rendimento de proteína (kg ha⁻¹) de quatro locais nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos a campo.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as safras de cada local e as minúsculas comparam os locais em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5.2 Experimento em casa de vegetação

5.2.1 Condições climáticas

A temperatura na safra 2015/16 foi em torno de 1,0 °C superior no período da emergência até R5 e 0,9 °C maior no período entre R5 e a maturação em comparação com a safra 2016/17 (Tabela 11).

Na primeira safra o volume das irrigações entre a emergência e o estágio fenológico R5 foram maiores, sendo fornecido mais que o dobro de água. Entre R5 e a maturação os volumes quase triplicaram. Isso ocorreu porque na safra 2016/17 necessitou-se irrigar as plantas com maior frequência, porém com volume menor de água. Já na safra 2015/16 as irrigações aconteceram de forma mais espaçadas e com volumes maiores. Em 2015/16, entre a emergência e R5, as duas cultivares receberam praticamente a mesma quantidade de irrigação com uma pequena variação de 0,7% a mais para a BMX Apolo. Na safra seguinte a diferença foi de 8% a favor da Apolo.

Entre os estádios fenológicos R5 e a maturação a diferença entre as safras 2015/16 e 2016/17 ficou 3% e 7% superior, respectivamente, na TMG 7262, demonstrando diferença na

necessidade de irrigação entre as duas cultivares: a BMX Apolo necessitou mais água até atingir o estágio R5 e a TMG 7262 necessitou de mais irrigação entre R5 e a maturação.

Tabela 11. Dados de temperatura e volume de água fornecido pela irrigação durante o ciclo de desenvolvimento da soja nos ensaios em casas de vegetação, nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.

Trat.	Cultivares	Emergência até R5				R5 até maturação			
		T ° Média		Irrigação (mL)		T ° Média		Irrigação (mL)	
		15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
Test.	BMX Apolo RR	25,5	24,3	1483	876	27,2	26,1	1600	557
R5		25,4	24,4	1396	729	27,3	26,0	875	328
RT		25,5	24,4	804	302	27,2	26,1	775	271
Test.	TMG 7262 RR	24,6	24,0	1508	737	27,2	26,2	1700	636
R5		25,4	24,3	1492	616	27,3	26,1	900	346
RT		25,4	24,5	829	301	27,0	26,1	801	275

Testemunha - Irrigação normal; R5 - Restrição de 50% da irrigação a partir estágio fonológico R5; RT - Restrição de 50% da irrigação durante o ciclo todo

5.2.2 Análise de variância

A análise de variância para o rendimento de grãos mostrou que o efeito da safra foi significativo, da mesma forma a interação restrição hídrica x safra obteve alta significância (Tabela 12). Para cultivares, a análise não mostrou efeito significativo, ou seja, não houve diferença no rendimento de grãos entre as cultivares.

No percentual de óleo a análise de variância apontou significância na interação entre safra x cultivar.

Para percentual de proteína, a análise de variância mostrou efeito similar com o obtido em percentual de óleo, porém para essa variável houve efeito também para a interação restrição hídrica x cultivar.

No caso da variável produção de óleo, a interação entre restrição hídrica x safra teve efeito significativo. Cultivar também se mostrou significativo, sendo que a cultivar BMX Apolo produziu 1,8 g planta⁻¹, enquanto a cultivar TMG 7262 produziu 2,1 g planta⁻¹ de óleo (p=0,026; CV= 8,99%).

A análise de variância para produção de proteína mostrou que houve efeito da interação restrição hídrica x safra.

Tabela 12. Resumo da análise de variância do rendimento (kg ha^{-1}), teor de óleo (%), teor de proteína (%) em base seca, rendimento de óleo (g planta^{-1}) e rendimento de proteína (g planta^{-1}) de experimentos conduzidos em casa de vegetação nas safras 2015/16 e 2016/17, Guarapuava - PR.

