

MARIA DE FÁTIMA DOS SANTOS RIBEIRO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA CULTURA DO
GIRASSOL EM SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DO
SUDESTE PARANAENSE**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Edelclaiton Daros
Co-orientadores: Prof.Dr. Eduardo Favero Caires
Dr. Philippe Debaeke

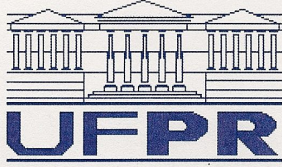
CURITIBA

2010

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor Tratamento da Informação BICEN/UEPG

R484d Ribeiro, Maria de Fátima dos Santos
Desempenho agrônômico e econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense / Maria de Fátima dos Santos Ribeiro. Curitiba, 2010.
156f.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Área de Concentração em Produção Vegetal
Orientador : Prof. Dr. Edelclaiton Daros
Co-orientadores : Prof. Dr. Eduardo Favero Caires
Dr. Philippe Debaeke
1. *Helianthus annuus*. 2. Análise multivariada .
3. Biodiesel. 4. Sistemas de produção. I. Daros, Edelclaiton.
II. Caires, Eduardo Favero. III. Debaeke, Philippe. IV. T.

CDD: 633.39



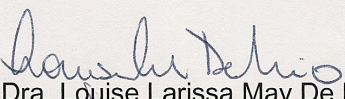
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

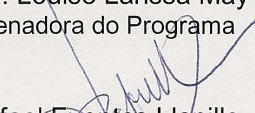
PARECER

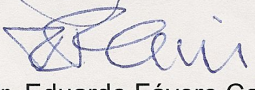
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **MARIA DE FÁTIMA DOS SANTOS RIBEIRO**, sob o título “**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DO SUDESTE PARANAENSE**”, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

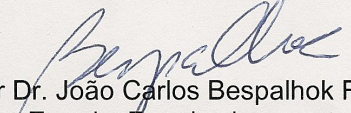
Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

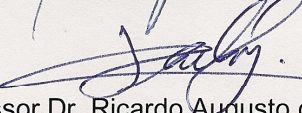
Curitiba, 31 de Agosto de 2010.

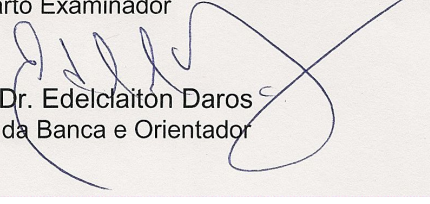

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio
Coordenadora do Programa


Dr. Rafael Fuentes Llanillo
Primeiro Examinador


Professor Dr. Eduardo Fávero Caires
Segundo Examinador


Professor Dr. João Carlos Bessalho Filho
Terceiro Examinador


Professor Dr. Ricardo Augusto de Oliveira
Quarto Examinador


Professor Dr. Edelclaiton Daros
Presidente da Banca e Orientador

*Dedico este trabalho
ao meu pai, José Mauro Cândido
Ribeiro (in memorian);
à minha querida mãe,
Francisca, que em meio às
dificuldades, trabalhou árduamente
para que eu pudesse chegar até aqui;
à minha linda filha Beatryz, fonte de
minha inspiração;
ao Cloter, meu companheiro
espiritual;
e a todos os agricultores familiares,
que, com o seu trabalho, produzem o
alimento sagrado.*

AGRADECIMENTOS

Ao IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná e à UFPR – Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Edelclaiton Daros, pela orientação segura e pela confiança.

Ao Prof. Dr. Eduardo F. Caires, pela valiosa contribuição como co-orientador.

Ao Dr. Philippe Debaeke, pela disponibilidade em me receber e orientar durante o estágio de doutorado junto ao INRA/Toulouse, pela amizade e hospitalidade.

Ao Dr. José Augusto T. de F. Picheth, diretor-presidente do IAPAR, pelo apoio para a realização do doutorado.

Ao Dr. Francis Sevilla, diretor-presidente do INRA – Institut National de la Recherche Agronomique/Midi-Pyrennées (*in memorian*), e ao amigo de sempre, Roland Pirot, por terem “aberto as portas” para o estágio de doutorado.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pelo auxílio financeiro ao estágio de doutorado. Ao MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário e à Petrobrás/SIX, pelo apoio financeiro ao trabalho de tese.

Aos queridos colegas do IAPAR, profissionais de C&T Edson Marcio de Siqueira, José Alfredo B. dos Santos, José A. Olzewski, Andressa A. e Silva, Ranieri R. Nogueira e Augusto Iurkiw Jr., aos eng. Agr. Elton Zemke, Itamara Starke e Josefa Pereira e aos funcionários Aldo A. e Silva, Iziquiel Bonfati e Vilmar Vargenski pelo apoio nos trabalhos de campo. Aos pesquisadores M. Celina J. Leme, Graziela Barbosa e Luiz Zanão Jr., ao químico Vicente Parabocz. e às estagiárias Elaine Kregeroski e Luciane Tumaski pelas análises de laboratório. À Jacqueline Buratto e à Rafaela Desiderato, da Área de Documentação do IAPAR, pela eficiente busca do material bibliográfico. Ao pesquisador João H. Caviglione, pela confecção dos mapas.

Aos pesquisadores do IAPAR, Maria Elisabeth Vasconcellos, Luiz O. Colasante, Rafael Fuentes, Dalziza de Oliveira, Jadir Rosa, Rogério Farias e Laíse Pontes, aos profissionais de C&T Dacio Benassi e Giovani Thomaz, às professoras da UEPG, Neyde Giarola e Augusta Pelinski, aos pesquisadores da EMBRAPA, Regina M. V. B. Correia, César de Castro e Maria Izabel Radomski, e ao pesquisador Pierre Casadebaig, do INRA, pelas contribuições técnicas e metodológicas. À pesquisadora Vânia Moda Cirino pelo apoio e ao eng. Agr. Richardson de Souza, da SEAB/DERAL, pelas informações econômicas. À Angela M. de Oliveira, da BICEN/UEPG, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFPR, pelos ensinamentos.

À Cleonice M. Contini, da Diretoria de Gestão de Pessoas do IAPAR, à Lucimara Antunes, da secretaria do PPGPV/UFPR, e à Sra. Françoise Roux, do INRA, pelo apoio administrativo.

À colega de “bureau”, Julie Soudais, pela amizade e apoio durante o período de estágio.

Ao Cloter, companheiro de todas as horas, por ter proporcionado, entre revisões de abstracts, ACPs e dendrogramas (no R, é claro!), a estabilidade para que eu pudesse cumprir esta etapa.

À minha mãe, pelo apoio incondicional de sempre.

À Bya, por ter aguentado a “mãe estressada”.

A todos os agricultores e suas famílias, que gentilmente forneceram as suas áreas, o seu tempo e compartilharam a sua mesa, meu especial agradecimento. Que vocês sejam felizes.

BIOGRAFIA DA AUTORA

MARIA DE FÁTIMA DOS SANTOS RIBEIRO, filha de José Mauro Cândido Ribeiro e Francisca Germano dos Santos Ribeiro, e mãe de Beatriz, nasceu em São Paulo, capital, em 14 de novembro de 1959.

Em 1978, ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, obtendo a graduação em 1982.

Em 1989, concluiu o mestrado em Engenharia Agrícola – Área de Concentração em Mecanização Agrícola, pela Universidade Federal de Santa Maria.

É pesquisadora do Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, onde atua desde 1988, em atividades de pesquisa e desenvolvimento junto aos programas Sistemas de Produção e ao Programa Agroenergia, recentemente implantado na Instituição.

Em 1992, participou do Curso Internacional em Pesquisa Orientada ao Desenvolvimento Rural do ICRA – International Centre for Research Oriented to Development in Agriculture, em Wageningen, Holanda, onde teve a oportunidade de aprofundar os conhecimentos adquiridos no IAPAR sobre o uso do enfoque sistêmico em pesquisa e desenvolvimento.

Durante o período em que atuou como pesquisadora lotada na Área de Engenharia Agrícola do IAPAR, participou no desenvolvimento de equipamentos e sistemas de plantio direto para a agricultura familiar. A convite do CIRAD – Centre International pour la Recherche Agricole et le Développement – atuou como facilitadora do Programa International DMC – Direct Seeding, Mulch-Based Cropping systems) em Montpellier, França, em 2002 e 2003.

Em 2008, iniciou o curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná. A partir desse ano, passa a integrar a equipe de Fitotecnia do IAPAR, iniciando trabalhos de pesquisa sobre a inserção de plantas oleaginosas em sistemas de produção familiar.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
BIOGRAFIA DA AUTORA	vi
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. O enfoque sistêmico em pesquisa e desenvolvimento.....	20
2.1.1. Características e aplicação.....	20
2.1.2. O Diagnóstico Agrônomo como método de análise sistêmica.....	22
2.1.3. Indicadores de desempenho	24
2.2. Potencial de rendimento da cultura do girassol e rendimentos obtidos em nível de propriedade.....	25
2.3. Ecofisiologia, nutrição e elaboração do rendimento da cultura do girassol.....	28
2.3.1. Fases de desenvolvimento e elaboração do rendimento.....	28
2.3.2. Relações entre fatores edafoclimáticos e elaboração do rendimento.....	32
2.3.2.1. Temperatura.....	32
2.3.2.2. Exigências hídricas da cultura do girassol.....	34
2.3.2.3. Efeitos do estresse hídrico.....	35
2.3.2.4. Mecanismos de adaptação do girassol ao estresse hídrico.....	36
2.3.4. Nutrição do girassol.....	39
2.4. Aspectos econômicos da cultura do girassol.....	46
2.5. Aspectos sócio-econômicos e edafoclimáticos do sudeste paranaense.....	48
2.5.1. Aspectos sócio-econômicos.....	48
2.5.2. Aspectos edafoclimáticos.....	49
2.5.3. Caracterização dos sistemas de produção.....	50
2.6. Referências.....	53
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	61
3.1. Modelo de análise.....	61
3.2. Método e técnicas de análise.....	62
3.3. Caracterização da região.....	63
3.4. Definição dos objetivos de produção e do itinerário técnico de implantação e condução da cultura do girassol.....	65
3.5. Referências.....	68