Fonte de variação	Rendimento (g planta^{-1})	Óleo (%)	Proteína (%)	Óleo (g planta^{-1})	Proteína (g planta^{-1})
Safra (S)	0,0007¹⁾	0,0134	0,0088	0,0011	0,0010
Cultivar (C)	0,1758	0,0020	0,0019	0,0129	0,4067
S x C	0,3713	0,0065	0,0240	0,2225	0,0845
Restrição hídrica(R)	<0,0001	0,1435	0,0608	<0,0001	<0,0001
R x S	0,0150	0,2435	0,0629	0,0266	0,0023
R x C	0,4476	0,2151	0,0301	0,3786	0,3484
R x S x C	0,6662	0,1328	0,6224	0,5865	0,7319
Média geral	8,9	21,4	33,2	1,88	2,93
CV 1 (%)²⁾	8,56	2,80	2,18	8,99	8,87
CV 2 (%)	11,15	3,07	2,18	10,86	11,38

1) Valor p da análise de variância; 2) CV – Coeficiente de variação

5.2.3 Desdobramento das interações

Apesar da interação significativa, o efeito da restrição hídrica foi semelhante: o rendimento de grãos foi superior nas duas safras para os tratamentos que não foram submetidos ao estresse hídrico (Figura 17). Na safra 2015/16, o tratamento com restrição em R5 não diferiu dos demais tratamentos, porém foi menor que a testemunha e maior que a restrição em todo o ciclo na safra 2016/17. A disponibilidade hídrica é considerada como um dos fatores mais importantes para a maximização do potencial de rendimento da soja (COSTA, 1996). Sem estresse hídrico a cultura conseguiu se desenvolver normalmente, pois o déficit hídrico resulta em alterações fisiológicas na planta diminuindo a taxa de crescimento e conseqüentemente a produtividade (PURCELL; SPECHT, 2004). Pipolo et al. (2004) obtiveram resultados similares ao presente trabalho: todos os tratamentos de estresse hídrico reduziram o rendimento das sementes nas cultivares estudadas. Esses autores verificaram que as plantas que foram submetidas ao estresse durante o florescimento tiveram um período de floração mais curto e produziram menos flores, bem como um número menor de vagens por causa do abortamento de flores. Vários autores citam a água como um dos principais fatores no rendimento de grãos. Farias et al. (2009) afirmam que a soja responde a balanços hídricos

regulares durante o seu desenvolvimento.

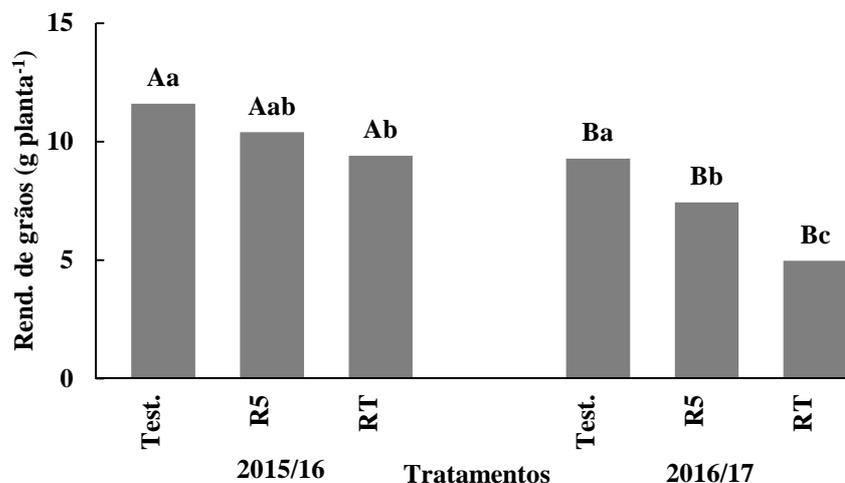


Figura 17. Rendimento de grãos (g planta⁻¹) de três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidas em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam os tratamentos entre as safras e as minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teor de óleo encontrado na safra 2015/16 foi maior na cultivar TMG 7262 em comparação a cultivar BMX Apolo, porém na safra 2016/17 não se observou diferença entre as cultivares (Figura 18). O resultado da safra 2015/16 é semelhante ao resultado observado no experimento a campo (Figuras 8 e 9). Dessa forma deduz-se que a cultivar TMG 7262 produz grãos com maior teor de óleo comparado a cultivar BMX Apolo na maior parte dos locais em que são cultivados.

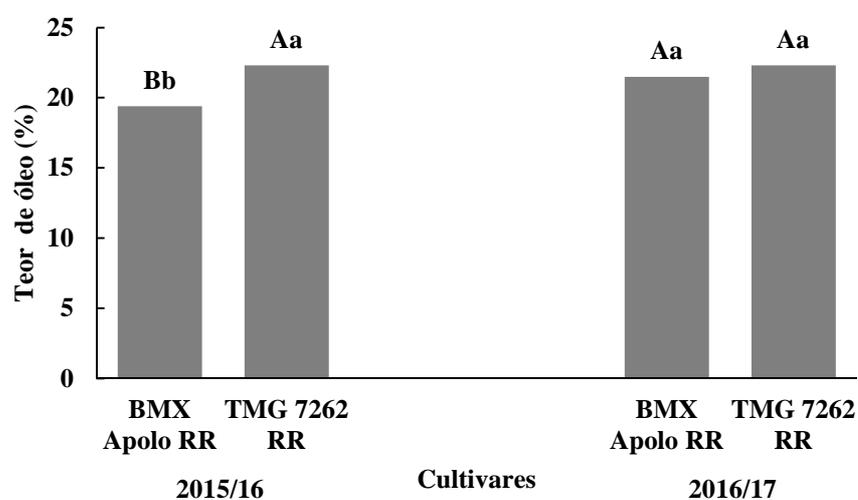


Figura 18. Teores de óleo (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17