4. CAPÍTULO I	
ESTIMATIVA DA OCORRENCIA DE DEFICIENCIA HÍDRICA NA CULTURA DO GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE PARANAENSE.....	71
4.1. Resumo.....	71
4.2. Abstract.....	72
4.3. Introdução.....	73
4.4. Material e métodos.....	75
4.4.1. Caracterização das áreas.....	75
4.4.2. Estimativa da ocorrência de deficiência hídrica na cultura.....	76
4.4.3. Análise dos resultados.....	79
4.4.3.1. Análise estatística.....	79
4.4.3.2. Análise de sensibilidade.....	79
4.5. Resultados e discussão.....	81
4.5.1. Precipitação incidente nos subperíodos fenológicos.....	81
4.5.2. Capacidade de armazenamento de água no solo.....	82
4.5.3. Evapotranspiração relativa.....	84
4.5.4. Impacto do aumento da profundidade máxima do sistema radicular na evapotranspiração relativa.....	85
4.6. Conclusões.....	88
4.7. Referências.....	89
5. CAPÍTULO II	
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE PARANAENSE.....	94
5.1. Resumo.....	94
5.2. Abstract.....	95
5.3. Introdução.....	96
5.4. Material e métodos.....	98
5.4.1. Caracterização das situações culturais.....	98
5.4.2. Itinerário técnico de implantação e condução da cultura.....	99
5.4.3. Coleta de dados.....	100
5.4.3.1. Caracterização edafoclimática.....	100
5.4.3.2. Duração dos subperíodos fenológicos.....	101
5.4.3.3. Variáveis de estado hídrico da cultura.....	101
5.4.3.4. Variáveis de elaboração do rendimento e de estado nutricional da cultura....	101
5.4.5. Análise dos dados.....	103
5.4.5.1. Análise agronômica.....	103
5.4.5.2. Análise estatística.....	103
5.5. Resultados e discussão.....	105
5.5.1. Caracterização climática.....	105
5.5.2. Caracterização edáfica.....	107
5.5.3. Elaboração do rendimento.....	109
5.5.4. Duração do ciclo total e dos subperíodos fenológicos.....	111
5.5.5. Relações entre rendimento e seus componentes.....	111
5.5.6. Análise do estado hídrico e nutricional da cultura e relações com o	116

rendimento.....	121
5.5.7. Análise de agrupamento.....	121
5.6. CONCLUSÕES.....	125
5.7. REFERÊNCIAS.....	126
6. CAPÍTULO III	
DESEMPENHO ECONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DO SUDESTE PARANAENSE.....	130
6.1. Resumo.....	130
6.2. Abstract.....	131
6.3. Introdução.....	132
6.4. Material e métodos.....	134
6.4.1. Caracterização dos estabelecimentos agrícolas.....	134
6.4.2. Itinerário técnico de implantação e condução da cultura.....	135
6.4.3. Coleta e análise de dados.....	136
6.5. Resultados e discussão.....	140
6.5.1. Demanda de mão-de-obra e custo de produção.....	140
6.5.2. Relações entre variáveis de desempenho econômico.....	143
6.6. Conclusões.....	147
6.7. Referências.....	148
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
8. ANEXOS.....	153

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	Rendimento de aquênios de girassol entre 2006 e 2009, obtidos nos estados produtores brasileiros.....	28
TABELA 2.2	Características dos sistemas de produção predominantes na região de Irati, safra 2002/2003.....	50
TABELA 3.1	Distribuição dos talhões quanto às classes de teores de nutrientes em amostras de solo coletadas a duas profundidades.....	64
TABELA 4.1	Caracterização das situações culturais quanto à cultivar, ano de implantação e datas de semeadura e maturação fisiológica.....	76
TABELA 4.2	Estatística descritiva das precipitações nos subperíodos fenológicos, para as safras 2008 e 2007.....	81
TABELA 4.3	Estatística descritiva de algumas características físicas e químicas dos solos, safras 2007 e 2008.....	83
TABELA 4.4	Estatística descritiva da CAD e das variáveis utilizadas para o seu cálculo, safras 2007 e 2008.....	83
TABELA 4.5	Valores médios de evapotranspiração relativa nos diferentes subperíodos fenológicos para cada classe, safras 2007 e 2008.....	84
TABELA 5.1	Caracterização das situações culturais quanto à localização, ano de implantação, cultivar e data de semeadura.....	98
TABELA 5.2	Descrição das variáveis analisadas.....	104
TABELA 5.3	Estatística descritiva dos valores de precipitação e radiação incidente nos subperíodos fenológicos do girassol, para as safras 2007 e 2008.....	107
TABELA 5.4	Estatística descritiva das características físicas e físico-hídricas dos solos, safras 2007 e 2008.....	108

TABELA 5.5	Estatística descritiva dos componentes do rendimento obtidos nas safras 2007 e 2008.....	109
TABELA 5.6	Valores p para as médias de componentes do rendimento para as cultivares BRS 122 e Helio 250, pelo teste <i>t</i> de Student.....	110
TABELA 5.7	Duração dos subperíodos fenológicos e duração do ciclo total observados nas 26 situações culturais, safras 2007 e 2008.....	111
TABELA 5.8	Porcentagem da variância total e variância acumulada explicada pelas componentes principais correlacionadas às variáveis de componentes do rendimento, safras 2007 e 2008.....	112
TABELA 5.9	Coefficientes de correlação entre as variáveis de componentes do rendimento e as componentes principais, safra 2008.....	114
TABELA 5.10	Coefficientes de correlação entre as variáveis de componentes do rendimento e as componentes principais, safra 2007.....	114
TABELA 5.11	Estatística descritiva das variáveis de estado nutricional (teores de nutrientes no tecido foliar) e estado hídrico (evapotranspiração relativa) da cultura, safra 2008.....	115
TABELA 5.12	Percentual de observações em cada classe de teores de nutrientes no tecido foliar, conforme critérios estabelecidos por CASTRO e OLIVEIRA (2005), safra 2008.....	117
TABELA 5.13	Porcentagem da variância total e variância acumulada explicada pelas componentes principais correlacionadas às variáveis de estado hídrico e estado nutricional da cultura, safra 2008.....	118
TABELA 5.14	Coefficientes de correlação entre as variáveis de estado hídrico, estado nutricional e o número de aquênios por capítulo, e as componentes principais, safra 2008.....	118
TABELA 5.15	Coefficientes de correlação linear entre a quantidade total de nutrientes extraída pela cultura e o número de aquênios por capítulo ..	119
TABELA 5.16	Caracterização das classes segundo as variáveis de componentes do rendimento, de estado nutricional e estado hídrico da cultura, safra 2008.....	120

TABELA 6.1	Caracterização sócio-econômica e edáfica das situações estudadas.....	135
TABELA 6.2	Modelo de regressão e taxa de crescimento dos preços de fertilizantes simples para ao período de 2000 a 2007.	138
TABELA 6.3	Valores máximo e mínimo de demanda de mão-de-obra, custo operacional efetivo e custo operacional total obtidos para as modalidades de mecanização tração animal, intermediário e totalmente mecanizado, safras 2007 e 2008.	140
TABELA 6.4	Valores mínimos e máximos de participação dos fatores no custo operacional efetivo para as modalidades de mecanização Tração Animal, Intermediário e Totalmente Mecanizado, safras 2007 e 2008	142
TABELA 6.5	Porcentagem total da variância e variância acumulada obtidas a partir da matriz de correlação entre as variáveis originais, safras 2007 e 2008.	143
TABELA 6.6	Coefficientes de correlação entre as variáveis originais e as componentes principais, safras 2007 e 2008	144
TABELA 6.7	Descrição das classes de desempenho econômico segundo a Análise de Cluster, safras 2007 e 2008.	146

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Calendário das principais culturas encontradas na região Sudeste Paranaense.....	52
FIGURA 3.1	Modelo de análise adotado para o estudo do desempenho agrônômico e econômico da cultura do girassol.....	61
FIGURA 3.2	Área de abrangência do estudo, com a localização geográfica dos estabelecimentos agrícolas.....	64
FIGURA 4.1	Impacto do aumento da evapotranspiração relativa (ETRel) no subperíodo fenológico com o aumento da profundidade máxima do sistema radicular para as situações culturais constituintes da Classe 1. Médias de 16 situações culturais, safras 2007 e 2008.....	85
FIGURA 4.2	Impacto do aumento da evapotranspiração relativa (ETRel) nos subperíodos fenológicos R4-R6 e R6-R9 com o aumento da profundidade máxima do sistema radicular para as situações culturais constituintes da Classe 2. Médias de 4 situações culturais, safras 2007 e 2008.....	86
FIGURA 4.3	Impacto do aumento da evapotranspiração relativa (ETRel) no subperíodo fenológico VE-R1 com o aumento da profundidade máxima do sistema radicular para as situações culturais constituintes da Classe 4. Médias de 6 situações culturais, safras 2007 e 2008.....	86
FIGURA 5.1	Precipitações e temperaturas médias mensais de uma série histórica (1963-2008) e nas safras 2007 e 2008, registradas na estação meteorológica do IAPAR/SIMEPAR de Fernandes Pinheiro.....	105
FIGURA 5.2	Dendrograma de agrupamento das observações, segundo as variáveis de componentes do rendimento e estado nutricional da cultura, safra 2008.....	122
FIGURA 6.1	Evolução dos preços do superfosfato simples, cloreto de potássio e uréia durante o período de 2005 a 2010 (Fonte: SEAB/DERAL).....	138

FIGURA 6.2	Distribuição do uso da mão-de-obra para o cultivo de 1 ha de girassol, nas modalidades Tração Animal, Intermediário e Totalmente Mecanizado. Médias das safras 2007 e 2008.....	141
FIGURA 6.3	Participação de cada operação no custo total com operações agrícolas para o sistema Totalmente Mecanizado.....	143
FIGURA 6.4	Distribuição das observações no espaço F1 (intensidade de uso de mecanização) – F2 (Margem bruta).....	145

RESUMO

A adição obrigatória do biodiesel ao óleo diesel e os mecanismos de inclusão da agricultura familiar do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, estabeleceram um mercado potencial para as plantas oleaginosas, e uma nova oportunidade para os agricultores familiares. O girassol destaca-se pela qualidade do biodiesel produzido, ampla adaptação climática, possibilidade de agregação de valor e uso dos co-produtos. O presente estudo objetivou avaliar o desempenho agrônomico e econômico da cultura do girassol em sistemas de produção familiar do sudeste paranaense, nas safras 2007 e 2008. Adotou-se o enfoque sistêmico e o diagnóstico agrônomico como método de análise. A cultura do girassol foi implantada em áreas de 5000 m², em solos classificados como Cambissolos. As cultivares BRS 122, CATISSOL e Helio 250 foram semeadas entre início de agosto e início de outubro, a uma densidade de 45.000 plantas.ha⁻¹. A adubação de base foi definida de acordo com a recomendação para a cultura. De acordo com a cultivar, as datas de semeadura e os talhões, 26 situações culturais foram analisadas. O estado hídrico da cultura foi estimado por meio de um modelo de simulação do balanço hídrico, o qual indicou a ocorrência de deficiência hídrica nas duas safras. Os rendimentos de aquênios e de óleo variaram de 961 kg.ha⁻¹ a 1995 kg.ha⁻¹ e de 423 kg.ha⁻¹ a 927 kg.ha⁻¹ respectivamente. Os maiores rendimentos estiveram próximos aos obtidos em ensaios em parcelas experimentais. A Análise de Componentes Principais indicou que a variabilidade nos rendimentos esteve correlacionada com a variabilidade na evapotranspiração relativa em R1-R4 e R4-R6 e com a variabilidade nas quantidades de N, Ca, B e P extraídos pela cultura. O crescimento radicular em profundidade foi limitado pelos altos teores de alumínio no solo em subsuperfície. Simulações com o uso do modelo indicaram que, com uma profundidade máxima do sistema radicular de 0,6 m, não haveria ocorrido deficiência hídrica. Dessa forma, opções tecnológicas que possibilitem a eliminação do alumínio em subsuperfície evidenciam-se como prioritárias para estudos posteriores. O desempenho econômico da cultura do girassol foi avaliado para as modalidades Tração Animal (TA), no qual todas as operações são executadas com tração animal e humana; Intermediário (I), no qual as operações são motomecanizadas, com exceção da colheita, que é manual; e Totalmente Mecanizado (TM), no qual todas as operações são motomecanizadas. A demanda de mão-de-obra variou de 4,0 h.ha⁻¹ (TM), até 104 h.ha⁻¹ (TA). A colheita manual demandou 38,8 h.ha⁻¹. O custo operacional efetivo (COE) variou de R\$378 (TA) a R\$826 (TM). O custo da colheita mecanizada na modalidade TM correspondeu a 71% do custo total das operações. O custo com sementes teve pouca participação no COE, cujos valores por hectare foram de R\$20 para as variedades e R\$93 para o híbrido. O custo com fertilizantes representou de 46,69% a 86,45% do COE. Os resultados da ACP indicaram que a margem bruta esteve positivamente correlacionada com o rendimento de aquênios e negativamente correlacionada com o custo com fertilizantes, e não esteve correlacionada com o custo com sementes e com a intensidade de uso de mecanização. As menores margens brutas por hectare variaram entre R\$180.ha⁻¹ (TM) e R\$ 288 ha⁻¹ (TA e I). As maiores margens brutas variaram entre R\$553.ha⁻¹ (TM) e R\$695.ha⁻¹(TA e I). A alta demanda de mão-de-obra para a colheita manual é um fator restritivo em função da competição com a colheita do feijão e do fumo. Pelo alto custo, a contratação de serviços de terceiros para a colheita mecanizada justificase apenas em situações com altos rendimentos. Dessa forma, necessita-se de opções de colheita mecanizada que incorram em menores custos aos agricultores.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, análise multivariada, biodiesel, sistemas de produção

AGRONOMIC AND ECONOMIC PERFORMANCE OF SUNFLOWER CROP IN FAMILY FARMING SYSTEMS AT THE SOUTHEASTERN REGION OF PARANÁ STATE, BRAZIL

ABSTRACT

The Brazilian Program of Biodiesel established a potential market for oil seed crops and an economic opportunity for family farmers. Sunflower stands out for the quality of the biodiesel produced, adaptation to a wide range of climates, possibility of value-adding and use of its co-products. This study aimed at evaluating the performance of sunflower crop under different agroecological and socio-economic conditions of family farming systems in Southeastern Paraná in the 2007 and 2008 cropping seasons. Sunflower was established in 5000 m² farmers' fields, in soil classified as Inceptissols. Cultivars BRS 122, CATISSOL and Helio 250 were sown between August and October. A population density of 45.000 plants.ha⁻¹ was adopted. The amount of fertilizer was based on the technical recommendation. According to the different cultivar, planting dates and fields, 26 different situations were analyzed. Water crop status was estimated with the use of a simulation model, which indicated the occurrence of water deficit in both cropping seasons. Grain and oil yields ranged from 1995 kg.ha⁻¹ to 961 kg.ha⁻¹ and from 927 kg.ha⁻¹ to 423 kg.ha⁻¹, respectively. Higher yields were near values observed in experiment station trials. Principal Component Analysis indicated that the variability in yields was correlated with the variability in the relative evapotranspiration in R1-R4 and R4-R6 sub-periods and with the variability in the amounts of N, B, Ca and P extracted by the crop. Rooting depth was constrained by the high values of aluminum in the soil subsurface. Model sensitivity analysis indicated that with rooting depth of 0,6 m, water deficit would be avoided. Therefore, soil management options aimed at eliminating aluminum in the subsurface come up as a priority for further studies. Economic performance was assessed according to three different levels of mechanization: Animal Traction (AT), in which operations are performed with animal and human power; Intermediate (I): all operations are performed with mechanical power, except harvesting which is performed with human power; Totally Mechanized (TM): all operations are performed with mechanical power. Total labor requirement ranged from 4 h.ha⁻¹ (TM) to 104 h.ha⁻¹ (AT). Manual harvest required 38,8 h.ha⁻¹. Operational costs (OC) ranged from R\$ 378 (AT) to R\$ 826 (TM). In the TM system, harvest costs comprised 71% of the total cost of agricultural operations. Seeds cost had a minor participation in the OC. Fertilizer costs participation ranged from 46.69% to 86.45% of OC. According to the Principal Component Analysis, the gross margin was positively correlated with grain yields and negatively correlated with fertilizer costs. No correlation was found between gross margin and seed costs and between gross margin and level of mechanization. The lower gross margins ranged from R\$ 180.ha⁻¹ (TM) to R\$ 288 ha⁻¹ (AT and I). Higher gross margins ranged from R\$ 556.ha⁻¹ (TM) to R\$ 695.ha⁻¹ (AT and I). The high labor requirement for manual harvest may be a constraint due to the competition with other agricultural operations such as harvest of common beans and tobacco. Therefore, harvesting options at lower costs are required.

Keywords: *Helianthus annuus*, multivariate analysis, biodiesel, farming systems.

1. INTRODUÇÃO

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), foi lançado em 2004 e objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente, da produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda. Assim, o governo determinou metas progressivas de adição de biodiesel ao diesel, iniciando com a adição obrigatória de 2% a partir de janeiro de 2008. Por meio de resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), desde 1º de janeiro de 2010, o óleo diesel comercializado em todo o Brasil contém 5% de biodiesel, gerando uma demanda de 2,4 bilhões de litros por ano (BRASIL, 2005).

Além da criação de um mercado compulsório, outros mecanismos foram implementados pelo Governo Federal para tornar o ambiente institucional favorável à produção desse biocombustível. Destacam-se o acesso a fontes de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para investimentos em todas as fases da produção de biodiesel, os incentivos do governo para o desenvolvimento de pesquisas para o emprego de matérias-primas alternativas, a garantia de compra da produção de biodiesel por parte da Petrobrás, e o Selo Combustível Social, constituído por um conjunto de medidas específicas que visam estimular a inclusão da agricultura familiar na cadeia de biodiesel. Estabelece-se assim, um novo mercado para as plantas oleaginosas no Brasil, e uma nova oportunidade para os agricultores familiares.

A contribuição do Estado do Paraná na produção nacional de biodiesel ainda é relativamente pequena, com 0,9 % do total comercializado, Segundo a ANP – Agência Nacional de Petróleo – desde o lançamento oficial do PNPB até 2009, a participação paranaense é de 0,9% do total comercializado. Com a instalação recente de usinas no Estado, associada a uma política estadual de incentivo à produção de biodiesel e às biorefinarias, a expectativa é de aumento da demanda por oleaginosas. O Programa Paranaense de Bioenergia tem estimulado diversas ações de pesquisa e desenvolvimento visando a diversificação na produção de matérias-

primas e a inclusão da agricultura familiar. Essas ações – desenvolvidas dentro do programa de pesquisa Agroenergia do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, compreendem o estudo de várias alternativas de espécies oleaginosas, de tecnologias para a extração do óleo em pequena escala, da utilização dos co-produtos e a sua inserção nos sistemas de produção regionais. Nesse último aspecto, reside a problemática da presente tese, que tem como foco a inserção da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense.

A região sudeste paranaense possui características edafoclimáticas e sócio-econômicas que a tornam de interesse ao estudo da inserção da cultura do girassol voltada à produção de biodiesel. No aspecto sócio-econômico, o PNPB beneficiaria um grande número de agricultores, pois a maior parte dos estabelecimentos agrícolas da região são familiares. O clima subtropical, caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano, possibilita o cultivo de até três safras por ano, favorecendo a inserção de plantas oleaginosas nos sistemas de culturas. As características de ciclagem de nutrientes, baixo custo de produção e elevado teor nutricional do óleo e da torta resultante do esmagamento são benefícios adicionais que reforçam o potencial dessa cultura para os sistemas de agricultura familiar. Por outro lado, vários estudos têm apontado para a baixa remuneração obtida pelos produtores, decorrente dos baixos preços recebidos e dos baixos rendimentos da cultura. Estes por sua vez, são atribuídos a diversos fatores bióticos, abióticos e de manejo da cultura, os quais apresentam um certo grau de variabilidade na região.

Antes de se fomentar ou estimular a disseminação de uma determinada tecnologia em uma região – seja uma nova cultivar, uma nova cultura ou uma nova técnica de manejo – é importante quantificar a sua contribuição potencial à melhoria da renda dos sistemas produtivos, bem como identificar e hierarquizar os fatores limitantes ao desempenho agronômico. Entretanto, o resultado agronômico e econômico de uma inovação são resultantes da ação simultânea e da interrelação de vários fatores de ordem edafoclimática, técnica e sócio-econômica. A situação torna-se ainda mais complexa quando, além de um grande número de fatores, estes variam em intensidade em uma determinada região. Nesse sentido, o enfoque sistêmico¹, pode contribuir na medida em que dispõe de ferramentas que permitem compreender uma realidade complexa resultante da atuação simultânea de um grande número de fatores que atuam em maior ou menor grau, em um contexto caracterizado pela diversidade edafoclimática e

¹ O enfoque sistêmico é definido como um quadro referencial o qual, a partir de uma abordagem multidisciplinar, analisa-se as relações e os níveis de organização de um sistema (METTRICK, 1993; BONNEVAL, 1993)

sócio-econômica, como é o caso da agricultura familiar do sudeste paranaense.