conduzidos em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares entre as safras e as minúsculas comparam as cultivares dentro da mesma safra os locais em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar BMX Apolo avaliada na casa de vegetação obteve maior teor de proteína que a cultivar TMG 7262, com exceção do observado na safra 2016/17 em que não se constatou diferença entre as cultivares (Figura 19). Dessa forma conclui-se que a cultivar BMX Apolo produz grãos com maior teor de proteína que a cultivar TMG 7262 na maior parte dos locais em que são cultivados. Isso ocorreu também nos dados obtidos nos experimentos conduzidos a campo (Figuras 11 e 12), onde em todos os locais de avaliação e nas duas safras a cultivar BMX Apolo produziu grãos com maior teor de proteína.

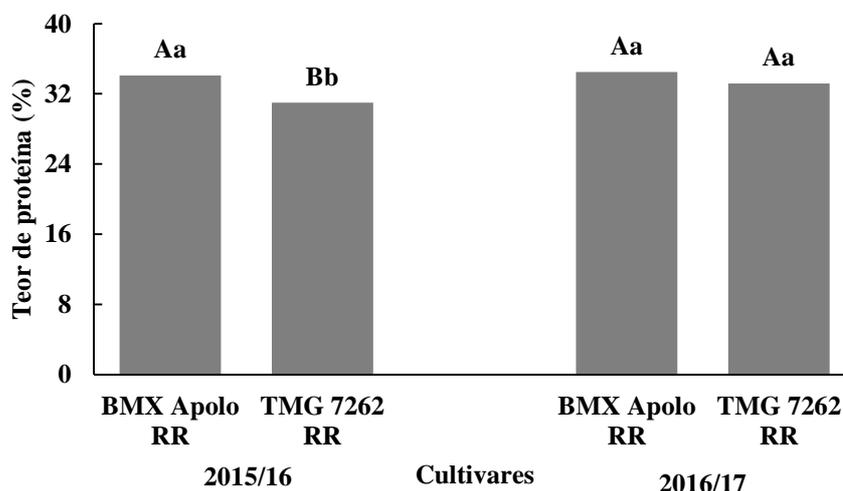


Figura 19. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam a mesma cultivar entre as safras e as minúsculas comparam as cultivares na mesma safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar BMX Apolo produziu grãos com teor de proteína maior que a cultivar TMG 7262 em todos os tratamentos de restrição hídrica, sendo que na média dos tratamentos foi 7% superior a cultivar TMG 7262 (Figura 20). Estes dados estão em conformidade com os resultados obtidos a campo, onde a cultivar TMG 7262 obteve teores de proteína inferiores. A BMX Apolo atingiu os maiores teores de proteína quando submetida à restrição hídrica durante todo o período de desenvolvimento, diferindo dos outros tratamentos. Esses dados confirmam os resultados de Albrecht et al. (2008) que verificaram aumento nos teores de

proteína em condições de restrições hídricas. Já Dornbos e Mullen (1992) observaram aumento do teor de proteína quando a cultura sofreu restrição hídrica na fase de enchimento de grãos. Por outro lado, Wilson (2004) concluiu que plantas concentram mais óleo ao invés de proteína quando submetidas a estresse hídrico, afirmando que ocorre redução de disponibilidade hídrica à medida que as temperaturas aumentam. A falta de água torna ineficaz a fixação biológica do nitrogênio, podendo interferir no conteúdo de proteína do grão (SERRAJ et al., 1999). Paek et al. (1997) verificaram distinção na concentração de proteínas devido a diferentes fontes de nitrogênio fornecido e observaram que a soja aumenta o teor de proteína do grão quando se fornece mais nitrogênio. Nakasathien et al. (2000) testaram a hipótese de que o aumento na concentração de proteína no grão é regulado através de fornecimento de fontes a base de nitrogênio para sementes em desenvolvimento. Portanto, a influência da água nos teores de proteína nos grãos de soja é controversa.