Assim, partindo-se da hipótese de que a variabilidade nas condições edafoclimáticas e sócio-econômicas dos sistemas de produção familiar do sudeste paranaense condiciona diferentes níveis de desempenho agrônomo e econômico da cultura do girassol, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar o desempenho agrônomo e econômico da cultura do girassol. Os objetivos específicos foram: a) quantificar as faixas de rendimentos de aquênios e de óleo; b) identificar os fatores correlacionados à variabilidade dos rendimentos; c) quantificar as faixas de desempenho econômico, expressos pela margem bruta e pela demanda de mão-de-obra e d) identificar os fatores correlacionados à variabilidade do desempenho econômico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O enfoque sistêmico em pesquisa e desenvolvimento

2.1.1. Características e aplicação

A essência do método científico pode ser caracterizada como uma sucessão de fases em que análise e síntese se complementam. O enfoque adequado e a utilização do método científico em toda a sua plenitude pressupõem uma visão global do problema (síntese) precedente à partição em elementos mais simples e específicos (análise) que serão investigados. Por meio da síntese, a seleção de problemas, objeto da busca de novos conhecimentos, é feita no contexto amplo do sistema, e com um grau de segurança muito mais elevado quanto à sua relevância na melhoria do processo produtivo (GASTAL, 1980).

A pesquisa exploratória é uma das modalidades da pesquisa científica definidas por Gumuchian, Marois e Fèvre (2000), que consiste em estudar uma questão ou um tema pouco estudado em uma região, com o objetivo de lançar as bases para estudos posteriores. Esta coloca em evidência as características de um determinado fenômeno de forma a propor hipóteses e orientar a pesquisa para questões prioritárias. A pesquisa exploratória é frequentemente associada ao método indutivo, a partir do qual emprega-se ferramentas de descrição e em uma certa medida, de explicação do fenômeno.

Segundo Nabinger (1999), a construção de hipóteses é uma responsabilidade científica e não pode ser elaborada sem referência às situações reais que se busca transformar, sob o risco deste processo ser levado pela subjetividade. Assim, a construção de hipóteses de trabalho deve levar em conta os fundamentos do funcionamento dos sistemas de produção que se deseja melhorar, invertendo-se o processo clássico que vai da experimentação ao produtor. Partindo-se de um diagnóstico prévio das condições de produção, deduz-se as linhas de pesquisa e de ação mais apropriadas a essas condições.

A pesquisa com enfoque sistêmico, ou pesquisa em sistemas de produção, é uma modalidade de pesquisa complementar à pesquisa analítica e tem sido adotada por várias

instituições de pesquisa para atender aos seguintes objetivos: a) na identificação dos resultados mais relevantes gerados pela pesquisa analítica e que sejam potenciais ao desenvolvimento de sistemas de produção² atuais e futuros em uma determinada região; b) no teste e adaptação desses resultados aos sistemas de produção locais, através dos ensaios em propriedades, permitindo o ajuste de produtos aos recursos e objetivos dos agricultores e ao contexto sócio-econômico e institucional e c) na identificação e hierarquização das prioridades para problemas que limitam o desempenho de sistemas de produção locais ou as práticas agrícolas responsáveis, em interação com o ambiente, pela maior parte da variabilidade total da produção agrícola, da qualidade do produto ou do impacto ambiental em uma região (COLLINSON, 2000; DORÉ *et al.*, 2008).

Segundo Meynard, Doré e Habib (2001), a pesquisa com enfoque sistêmico responde a duas problemáticas: enquanto que a primeira busca analisar as práticas dos agricultores, a segunda visa analisar o potencial de alternativas tecnológicas antes de sua disseminação, sejam eles novos sistemas de culturas ou itinerários técnicos que surgem em função de novos mercados, de restrições administrativas ou de uma inovação técnica importante.

Esse enfoque sistêmico de pesquisa traz consigo métodos de experimentação diferentes daqueles utilizados na pesquisa analítica, pois nesta, os esquemas experimentais impõem condições de manejo e de controle do meio muito difíceis, senão impossíveis, de assegurar (NABINGER, 1999), como por exemplo, a variabilidade das condições experimentais. Na pesquisa com enfoque sistêmico, a variabilidade é um aspecto a ser explorado (SEBILLOTE, 2006).

A variabilidade dentro de um agroecossistema é um fenômeno universal e complexo, e ocorre em seus diferentes níveis (planta, cultura, sistema de produção, sistema agrário). Este fenômeno é denominado agrodiversidade e é determinado pela variabilidade dos fatores que compõem o agroecossistema: recursos genéticos, fatores bióticos, abióticos e práticas de manejo. As práticas de manejo por sua vez, são determinadas pelo agricultor, com base em seus objetivos e em um contexto de políticas, preços e mercados também variável e instável (ALMEKINDERS, FRESCO e STRUIK, 1995; MEYNARD, DORÉ e HABIB, 2001). Assim, as saídas de um agroecossistema, expressas por indicadores agronômicos, econômicos e ambientais,

² Combinação de atividades agrícolas e não-agrícolas gerenciadas em resposta ao ambiente físico, biológico e sócio-econômico e de acordo com determinados objetivos, metas e recursos disponíveis (METTRICK, 1993).

variam em função das diversas combinações possíveis entre os fatores que o compõem (ALMEKINDERS, FRESCO e STRUIK, 1995).

2.1.2. O Diagnóstico Agrônomo como método de análise sistêmica

A variabilidade e as relações complexas em um agroecossistema têm sido estudadas por meio de métodos como o Diagnóstico Agrônomo Regional (DORÉ, SEBILLOTE e MEYNARD, 1997) e de ferramentas de análise como os modelos conceituais, os modelos de simulação de culturas, a geoestatística, a análise de risco e as técnicas multivariadas (ALMEKINDERS, FRESCO e STRUIK, 1995; LOYCE; WERY, 2006). O Diagnóstico Agrônomo Regional objetiva verificar as razões pelas quais, em algumas situações agrícolas, não se atinge o nível esperado de desempenho. Esse enfoque leva em consideração a variabilidade de uma região e procura identificar os fatores limitantes dentro de um rede de propriedades (MEYNARD *et al.*, 1996). Mercau *et al.* (2001) ressaltam o valor da combinação de estudos experimentais – que fornecem o conhecimento dos processos – com a pesquisa em propriedades, que quantificam as respostas da cultura em termos de rendimento e dos fatores limitantes.

A análise pode ser estruturada a partir de um modelo conceitual, que estabelece *a priori* as hipóteses sobre as causas de variação do rendimento. O rendimento é relacionado a outras variáveis que caracterizam o desempenho da cultura, com variáveis do ambiente (clima, solo) e da cultura. O diagnóstico agrônomo consiste então em se confrontar este modelo teórico com as observações correspondentes às variáveis de estado da cultura e às variáveis ambientais observadas a campo (LOYCE; WERY, 2006). Com o objetivo de identificar os fatores limitantes ao rendimento da cultura do girassol com base nas variações no rendimento em seis regiões agroecológicas na Argentina, Mercau *et al.* (2001) estabeleceram um modelo conceitual baseado nas seguintes hipóteses: a) o número de aquênios por capítulo contribui para a maior parte da variabilidade nos rendimentos; b) o número de aquênios por capítulo é associado ao quociente fototérmico entre emergência e antese; c) o crescimento e rendimento são proporcionais à interceptação da radiação solar incidente e d) o rendimento é proporcional à precipitação que ocorre antes da antese. A partir desse modelo conceitual, os autores quantificaram uma série de

variáveis relacionadas à fenologia, crescimento e rendimento da cultura, ao ambiente e às práticas de manejo.

Os modelos de simulação de culturas constituem-se em uma representação mais ou menos simplificada dos processos que ocorrem na planta e em uma cultura. Uma vez parametrizados e avaliados, constituem-se em uma ferramenta para simular as respostas a variações no genótipo, no ambiente e no manejo da cultura, complementando assim, os resultados de experimentos a campo e auxiliando na reflexão acerca do impacto de diferentes opções tecnológicas. O método de análise de sensibilidade, empregado na avaliação de modelos (WALLACH,2006) pode ser igualmente utilizado para a prospecção dessas opções (CASADEBAIG, 2008; BOOTE *et al.*, 2003).

As técnicas de análise multivariada explicitam as relações entre as variáveis que atuam simultaneamente em um agroecossistema e as variáveis de desempenho (ORGEAS e BONIN,1996). Por outro lado, estas não permitem o estabelecimento de relações causais. As principais ferramentas estatísticas utilizadas são a Análise de Componentes Principais (ACP) para as variáveis quantitativas contínuas, a Análise Fatorial de Correspondência para variáveis qualitativas e a Análise de Agrupamento ou Análise de Cluster para agrupamento das observações (LOYCE; WERY, 2006).

A ACP faz parte do grupo de técnicas de estatística multivariada que sintetizam a estrutura de variabilidade dos dados e utilizam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica de um conjunto de dados. O objetivo principal da ACP é explicar a estrutura de variância e co-variância de um vetor aleatório, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e não são correlacionadas entre si. Se existem p -variáveis originais é possível obter-se p componentes principais; no entanto, em geral deseja-se obter a redução do número de variáveis a serem avaliadas. Assim, a informação contida nas p -variáveis originais é substituída pela informação contida em k ($k < p$) componentes principais. Dessa forma, o sistema de variabilidade do vetor aleatório composto das p -variáveis originais é aproximado pelo sistema de variabilidade do vetor aleatório que contém as k componentes principais (MINGOTI, 2007).

A ACP tem benefícios adicionais como: a) gerar novas variáveis que expressam a informação contida em um conjunto de dados; b) eliminar as variáveis que sejam pouco relacionadas ao problema de estudo; c) reduzir a dimensão de espaço onde estão inscritos os

dados; d) facilitar a interpretação da informação contida num conjunto de dados (BARETTA *et al.*, 2007).

A Análise de Agrupamento ou Análise de Cluster é uma técnica de análise multivariada, que tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito à variáveis (características) que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a essas mesmas características. Os agrupamentos possibilitam a formação de gráficos denominados *dendrogramas*, nos quais a escala vertical indica o nível de similaridade (ou dissimilaridade) e são realizados com base em medidas de similaridade ou dissimilaridade entre os elementos amostrais (MINGOTI, 2007).

2.1.3. Indicadores de desempenho

Loyce e Wery (2006) consideram que o desempenho de um sistema de culturas é baseado em três indicadores: de rendimento, de qualidade e econômicos, sendo estes últimos essenciais para se analisar as perspectivas de um sistema de culturas em uma região. Dentre os indicadores (ou variáveis) utilizados na análise do desempenho agrônomo, destacam-se: os que caracterizam o sistema de culturas ou o itinerário técnico (população de plantas, dose e época de adubação, controle de plantas daninhas), os que caracterizam as condições ambientais (temperaturas médias, conteúdo de água no solo, atributos químicos do solo), os indicadores do estado da cultura (estado nutricional, profundidade do sistema radicular) e os componentes do rendimento. Como o valor de cada componente do rendimento depende do componente anteriormente formado e dos fatores ambientais durante a sua formação, este pode fornecer informações importantes sobre os fatores limitantes ao rendimento da cultura (DORÉ *et al.*, 2007; MEYNARD; DAVID, 1992). O conhecimento das relações entre rendimento e seus componentes, dos períodos em que são definidos os componentes do rendimento, bem como os fatores limitantes são de grande utilidade dentro de um procedimento de diagnóstico (MEYNARD; DAVID, 1992).

Com o objetivo de identificar o desempenho agrônomo e os fatores limitantes da cultura do trigo sob manejo orgânico, David *et al.* (2005) utilizaram um rede constituída por 24 parcelas

de agricultores localizadas em 11 estabelecimentos agrícolas no sudoeste da França. A análise consistiu em quatro etapas: a) análise descritiva do rendimento e seus componentes; b) caracterização das condições ambientais das áreas; c) análise das relações entre indicadores dos possíveis fatores limitantes e os componentes do rendimento e d) determinação das relações entre manejo e fatores limitantes.

Os indicadores, por sua vez, podem ser medidos diretamente, ou simulados por um modelo a partir de variáveis de mais fácil obtenção (LOYCE; WERY, 2006), como é o caso de um indicador de estresse hídrico calculado a partir de dados meteorológicos e de um modelo de balanço hídrico desenvolvido por Pellegrino *et al.* (2006) para a cultura da videira.

Quanto aos indicadores econômicos, Fuentes Lanillo (2007) considera a margem bruta (receita bruta menos os custos variáveis) como a medida de rentabilidade mais utilizada, tanto pelos pesquisadores em análise de experimentos, como empiricamente pelos agricultores, pela sua relativa facilidade de obtenção e por possibilitar de forma prática e imediata saber o quanto sobra da receita total, retiradas as despesas diretas. Entretanto, o autor ressalta que esse indicador deve ser interpretado como uma medida de desempenho parcial ao se fazer inferências, pois a margem bruta deve remunerar os custos fixos e os custos de oportunidade do capital antes de ser considerada como remuneração da mão-de-obra familiar. O custo de produção constitui um critério econômico igualmente importante, na medida em que permite avaliar o nível de competitividade de uma cultura no que diz respeito à capacidade de se produzir a um preço de venda baixo. De acordo com Lazarotto, Roessing e Mello (2005), na análise da estrutura de custos no curto prazo, deve-se dispensar maior atenção aos custos variáveis, os quais representam os reais desembolsos realizados pelo produtor. A demanda de mão-de-obra associada a um itinerário técnico para uma sucessão de culturas é um componente essencial e tem sido, por outro lado, pouco utilizado (LOYCE ; WERY, 2006).

2.2. Potencial de rendimento da cultura do girassol e rendimentos obtidos em nível de propriedade

O potencial de rendimento é definido por Evans e Fischer (1999) e Doorembos e Kassan (1979) como o rendimento de uma cultivar em ambientes aos quais está adaptada, sem limitação de água e nutrientes e nos quais as pragas, doenças, e qualquer outro tipo de estresse estão

efetivamente controlados. Distingue-se do termo “rendimento potencial”, o qual refere-se ao máximo rendimento que pode ser obtido em um dado ambiente.

Graças ao progresso genético, entre 1970 e 2003, o potencial de produção da cultura do girassol na França cresceu a uma taxa de 1,3% ao ano. Valores máximos obtidos em parcelas de experimentação indicam que os híbridos atuais apresentam um potencial de rendimento de 6000 kg.ha⁻¹ (GRIEU *et al.*, 2008). Na Argentina, este valor tem se situado entre 4500 e 5500 kg.ha⁻¹ (AGUIRREZABAL, 2003). Por outro lado, as produtividades mundiais são muito baixas, tendo decrescido a uma taxa de 1,2% ao ano entre 1994 e 2003. A produtividade mundial, que em 1994 era de 1252 kg.ha⁻¹, passou para 1145 kg.ha⁻¹ em 2003. Segundo Lazarotto, Roessing e Mello (2005) os baixos valores são atribuídos ao deslocamento da cultura para áreas marginais em virtude da competição com outras culturas de melhor remuneração, como no caso da soja na Argentina; pelo aumento do cultivo em áreas com menor fertilidade ou pouca tecnologia de produção, como é o caso da Rússia (maior produtora, com produtividade de 1000 kg.ha⁻¹) e Ucrânia; pela maior ocorrência de doenças, principalmente as ocasionadas por fungos; e por outros fatores relacionados com questões de mercado, preços e custos de produção.

Segundo Grieu *et al* (2008), após uma alta regular até o início dos anos 90, o rendimento da cultura do girassol nas principais regiões produtoras da França tem oscilado entre 2000 a 2500 kg.ha⁻¹, em função das baixas margens brutas e pelo fato da cultura possuir uma imagem de pouco exigente em insumos em relação a outras culturas. Assim, o seu cultivo tem predominado em ambientes edafoclimáticas difíceis, nos quais os solos são rasos, e sem irrigação, sendo a resposta à intensificação limitada. Além dos frequentes estresses hídricos, os rendimentos são limitados por doenças como a mancha cinzenta da haste (*Phomopsis helianthi*) e a mancha preta da haste (*Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi*).

Assim como na França, a área cultivada com girassol na Argentina reduziu nos últimos anos, em função da competição com outras culturas e da instabilidade dos rendimentos. Na região dos Pampas, na Argentina, Mercou *et al.* (2001) verificaram que os rendimentos de aquênios, durante três safras, variaram entre 1100 a 2700 kg.ha⁻¹; o número de aquênios por metro quadrado variou entre 2400 a 5400, o peso de um aquênio variou entre 40 a 69 mg e o teor de óleo nos aquênios variou entre 42% e 52%. O número de aquênios respondeu por 23% da variação no rendimento, enquanto que o quociente fototérmico respondeu por 23% na variação do número de aquênios. O baixo rendimento esteve associado ao baixo índice de área foliar em

25% das áreas; parte da variabilidade restante no rendimento foi devida a variáveis específicas em cada região, incluindo a profundidade dos solos, baixa disponibilidade de fósforo, baixo conteúdo inicial de água no solo, plantas daninhas e doenças, sobretudo a mancha de verticillium (*Verticillium dahliae*) e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Entre as regiões agroecológicas, o déficit hídrico antes da antese contribuiu com 28% da variação no rendimento.

Os principais estados produtores brasileiros são Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Paraná. Entre 1999 e 2004, a produtividade média nacional situou-se em torno de 1500 kg.ha⁻¹, cuja variabilidade é atribuída ao nível tecnológico aplicado: tipo de preparo do solo (direto ou convencional), sementes utilizadas (híbridos ou variedades), quantidades de fertilizantes e lugar no sistema de culturas, predominando o cultivo de safrinha em sucessão a culturas como a soja e o milho (LAZAROTTO, ROESSING e MELLO, 2005).

A Tabela 2.1 apresenta os valores médios de rendimento de aquênios nos principais estados produtores nacionais, compilada a partir dos relatos apresentados na 18^a. Reunião Nacional de Pesquisa em Girassol (ALMEIDA, 2009). Os valores indicam, de maneira geral, que os rendimentos obtidos pelos produtores situam-se bastante abaixo do potencial de rendimento da cultura. Dentre os fatores de ordem agrônômica, os mencionados com maior frequência foram os ataques de pássaros, problemas na implantação da cultura devidos a sementes de tamanho desuniforme e discos de semeadoras inapropriados; pragas (*Chlosine* sp, percevejos), doenças como a mancha de alternaria (*Alternaria helianthii*) e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a dificuldade no controle de plantas daninhas dicotiledôneas. Os fatores de ordem econômica mais mencionados estão relacionados à comercialização, como os baixos preços pagos aos produtores, a incerteza nos preços e na venda do produto.

Em parcelas experimentais, os maiores rendimentos obtidos nos ensaios da Rede Nacional de Avaliação de Genótipos de Girassol na safra 2009 foram registrados na região do Agreste nordestino, com valores de 3644 kg.ha⁻¹ para o híbrido M734. Nesse mesmo local, o rendimento da variedade de polinização aberta BRS 122 foi de 2630 kg.ha⁻¹ (OLIVEIRA, 2009).

TABELA 2.1. RENDIMENTO DE AQUÊNIOS DE GIRASSOL (KG.HA⁻¹) ENTRE 2006 E 2009, OBTIDOS NOS ESTADOS PRODUTORES BRASILEIROS.

Estado	Safrá			
	2006	2007	2008	2009
Mato Grosso	1425	1573	1320	1635
Rondônia	960	-	1000	1080
Goiás	-	-	-	1042
Mato Grosso do Sul	1020	1220	1185	1100
São Paulo	-	1250	1250	-
Minas Gerais	-	-	-	1800
Paraná (safra das águas)	-	1701	1415	1869
Paraná (safrinha)	1265	904	1341	700
Rio Grande do Sul	1503	1444	1552	1288
Bahia	-	-	700	1150

FONTE: ALMEIDA, I. R (2009). (Dados compilados pela autora)

No Sul do Brasil, em ensaios pertencentes a essa mesma rede registrou-se rendimento máximo de 3330 kg.ha⁻¹ para o híbrido Aguará 3 no município de Pato Branco, sudoeste do Paraná, na safra 2007. Para as variedades de polinização aberta, os máximos valores obtidos nessa mesma safra foram de 2090 kg.ha⁻¹ para a cultivar CATISSOL, no ensaio de Guarapuava, sul do Paraná (COLASANTE e NOGUEIRA, 2007). Um estudo feito na Argentina por Lopez-Pereyra, Sadras e Trápani (1999), com uma série de cultivares lançadas entre 1930 e 1995 indicou que os híbridos apresentaram um potencial de rendimento maior que as variedades de polinização aberta, de 23% para o rendimento de grãos e 36% para o rendimento em óleo.