Traçando um paralelo com as condições de campo, observou-se resultados similares, em que nas safras 2016/17 houve menos precipitação pluviométrica (Figura 2). Nesse caso os teores de proteína ficaram maiores, os rendimentos de proteína a campo também são similares em que foram alcançados rendimentos de proteína de 1885 kg ha⁻¹ na safra 2015/16, quando choveu mais e 2069 kg ha⁻¹ na safra 2016/17, quando choveu menos.

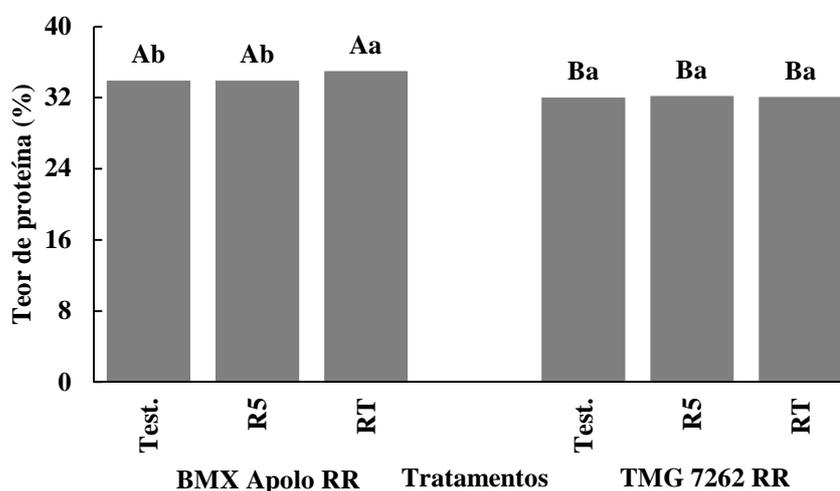


Figura 20. Teores de proteína (%) em base seca de duas cultivares e três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam as cultivares no mesmo tratamento de restrição hídrica e as minúsculas comparam os tratamentos de restrição hídrica na mesma cultivar e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os maiores rendimentos de óleo foram obtidos na testemunha, sem influência do estresse hídrico (Figura 21). Apesar da interação significativa, o rendimento de óleo nas duas safras sofreu influência semelhante da restrição hídrica. À medida que se impôs maior estresse hídrico, os rendimentos de grãos decresceram, conseqüentemente os valores de rendimento de óleo também. Observa-se que na segunda safra se obteve produção de óleo menor em todos os tratamentos. O estresse hídrico na safra 2016/17 foi provavelmente maior, pois foi necessário realizar irrigações com frequência maior nessa safra (Tabela 5).

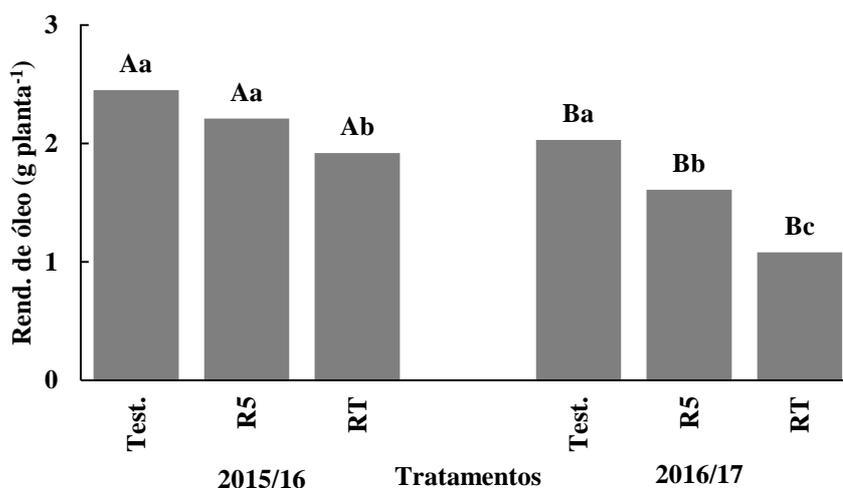


Figura 21. Rendimento de óleo (g planta⁻¹) de três níveis de irrigação nas safras 2015/16 e 2016/17 conduzidos em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam os tratamentos entre as safras e as minúsculas comparam os tratamentos sem cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os maiores rendimentos de proteína foram obtidos nas testemunhas que não sofreram estresse hídrico (Figura 22). Entretanto na safra 2015/16 o tratamento com restrição em R5 não diferiu da testemunha. À medida que se impôs os níveis de estresse hídrico os rendimentos de grãos decresceram (Figura 17) influenciando diretamente o rendimento de proteína.