2.3. Ecofisiologia, elaboração de rendimento e nutrição da cultura do girassol

2.3.1. Fases de desenvolvimento e elaboração do rendimento

O conhecimento das relações entre rendimento e seus componentes, dos períodos em que estes são definidos, bem como os fatores limitantes é de grande utilidade dentro de um procedimento de diagnóstico (MEYNARD; DAVID, 1992). A realização de um diagnóstico é um processo dinâmico, na medida em que as condições do meio modificam-se ao longo do ciclo da

cultura, assim como as exigências da mesma, ou as consequências de um fator desfavorável sobre a produção. Portanto, o diagnóstico pressupõe duas etapas: na primeira determina-se a(s) fase(s) do ciclo da cultura em que a produção foi afetada; na segunda, identifica-se os fatores ou condições do meio que foram desfavoráveis durante tais fases.

O conhecimento dos estádios em que os componentes do rendimento são definidos fornece as bases para se adequar o manejo da cultura, com vistas a evitar ou minimizar as situações de estresse por efeito ambiental durante tais períodos. Através da correta aplicação de práticas agronômicas, nos momentos exatos, é possível adequar a oferta dos fatores ambientais que podem limitar o rendimento da cultura (radiação solar, temperatura, água e nutrientes) nos momentos de maior demanda dos mesmos (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001).

Várias são as escalas propostas para descrever o desenvolvimento do girassol. A escala de Schneiter e Miller (1981) é a mais citada na literatura (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997) e divide o desenvolvimento da planta nas fases vegetativa (V) e reprodutiva (R)³. Os estádios V são subdivididos em emergência (VE) e uma série de estádios determinados pelo número de folhas maiores que 4 cm de comprimento da base da lâmina até a sua extremidade. Há nove estádios R, que começam com o surgimento do botão floral (R1). Os estádios R2 e R3 relacionam-se à elongação do internódio imediatamente abaixo da base da inflorescência. A abertura da inflorescência ocorre no estádio R4 e a antese, em R5, possui vários sub-estádios, em função do percentual do disco do receptáculo com flores que completaram ou estão em antese. O estádio R6 caracteriza-se pelo final da floração. Em R7 e R8 ocorre o enchimento de aquênios e em R9 ocorre a maturação fisiológica. O processo de formação do capítulo e dos primórdios florais tem início a partir do estádio de 8 a 10 folhas. Essa primeira fase é essencial, pois já determina o número potencial de aquênios (BLANCHET, 1994).

Na cultura do girassol, o rendimento pode ser expresso tanto em termos de rendimento de aquênios quanto em rendimento de óleo. O rendimento de aquênios é expresso da seguinte forma:

$$\text{Rendimento} = \text{número de aquênios por hectare} \times \text{massa média de um aquênio}$$

³ Uma descrição detalhada dos estádios fenológicos do girassol é apresentada no Anexo 1.

Quando cultivado para fins de obtenção de óleo, o rendimento de óleo é determinado multiplicando-se o rendimento de aquênios pelo teor de óleo nos aquênios (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001)

Com o objetivo de verificar o peso da contribuição de cada componente no rendimento através de análise de trilha, Kovácik, Skaloud e Vlkova (1980) concluíram que o número de aquênios por capítulo foi três vezes mais importante que o peso de aquênios. Uma vez que o peso médio de um aquênio permite apenas uma compensação limitada, o número de aquênios por unidade de área é o componente principal do rendimento. Tyagi (1985) e Alvarez *et al.* (1992) citados por Carvalho *et al.* (2005) encontraram correlação positiva e significativa entre rendimento e número de aquênios por capítulo. Entretanto, Aguirrezabal *et al.* (2001) afirmam que uma redução no número de capítulos por unidade de área pode não ocasionar uma redução do rendimento, devido a um incremento do número de aquênios por planta e/ou do peso de um aquênio.

O primeiro subperíodo crítico à elaboração do rendimento é compreendido entre a semeadura e emergência (S-VE), no qual define-se o número potencial de capítulos por hectare. O sucesso da implantação e emergência da cultura (boas condições do leito de semeadura, boa operação de semeadura) são determinantes para o estabelecimento desejado do número de plantas por hectare (ROGER-ESTRADE *et al.*, 2003). Dois principais processos estão implicados nesse período: a germinação da semente e a emergência das plântulas, os quais são afetados pela temperatura e umidade do solo (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001).

O período compreendido entre a emergência até o surgimento do botão floral (VE-R1) é o mais longo, sendo crucial tanto para o desenvolvimento da parte aérea quanto da parte subterrânea. Ao longo dessa fase, os primórdios foliares se diferenciam e, portanto, deficiência hídrica nessa fase pode reduzir o seu número (MERRIEN, 1992). A arquitetura do sistema radicular é definida entre VE e V10. Durante esse período, o crescimento diário longitudinal do sistema radicular de plantas com boa disponibilidade de água e nutrientes depende principalmente da radiação interceptada nos dias precedentes (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001). O ritmo de acumulação de biomassa ainda é baixo, e privilegia o sistema radicular em detrimento da parte aérea: no final dessa fase, a raiz pivotante mede 0,8 m de comprimento, enquanto que a parte aérea mede ao redor de 0,25 m de altura (MERRIEN, 1992).

Entre V8-V10 e R1, o capítulo e os primórdios florais se formam, definindo assim o

número potencial de aquênios por capítulo. Este por sua vez, está relacionado à interceptação da energia luminosa e à absorção de nitrogênio (BLANCHET, 1994; MERRIEN, 1992).

O período compreendido entre R1-R4 caracteriza-se por um crescimento acelerado do aparelho vegetativo, acompanhado por uma grande demanda por nutrientes e uma síntese de proteínas é bastante ativa. A proteína Rubisco representa a parte principal das proteínas solúveis nas folhas, podendo constituir até 10% da matéria seca total destas. Quando a planta chega ao final dessa fase, já atingiu o máximo de acumulação de matéria seca (CASTRO; OLIVEIRA, 2005; MERRIEN, 1992, ZOBIOLE *et al.*, 2010).

A partir de R4 até R6 ocorre a floração. A antese das flores (estádio R5) ocorre gradualmente, as quais abrem segundo um padrão em espiral centrípeta. Pela manhã, as anteras emergem através da corola, com a deiscência e liberação do pólen dentro do tubo da antera, alongação do estilete através do tubo das anteras e emergência do estigma, sem este estar receptivo. Na manhã do dia seguinte, o estigma está completamente emergido e com a superfície dos lóbulos expostos e receptivos. Nesse momento, o filete perde a turgidez e o tubo de anteras é recolhido para dentro do tubo da corola. Com a retração dos filetes, o pólen é aderido à superfície do estilete/estigma e é empurrado para fora das anteras, ocorrendo a polinização e a fertilização (CASTRO; FARIAS, 2005).

Durante essa fase, o capítulo torna-se o principal dreno pelos assimilados, sendo este o período de maior sensibilidade à deficiência hídrica (MERRIEN, 1992). A proteólise e a senescência foliar iniciam-se nessa fase, a partir das folhas da base, sendo os produtos redistribuídos para o capítulo e os aquênios sob a forma de compostos simples como a sacarose, glutamina, asparagina e outros (BLANCHET, 1994).

As condições na floração/fecundação irão determinar o número de óvulos viáveis fecundados por capítulo e, conseqüentemente, o número de aquênios por capítulo. Estresse hídrico, baixas temperaturas e a ocorrência de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) nesse período poder ter um impacto muito grande sobre o rendimento em função da ocorrência de abortamento de grãos (ROGER-ESTRADE *et al.*, 2003).

Entre R6-R9 define-se a massa e o teor de óleo nos aquênios. As proteínas são sintetizadas a partir da redistribuição do nitrogênio originário das folhas. Por outro lado, a síntese do óleo origina-se a partir da assimilação tardia (MERRIEN, 1992). O número de aquênios que se transformam em aquênios cheios começa a ser determinado pouco tempo após a floração,

podendo ocorrer abortos até mais de 15 dias após o final desse estágio (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001).

2.3.2. Relações entre fatores edafoclimáticos e elaboração do rendimento

De todos os fatores inerentes à produção agrícola, o clima é o de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação das máximas produtividades. Dos elementos do clima, o que se apresenta como mais limitante aos rendimentos das culturas é a precipitação pluvial. Clima e solo são as variáveis que explicam as diferenças regionais dos impactos da deficiência hídrica na cultura do girassol, principalmente, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e do regime pluviométrico (CASTRO; FARIAS, 2005). Segundo zoneamento realizado para a cultura do girassol no Estado do Paraná (BRASIL, 2009), a região sudeste paranaense é considerada apta à semeadura do girassol durante o período de 1^o. de agosto a 20 de outubro, não havendo possibilidade de antecipação ou prorrogação dessas datas.

2.3.2.1. Temperatura

Segundo Weiss (1983) citado por Castro e Farias (2005), a faixa de temperatura entre 8°C a 34°C é tolerada pela cultura do girassol, sem redução significativa na produção, indicando adaptação da cultura a regiões com dias quentes e noites frias. A faixa de temperatura ótima para o crescimento e desenvolvimento situa-se entre 17 °C a 32 °C, a temperatura ótima situa-se em torno de 26 °C, e a máxima, próximo a 40°C (CONNOR; HALL, 1997). Altas temperaturas provocam forte evapotranspiração, enquanto que a fotossíntese atinge um patamar a partir de 27 °C, com consequente redução na eficiência do consumo de água (MERRIEN, 1992). As plantas podem suportar temperaturas baixas por curto período, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento até quatro a oito folhas (BARNI *et al.*, 1985 e ROBINSON, 1978, citados por CASTRO; FARIAS, 2005). Os valores de temperatura-base para o girassol variam entre 4,0 °C a 8,5 °C (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001; SENTELHAS *et al.*, 1994; MERRIEN, 1992). Abaixo de 4 °C a 5 °C, não há atividade fisiológica. Apesar de temperaturas baixas não matarem a planta, podem provocar distúrbios fisiológicos. Durante o desenvolvimento inicial,

temperaturas baixas podem causar deformação das folhas e danificar o ápice da planta, com morte da gema apical ou provocando ramificação da inflorescência (CASTRO; FARIAS, 2005).