Na safra 2016/17 a produção de proteína decaiu devido às condições ambientais dentro da casa de vegetação apresentar distinção de uma safra para outra, sendo necessário um maior número de irrigações, porém, com volumes menores. Quando a restrição hídrica ocorreu durante todo o ciclo da cultura foram observados os menores rendimentos para proteína, de acordo com o que já foi observado, as cultivares mantiveram ou aumentaram os teores de proteína na presença do estresse hídrico. Entretanto, no caso do rendimento de proteína, esses valores diferem porque essa variável possui influência do rendimento de grãos.

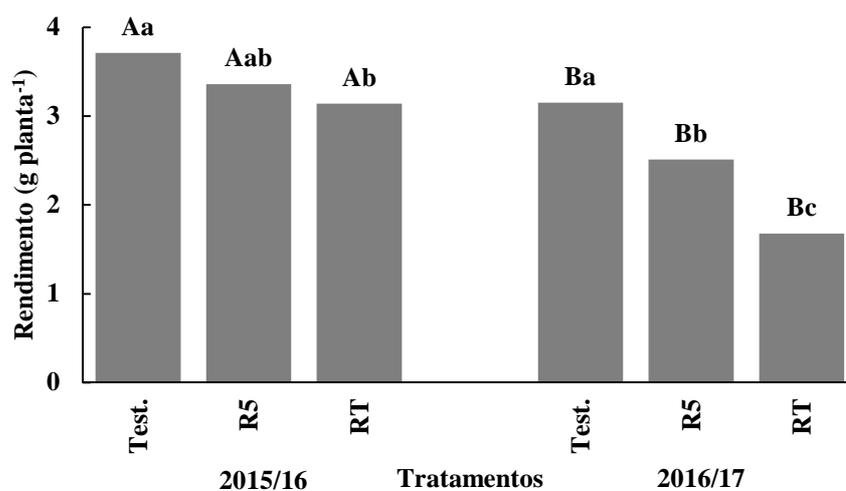


Figura 22. Rendimento de proteína (g planta⁻¹) de duas safras e três níveis de irrigação conduzidos em casa de vegetação.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula comparam os tratamentos entre as safras e as minúsculas comparam os tratamentos em cada safra e não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

6. CONCLUSÕES

O município de Roncador situado a cerca de 700 m de altitude possui temperatura maior e a soja cultivada nesse local resultou em grãos com maior teor de óleo, seguido de Candói que entre os locais da região fria possui temperatura maior. Por outro lado, Pinhão e Entre Rios, situados em altitudes de 860 a 1100 m, respectivamente, possuem temperatura menor, sendo que a soja produzida nesses locais resultou em grãos com maior teor de proteína.

Os teores de proteína foram maiores na safra 2016/17 quando se registrou precipitações e temperaturas menores, mostrando consistência com os resultados obtidos em casa de vegetação.

No campo a temperatura mostrou ser um fator mais importante na obtenção dos teores de proteína e de óleo do que os índices de pluviosidade.

De modo geral, a cultivar TMG 7262, de ciclo mais tardio que a BMX Apolo, produziu grãos com maior teor de óleo tanto nos ensaios a campo quanto em casa de vegetação; de forma inversa, a cultivar a BMX Apolo produziu grãos com maior teor de proteína nas duas modalidades de experimento.

O estresse hídrico em todo o ciclo aumentou o teor de proteína de grãos da cultivar BMX Apolo em relação ao estresse hídrico em R5 e a ausência de estresse hídrico. Na TMG 7262 o resultado não foi significativo, isto é, o cultivo sob restrição hídrica durante todo o ciclo ou durante o estágio R5 não resultou em variação no teor de proteína de grãos dessa cultivar.

O estresse hídrico, tanto em R5 quanto durante todo o ciclo, não afetou o teor de óleo de grãos de soja em nenhuma das cultivares estudadas.

O rendimento de óleo e proteína é altamente influenciado pelo rendimento de grãos. Tal fato foi observado tanto nos experimentos a campo quanto em casa de vegetação.

A resposta dos tratamentos às variáveis estudadas nos experimentos a campo apresentou grande similaridade com os experimentos em casa de vegetação, demonstrando que a resposta dos genótipos estudados e das variações ambientais observadas ou impostas é robusta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o comportamento de genótipos distintos de soja cultivados em ambientes heterogêneos, observou-se que os teores de óleo e proteína de grãos de soja, além de serem governados geneticamente, são influenciados pelo clima onde a cultura é cultivada. Ficou claro que a resposta da cultivar depende do local e vice-versa, ou seja, há interação entre essas duas variáveis na produção de óleo e proteína.