A temperatura é o fator mais importante que afeta a germinação da semente de girassol em solos com adequado suprimento de água e aeração (CONNOR; HALL, 1997). Aguirrezabal *et al.* (2001) verificaram que, para que ocorra a emissão da radícula, é necessário um acúmulo de 20 °C dia sobre a temperatura-base de 8,5 °C. Em cultivos realizados no mês de julho no Rio Grande do Sul, a emergência de plântulas pode estender-se em até 15 dias, enquanto que em Roraima nessa mesma época a emergência pode ocorrer a partir de 3 dias após a semeadura (CASTRO; FARIAS, 2005).

Durante o período compreendido entre a germinação e o estágio de 2 folhas, a velocidade de crescimento da raiz primária e, em menor grau, da raiz secundária, está correlacionada à temperatura do solo. A semeadura em solos frios pode retardar a exploração do solo pelo sistema radicular. Este efeito é mais marcante principalmente nesse estágio fenológico (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001)

A duração dos subperíodos fenológicos é altamente dependente da temperatura, sobretudo no subperíodo compreendido entre emergência e floração (CONNOR; HALL, 1997, MASSIGNAN; ANGELOCCI, 1992).

No Brasil, verifica-se uma grande variação da duração do ciclo da cultura em função das diferenças na temperatura entre os locais. Em Ponta Grossa, PR, Thomaz (2008) determinou a duração do ciclo da cultura para quatro cultivares de girassol semeadas em 10 diferentes épocas de semeadura, obtendo valores de 95,8 a 128,7 dias (média das cultivares) entre a germinação e a maturação fisiológica. Nos cerrados de Roraima, Smiderle *et al.* (2005) avaliaram a duração do ciclo da cultivar BRS 191 semeada em quatro épocas de semeadura, obtendo valores entre 58 a 76 dias.

A temperatura afeta o teor de óleo e o equilíbrio de ácidos graxos. No primeiro caso, o efeito é indireto, já que altas temperaturas durante a maturação fisiológica acentuam a demanda evaporativa da atmosfera e, conseqüentemente, aumentam as possibilidades de estresse hídrico. Diretamente, altas temperaturas reduzem o teor de ácido linoleico, enquanto que temperaturas mais amenas limitam o teor de ácido oleico (MERRIEN, 1992).

2.3.2.2. Exigências hídricas da cultura do girassol

Apesar da sua reconhecida capacidade de adaptação a estresses hídricos, em condições em que não há restrição hídrica o girassol pode consumir até 600 mm ou mais de água ao longo de todo o seu ciclo. Esta característica é explicada pela grande capacidade de exploração do sistema radicular, pela grande superfície foliar transpirante e pela baixa resistência à difusão de água nas folhas e raízes. Os estômatos são grandes e em grande quantidade, sobretudo na face abaxial da folha. Entretanto, com a ocorrência de uma seca, a planta possui mecanismos fisiológicos que permitem a manutenção de altos rendimentos (MERRIEN, 1992, AGUIRREZABAL *et al.*, 2001).

Se a cultura passou por um processo de adaptação no início do ciclo, os níveis de rendimentos com 400 a 420 mm de água disponível equiparam-se aos rendimentos com 600 mm. Uma disponibilidade hídrica de 160 mm (70% da evapotranspiração máxima) durante a fase vegetativa é suficiente para o estabelecimento de uma superfície foliar moderada. Durante a floração, que é uma fase bastante sensível, a planta necessita em torno de 70 mm. Na fase pós-floração, a cultura necessita de 150 a 200 mm (MERRIEN, 1992).

Matzenauer, Maluf e Bueno (1998) determinaram a evapotranspiração máxima do girassol na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, durante quatro anos. A evapotranspiração máxima total no ciclo variou de 372 mm a 488 mm, com média de 408 mm. O subperíodo do início ao final da floração apresentou o maior consumo diário de água, com uma média de 6,5 mm dia⁻¹. Na localidade de Passo Fundo (região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul), a evapotranspiração máxima no ciclo completo do girassol variou de 385 mm a 560 mm na época de semeadura de setembro, de 395 mm a 562 mm na semeadura de outubro e de 412 mm a 578 mm na época de novembro, com valores médios de 469 mm para as duas primeiras épocas e de 478 mm para a última época (MATZENAUER, MALUF e CARPENEDO, 2007). Em Lavras, MG, Dias (1995) avaliou o consumo de água pelo girassol cultivado em evapotranspirômetro de lençol freático constante. O consumo total determinado durante o ciclo foi igual a 508,8 mm, distribuído da seguinte forma: 5,29 mm.dia⁻¹ no período compreendido entre a semeadura até 10 dias após a emergência; 4,99 mm.dia⁻¹ no período entre 10 até 40 dias após a emergência; 4,73 mm.dia⁻¹ no período entre 40 dias após a emergência até o início de florescimento; 5,73 mm.dia⁻¹ entre o início do florescimento e final do florescimento; e) 6,79

mm.dia⁻¹ entre final do florescimento e maturação fisiológica.

2.3.2.3. Efeitos do estresse hídrico

Estresse é em geral, definido como um fator externo, que exerce uma influência desvantajosa sobre a planta (TAIZ; ZEIGER, 2006). O estresse hídrico ocorre pela combinação, de um lado, da restrição da disponibilidade de água no solo e, de outro, pelo aumento da demanda evaporativa do ar. Do ponto de vista agrônomo, a seca é um estresse hídrico e é definida por toda falta de água que impeça que a planta expresse o rendimento esperado em uma situação favorável, ou que possa afetar a qualidade do produto colhido. Nesse caso, uma planta tolerante é aquela capaz de atingir, em uma determinada condição de seca, uma produção tão elevada quanto poderia atingir em uma condição com adequada disponibilidade de água (GRIEU *et al.*, 2008).

O estresse hídrico afeta a absorção de água e nutrientes, a germinação da semente, o fechamento e abertura dos estômatos, a atividade fotossintética, a transpiração, a atividade enzimática e vários outros processos fisiológicos e metabólicos (CASTRO; FARIAS, 2005).

Quando o estresse hídrico ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, o primeiro sintoma de deficiência hídrica é a perda de turgor, com conseqüente redução do crescimento celular, na taxa de expansão foliar e menor grau, na taxa de aparecimento das folhas (CASADEBAIG *et al.*, MERRIEN, 1992, AGUIRREZABAL *et al.*, 2001; BONA *et al.*, 2000). Segundo Merrien (1992), as raízes são os órgãos mais afetados pela perda de turgor, seguido pelas folhas e pelo caule. A perda de água nesses órgãos é de 74%, 18% e 8%, respectivamente.

À perda de turgor, segue-se a redução na abertura dos estômatos, com conseqüente redução na transpiração. Segundo Aguirrezabal *et al.* (2001), a redução na abertura dos estômatos é acompanhada por uma redução maior na transpiração (60%) e uma redução menor na fotossíntese (10 a 30%). Assim, a redução na produtividade é mais relacionada à redução do aparato foliar, do que à sua funcionalidade (MERRIEN, 1992).

Quando o estresse hídrico ocorre tardiamente, há uma redução da superfície foliar pela aceleração da senescência das folhas (MERRIEN, 1992). Quando a seca ocorre precocemente, a redução da superfície foliar é associada a uma redução da expansão foliar, mais que a

senescência acelerada das folhas. Por outro lado, a redução da superfície foliar pode ser acompanhada por uma queda no rendimento, se o índice de área foliar é reduzido abaixo de 2,5 na floração (MERRIEN e GRANDIN, 1990, citados por GRIEU *et al.*, 2008). O rendimento, correlacionado à duração de vida da superfície foliar após o florescimento, é fortemente afetado uma vez que a senescência é acelerada pelos déficits hídricos tardios.

A planta submetida a estresse progressivo tende a se adaptar e ser mais eficiente que aquela com estresse tardio (BONA, 2000). A mesma intensidade de estresse hídrico resulta em diferentes consequências segundo o período do ciclo cultural em que a planta se encontra quando submetida ao estresse (GRIEU *et al.*, 2008). Segundo Castro e Farias (2005), as fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis à deficiência hídrica são do início da formação do capítulo ao início da floração, seguida da formação e enchimento de grãos, que são as fases de maior consumo de água pela cultura. Vrânceanu (1977), citado por Castro e Farias (2005), distingue duas fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis à deficiência hídrica. A primeira, que afeta mais fortemente o rendimento de aquênios, compreende o início da formação do capítulo (final da fase de diferenciação do receptáculo e formação das emergências florais) e o início da floração. A segunda reduz fortemente a porcentagem e o rendimento de óleo, e compreende o período imediatamente após a floração, quando ocorre o enchimento dos aquênios. Após o florescimento, quando as folhas atingem o máximo índice de área foliar, a ocorrência de deficiência hídrica afeta severamente as folhas, causando senescência precoce das mesmas. Essa redução no aparato fotossintético reduz fortemente a translocação de fotoassimilados para os grãos, reduzindo o peso dos mesmos, a produtividade e o teor de óleo. O estresse hídrico propicia ainda a incidência e a severidade da deficiência de boro, mais do que qualquer outro micronutriente (CASTRO; FARIAS, 2005).

2.3.2.4. Mecanismos de adaptação do girassol ao estresse hídrico

Segundo GRIEU *et al.* (2008), a regulação da condutância estomática através do fechamento estomático é o principal mecanismo de curto prazo para limitar as perdas de água pela transpiração. A médio prazo, a planta mantém a turgescência de seus tecidos através do ajuste osmótico (capacidade de acumular solutos nos vacúolos das células), contribuindo assim

para limitar os efeitos negativos do estresse hídrico sobre a condutância estomática e a fotossíntese, a expansão celular e o crescimento, notadamente das raízes. Dentro de algumas semanas, a planta ajusta sua transpiração por meio da redução da superfície foliar. Este mecanismo adaptativo de longo prazo consiste a limitar o crescimento dos tecidos foliares. Por outro lado, as raízes devem manter o crescimento, de forma a prospectar as camadas de solo mais profundas, onde as reservas de água estão disponíveis. As raízes do girassol possuem uma grande capacidade de aprofundamento; em condições de solo favoráveis, podendo alcançar até 2 m de profundidade (MERRIEN, 1992).

A adaptação de espécies cultivadas à restrição hídrica é muito diferente de um contexto edafoclimático para outro. A capacidade da cultura do girassol em manter produtividades relativamente altas em condições de deficiência hídrica é resultante da combinação entre profundidade de enraizamento e capacidade das raízes em extrair a água em baixos potenciais de água no solo (UNGER, 1990, citado por BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997; BONA *et al.*, 2000). O girassol possui sistema radicular pivotante, cuja densidade de raízes secundárias é maior próximo à superfície do solo; 80 a 90% situa-se nos primeiros 0,1 m abaixo do colo da planta (MERRIEN, 1992). A densidade de raízes diminui drasticamente com o aumento da profundidade, sendo até 10 vezes maior na camada de 0,00 m a 0,20 m em relação à maiores profundidades (MAERTENS; BOSC, 1981).