O trabalho demonstrou que existem características diferentes e inversa na obtenção dos teores de óleo e proteína entre as cultivares testadas. A Cooperativa Agrária tem na BMX Apolo um dos maiores percentuais de área semeada nas últimas 10 safras e na TMG 7262 nas últimas cinco safras. Juntas essas duas cultivares somam em média 40% no total da área semeada pelos cooperados da Agrária e da região. Portanto, conhecer a aptidão de cada cultivar é importante para decidir que características se busca atender.

A região de Guarapuava tem se destacado pelo aumento de rendimento de grãos de soja a cada safra. Com os resultados do presente trabalho evidencia-se a importância do aumento do rendimento para a indústria esmagadora, porque a quantidade total de óleo e proteína é altamente influenciada pelo rendimento de grãos obtidos em um determinado local. Os valores da tonelada de óleo e do farelo dependem muito da demanda e são negociados com base na bolsa de Chicago, ou seja, também sofrem influência da cotação da moeda americana (dólar). Atualmente os valores giram em torno de U\$\$ 336,54 a tonelada de farelo e U\$\$ 839,45 a tonelada de óleo.

Nos últimos anos a dificuldade encontrada pela indústria para conseguir produzir farelo com 46% de proteína é grande, a retirada do tegumento algumas vezes se faz necessária para atingir percentuais de proteína maiores tendo em vista que o tegumento representa 7,3% do peso e apresenta teor de proteína ao redor de 8,8% e teor de óleo ao redor de 1% em base seca (PERKINS, 1995). O farelo e o óleo de soja comercializados, tanto no Brasil quanto fora, devem estar dentro das especificações contratuais ditadas pela Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) para exportação, e pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), Portaria 795, para o mercado interno.

A indústria utiliza a fórmula abaixo para estimar a proteína esperada no farelo (PEF), dando boa referência da qualidade da soja exigida pela indústria esmagadora.

$$PEF = (0,01 * \text{prot}14\% - (0,000485 * \text{oleo}14\% * 0,01)) / (0,9829 - 1,10968 * \text{oleo}14\% * 0,01) * 100$$

Em que:

PEF: proteína esperada no farelo;

Prot. 14%: Teor de proteína (%) na soja com teor de umidade de 14%

Óleo 14%: Teor de óleo (%) na soja com teor de umidade de 14%

No caso dos resultados obtidos no presente trabalho, aplicando os valores na fórmula para as duas cultivares, identifica-se diferenças para proteína esperada no farelo entre as duas cultivares. A BMX Apolo testada em duas safras com teor de umidade de 14%, teor de óleo 19,72% e proteína 35,37%, consegue atingir um nível de PEF de 46,30. De acordo com a ANEC-71, o farelo deve conter no mínimo 46% de proteína, portanto essa cultivar atende às especificações. Já a cultivar TMG 7262 com teor de umidade de 14%, teor de óleo 22,18% e proteína 32,14%, consegue atingir um nível de PEF de 43,60. Dessa forma essa cultivar sofreria deságio na comercialização de seus grãos. Isso demonstra que para a indústria de farelo a cultivar BMX Apolo tem melhor qualidade e se torna mais interessante e menos onerosa no processo de extração, já a cultivar TMG 7262 seria uma melhor opção a indústria de óleo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M.R, 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**, v. 67, n. 04, p. 865-873, 2008.

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, v. 49, p. 801-808, 2009.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e B combustíveis. Publicações ANP. **Anuário Estatístico**. Disponível em:<<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

ALVES, B. J.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 1-9, 2003.

BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. **Crop Science**, v. 40, n. 4, p. 1070-1078, 2000.

BELLALOU, N, SMITH, R. J.; RAY, D. J.; GILLEN, M. A. Effect of maturity on seed composition in the early soybean production system as measured on near-isogenic soybean lines. **Crop Science**, v. 49, n. 2, p. 608-620, 2009.

BOARD, J. E.; KAHLON, C. S. Soybean yield formation: what controls it and how can be improved. In.: EL-SHEMY, H. A. **Soybean Physiology and Biochemistry**, In Tech, p. 2-36, 2011.

BORDIGNON, J. R.; LONG, S. P.; ENGESETH, N. J. Influência da composição atmosférica no comportamento da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4. 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 2006. p. 70-73.

BURTON, J. W. Recent developments in breeding soybeans for improved oil quality. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 93, n. 4, p. 121-128, abr. 1991.

CHUNG, J.; BABKA, H. L.; GRAEF, G. L.; STASWICK, P. E.; LEE, D. J.; CREGAN, P. B.; SHOEMAKER, R. C.; SPECHT, J. E. The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. **Crop Science**, v. 43, p. 1053-1067, 2013.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento**. Brasília: Conab, 2017. 125p. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 20mar. 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento**. Brasília: Conab, 2017. 119p. Disponível em:<

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 20mar. 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sexto levantamento**. Brasília: Conab, 2017. 125p. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2017.

COSTA, J. A. **Cultura da Soja**. Porto Alegre: I. Manica, 1996. 233p.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, jul./ago. 2000.

Cultivares selecionadas para o máximo rendimento. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/>>. Acesso em: 22 set. 2017.

DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 69, p. 228-231, 1992.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja**: Região Central do Brasil, 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. (Sistemas de Produção/Embrapa Soja, n.13).

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja**: Região Central do Brasil, 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

ERHAN, S. V. **Industrial uses of vegetable soils**. Champaign: AOCS Press, 2005. FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja**. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009, p.263-277.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

FEHR, W. R. Breeding for Modified Fatty Acid Composition in Soybean. **Crop Science**, Madison, v.47. supl. 3, p. S72-S87, dez. 2007.

FIGUEIREDO, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R. Performance of soybean genotypes under high intensity drought stress in greenhouse conditions. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 342-349, jun. 2011.

GIBSON, L. R.; MULLEN, R. E. Soybean seed composition under high day and night growth temperatures. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 73, n. 6, p. 733-737, 1996.

GIBSON, L. R.; MULLEN, R. E. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Science**, v. 36, n. 6, p. 1615–1619, 1996.

GRAEF, G.; LAVALLEE, B. J.; TENOPIR, P.; TAT, M.; SCHWEIGER, B.; KINNEY, A. J.; GERPEN, J. H. V.; CLEMENTE, T. E. A high-oleic-acid and low-palmitic-acid soybean: agronomic performance and evaluation as a feedstock for biodiesel. **Plant Biotechnology Journal**, Bethesda, v. 7, n. 5, p. 411-421, jun. 2009.

HAYATI, R.; EGLI, D. B.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Independence of nitrogen supply and seed growth in soybean: studies using an in vitro culture system. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 1, p. 33–40, 1996.

HELMS, T. C.; ORF, J. H. Protein, oil and yield in soybean lines selected for increased protein. **Crop Science**, v.38, p.707-711, 1998.

HESKETH, J. D.; MYHRE, D. L. WILLEY, C. R. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. **Crop Science**, v.13, p.250-254, 1973.

HOFSTRA G. Responses of soybeans to temperature under high light intensities. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 52, p. 535-543, 1972.

HOU, G.; ABLETT, G. R.; PAULS, K. P.; RAJCAN, I. Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Urbana, v. 83, n. 9, p. 759-763, set. 2006.

HOWELL, R. W.; COLLINS, F. I. Factors affecting linolenic and linoleic acid content of soybean oil. **Agronomy Journal**, v. 49, p. 593–597, 1957.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio com a cultura da soja. In: WORKSHOP NITROGENIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, Dourados, MS. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 51-75 (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128)

HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment**. [s.l.] Springer, 2005. p. 25–42.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. Ed. São Paulo: IAL, 2005, 1018 p

LIMA, E. V. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta**. Dissertação Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 2001.125p.

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A.C. **Tecnologia para a produção de óleo de soja: descrição das etapas equipamentos, produtos e subprodutos**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 171).

MORAES, R. M. A. JOSE, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G. Biochemical characterization of high protein soybean lines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 715–729, maio 2006.

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

NAKASATHIEN, S.; ISRAEL, D. W.; WILSON, R. F. Regulation of seed protein concentration in soybean by supra-optimal nitrogen supply. **Crop Science**, v. 40, n. 5, p. 1277–1284, 2000.

NELSON, D. R.; BELLVILLE, R. J.; PORTER, C. A. Role of nitrogen assimilation in seed development of soybean. **Plant Physiology**, v.74, p.128-133, 1984.

NOGUEIRA, S. S. S., NAGALI, F. Effect of simulated water stress during different stages of the early soybean cultivars Paraná. **Bragantia**, v. 47, n.1, 1988.

OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**. 2010. 78f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

PAEK, N. C.; INSANDE, J.; SHOEMAKER, R. C.; SHIBLES, R. Nutritional control of soybean seed storage protein. **Crop Science**, v.37, p.498-503, 1997.

PERKINS, E. G. Composition of soybeans and soybean products. **Practical handbook of soybean processing and utilization**, v. 928, 1995.

PIPER, E. L.; BOOTE, K. I. Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentrations. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 76, n. 10, p. 1233–1241, out. 1999.

PIPOLO, A. E.; SINCLAIR, T. R.; CAMARA, G. Protein and oil concentration of soybean seed cultured in vitro using nutrient solutions of differing glutamine concentration. **Annals of Applied Biology**, v. 144, n. 2, p. 223–227, 2004.

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**.2002.128p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PÍPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, C. J.; JUNIOR, B. A. A.; DEBIASE, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 15 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 86).

PURCELL, L. C.; SPECHT, J. E. Physiological traits for ameliorating drought stress. In: BOERMA, H. R.; SPECHT, J. E. **Soybeans: Improvement, production and use**. Madison: American Society of Agronomy. 2004. 1180p.

RANGEL, M. A. S.; CAVALHEIRO, L. R.; CAVICHIOLLI, 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**. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 17), Embrapa, Dourados, 2004.

REN, C.; BILYEU, K. D.; BEUSELINCK, P. R. Composition, Vigor, and Proteome of Mature Soybean Seeds Developed under High Temperature. **Crop Science**, v 49, p. 1010-1022, 2009.

RODRIGUES, J. I. D. S., ARRUDA, K. M. A., PIOVESAN, N. D., BARROS, E. G. D.; MOREIRA, M. A. Selection of progenitors for increase in oil content in soybean. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 661–667, 2016.

SALEM, M. A.; KAKANI, V. G.; KOTI, S.; REDDY, K. R. Pollen-based screening of soybean genotypes for high temperatures. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 219–231, 2007.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI-FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 27-31, jan./mar. 2004.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT J. E.; WALTERS, D. T. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, v. 108, n. 1, p. 1–13, 2008.

SANTOS, A. L.; SAKOMURA, N. K.; FREITAS, E. R.; FORTES, C. M. L. S.; CARRILHO, E. N. M.; FERNANDES, J. B. K. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, out. 2005.

SEDIYAMA, T.; ALMEIDA, L. D. A de; MIYASAKI, S.; KIIHL, R. A. S. Genética e melhoramento. In: FUNDAÇÃO CARGILL, Campinas. **A soja no Brasil Central**. 2. Ed. Ver. Ampl. Campinas, 1982. P. 23-74.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L. C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 331, p. 143-155, set. 1999.

SINCLAIR, T. R.; DE WIT, C. T. Analysis of the carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agronomy Journal**, v. 68, n. 2, p. 319–324, 1976.

SINCLAIR, T. R. Improved carbon and nitrogen assimilation for increased yield. **Soybeans: Improvement, production, and uses**. p. 537–568, 2004.

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. 06, p.1586-1593, 2009.

STREETER, J.; WONG, P. P. Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1–23, 1988.

TMG 7262 RR - TMG. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7262-rr>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

UNITED STATES. Department of Agriculture. **GAIN Report**. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

USDA-Foreign Agriculture Service (USDA-FAS). 2014. **Oil seeds: World markets and trade report**. Disponível em: <<http://fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016

VELLO, N. A.; SILVA, L. A. S. Genética busca atender ao consumo humano crescente. **Visão Agrícola**, v.3, n.05, p.60- 62, 2006.

WILCOX, J. R.; GUODONG, Z. Relationships between seed yield and seed protein in determinate and indeterminate soybean populations. **Crop Science**, v. 37, p.361–364, 1997.

WILSON, R. F. Seed composition. In: BOERMA, H. R., SPECHT, J. E (Ed.). **Soybeans: Improvement, Production, and Uses**. 3. ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 2004. p. 621-677.

WOLF, R. B. et al. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 59, n. 5, p. 230–232, 1982.

YAZDI-SAMADI, B.; RINNE, R. W.; SEIF, R. D. Components of developing soybean seeds: oil, protein, starch, organic acid and amino acids. **Agronomy Journal**, v.69, p. 481-486, 1977.

ZARKADAS, C. G.; GAGNON, C.; GLEDDIE, S.; KHANIZADEH, S.; COBER, E. R; GUILLEMETTE, R. J. D. Assessment of the protein quality of fourteen soybeans [Glycine max (L.) Merr.] cultivars using amino acid analysis and two-dimensional electrophoresis. **Food Research International**, Ontario, v. 40, n. 1, p. 129-146, jan. 2007.