Se por um lado, as raízes próximas à superfície têm um papel preponderante na nutrição mineral, por outro lado é o desenvolvimento radicular em profundidade, através da raiz pivotante, que irá caracterizar o potencial da planta em adaptar-se aos estresses hídricos (MAERTENS; BOSC, 1981). Calbегuenne e Debaeke (1998) determinaram os padrões de extração de água pelas raízes de várias espécies anuais em condições não irrigadas, em um solo argilo-siltoso. Para o milho, a maior parte da água foi extraída nos primeiros 0,5 m, decrescendo drasticamente até atingir zero de extração a uma profundidade de 1,6 m. Para o girassol, a extração de água foi menor na superfície, porém, extraindo 85% da água disponível à profundidade de 1,6 m. O sorgo, por sua vez, foi comparável ao girassol, porém com menor uso ao longo de todo o perfil.

Segundo Taiz e Zeiger (2006), a deficiência hídrica moderada afeta o desenvolvimento do sistema radicular. A razão entre biomassa de raízes e biomassa da parte aérea parece ser

governada por um balanço funcional, regulado pelo ácido abscísico (ABA), entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea. Assim, a parte aérea continuará crescendo até que a absorção de água pelas raízes torne-se limitante; inversamente, as raízes crescerão até que a sua demanda por fotossintatos da parte aérea iguale-se ao suprimento.

Gomes (2005) avaliou a distribuição de raízes de girassol ao longo do perfil de um solo até a profundidade de 1,0 m, em três tratamentos de irrigação, verificando que a planta desenvolvida sob marcante estresse hídrico tende a produzir raízes em maior número e se aprofundar mais no solo que aquela sem restrição hídrica. O autor observou a ocorrência de diferenças significativas na quantidade de raízes entre as profundidades nos três tratamentos; no tratamento “sem irrigação”, o sistema radicular se diferenciou ao longo do perfil do solo, até aproximadamente 0,8 m. O autor também verificou maior concentração de raízes no horizonte superficial do solo, até 20 centímetros, independentemente da disponibilidade de água. A capacidade de armazenamento de água disponível às plantas (CAD) é determinada pela diferença de conteúdo volumétrico de água entre o limite superior e inferior de disponibilidade, considerando-se cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas. Desta forma, a água do solo disponível às plantas é definida para uma combinação particular solo-cultura. As características químicas, físicas e biológicas do solo têm influência direta na quantidade de água no solo disponível às plantas; assim, se houver qualquer restrição física, química ou biológica, em alguma camada do perfil do solo, que altere o desenvolvimento do sistema radicular, a disponibilidade será afetada porque essa água armazenada não pode ser extraída pelas plantas (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Apesar da capacidade de aprofundamento do sistema radicular e da capacidade de extração de água do solo a grandes profundidades, característicos da cultura do girassol, dois fatores de ordem edáfica podem impedir que esta espécie expresse o seu potencial: impedimentos físicos (MERRIEN, 1992; AGUIRREZABAL *et al.*, 2001; CONNOR; HALL, 1997) e altos teores de alumínio no solo (UNGARO *et al.*, 1985; SANTOS; CARLESSO, 1998, CASTRO; FARIAS, 2005). Segundo Machado (1997), o primeiro sintoma observável da ação tóxica do alumínio é a redução na elongação radicular. Os mecanismos pelos quais este elemento afeta as funções celulares podem ser resumidos da seguinte maneira: a) alterações na membrana das células da raiz; b) inibição da síntese de DNA e da divisão celular e c) alterações na absorção de nutrientes e no balanço nutricional. Em solos com altos teores de alumínio, Ungaro *et al.*

(1985) observaram que a cultura do girassol apresentou fraca germinação, pequeno desenvolvimento da parte aérea e clorose generalizada nas folhas, sistema radicular pouco desenvolvido, com encurvamento da raiz principal, com poucas e grossas ramificações.

2.3.4. Nutrição do girassol

Os nutrientes são disponibilizados aos diferentes órgãos das plantas a partir de processos de absorção, transporte e redistribuição. A absorção pelas raízes ocorre através de mecanismos de contato, fluxo de massa e difusão, sendo governada por fatores externos (disponibilidade do nutriente no solo, aeração, temperatura e umidade do solo, interação iônica, pH e conteúdo de matéria orgânica) e internos (potencialidade genética, estado iônico interno, nível de carboidratos, intensidade transpiratória e morfologia das raízes) (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

A redistribuição, por sua vez, refere-se ao movimento de um elemento a partir de um órgão onde o mesmo está armazenado, para outro órgão (fonte-dreno). Ocorre nos processos de germinação das sementes, em situações em que o suprimento do nutriente oriundo da absorção pelas raízes é insuficiente ou interrompido, como em situações de deficiência hídrica, e durante o estágio reprodutivo. A intensidade de redistribuição depende de vários fatores, incluindo as necessidades específicas das sementes e frutos, o teor do nutriente nas partes vegetativas, a razão tamanho da fonte/tamanho do dreno e a taxa de absorção do nutriente pelas raízes durante a fase reprodutiva (MARSCHNER, 1995). Além desses fatores, a remobilização irá depender da mobilidade do elemento na planta (TAIZ; ZEIGER, 2006).

O girassol é uma cultura que apresenta elevada capacidade de absorver nutrientes. Para uma produtividade de 3176 kg.ha^{-1} , a planta acumula em média, 130, 25 e 450 kg.ha^{-1} de N, P e K, respectivamente. Entretanto, apenas o N e o P são exportados em quantidades elevadas, correspondendo a 56% e 70%, respectivamente. Para o Ca, o K e o B, são exportados 5%, 7% e 16%, respectivamente (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

A exigência em nutrientes varia de acordo com o estágio fenológico da cultura. Hocking e Steer (1983) avaliaram a absorção e a redistribuição de P, K, Mg, Ca, S e Cl em plantas de

girassol cultivadas em casa de vegetação, verificando que a absorção de todos os nutrientes ocorreu até 10 dias antes da maturação fisiológica, sendo o acúmulo mais rápido entre R1 até R5. A redistribuição das partes vegetativas foi considerável para o P e para o K, e muito pequena ou negligível para os outros elementos. A parte aérea da planta forneceu 31% do P acumulado pelos aquênios e raízes, 10%. Especialmente para o P, houve considerável redistribuição das partes senescentes para as folhas novas, capítulos e sementes.

Zobiolo *et al.* (2010) avaliaram a marcha de absorção dos principais macronutrientes pelo girassol, híbrido BRS 191. Até o estágio V16, o acúmulo de N e P foi pequeno, aumentando de forma acentuada a partir desse estágio. A partir do estágio R1, ocorreu a redistribuição de P para as estruturas reprodutivas em formação; para o N, esta ocorreu a partir do estágio R6. Em ambos os casos, a folha foi a principal fonte de redistribuição, apresentando em R9 menos de 20% de acúmulo desses nutrientes, sendo a translocação direcionada principalmente para os aquênios. O ponto de inflexão para o acúmulo de K ocorreu no estágio R3. Durante a fase vegetativa e também durante o início da fase reprodutiva (R1), aproximadamente 50% a 60% do K estava alocado no caule. A redistribuição do nutriente ocorre preferencialmente para o capítulo e não para os aquênios. Para o Ca e o Mg, o ponto de inflexão foi verificado no estágio R4, e o ponto de máxima, no estágio R7.

O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido e o que mais limita a produção da cultura do girassol (CASTRO; OLIVEIRA, 2005; BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997). É constituinte das moléculas de clorofila e de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2006), e de vários compostos metabólicos, estando associado principalmente a enzimas fotossintéticas que ocorrem em grandes quantidades na folhas. No girassol, a enzima Rubisco constitui 60% das proteínas solúveis presentes na folha (MERRIEN, 1992). O nitrato e o amônio são as principais fontes de nitrogênio inorgânico absorvidas pelas raízes das plantas, preferencialmente por fluxo de massa (MARSCHNER, 1995)

O nitrato absorvido pelas raízes é translocado às folhas através do xilema, onde, em associação com a fotossíntese, é reduzido a aminoácidos, parte dos quais são translocados no floema para locais de rápido crescimento. Entretanto, grandes quantidades de N permanecem no sistema fotossintético das folhas em expansão. Posteriormente, com a senescência foliar, o N é mobilizado pela Rubisco, translocado para as folhas em expansão e, posteriormente, para os

aquênios. O sistema radicular permanece capaz de absorver N até o enchimento de grãos (CONNOR; HALL, 1997).

O sistema radicular do girassol possui a capacidade de explorar a reserva de N no solo em camadas mais inferiores, tornando-as disponíveis para a cultura subsequente. Experimentos realizados no INRA/Auzeville indicam que mais de 50% do N absorvido foi oriundo das camadas abaixo de 1 m de profundidade. Por outro lado, essa espécie valoriza pouco o N oriundo da adubação. Experimentos realizados com N marcado permitiram observar que os máximos valores de N proveniente da adubação não ultrapassaram os 30%, sendo que 2/3 do total absorvido foi proveniente do solo (MERRIEN, 1992).

A deficiência de N afeta o desenvolvimento de folhas, flores e aquênios. Os principais efeitos fisiológicos são a redução no número de folhas, a redução da velocidade de aparecimento das folhas e a sua expansão, e a conseqüente redução na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Outro processo afetado é a redução na taxa fotossintética. Esses dois efeitos combinados irão resultar na redução da taxa de crescimento da cultura (CONNOR e HALL, 1997; BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997). Deficiência desse nutriente retarda o crescimento e aumenta a senescência das folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995). O N tem papel importante na elaboração dos componentes do rendimento, na diferenciação dos primórdios florais, com conseqüente impacto no número de aquênios por capítulo (MERRIEN, 1992). Além dos efeitos sobre o aparelho vegetativo (sobretudo área foliar), a deficiência de N reduz a velocidade de iniciação floral, o número total de flores produzidas e o número total de aquênios. Se por um lado, o número total de aquênios aumenta com doses de N mais elevadas (120 a 150 kg.ha⁻¹), não há efeito sobre o rendimento, uma vez que com doses acima de 90 kg.ha⁻¹, a porcentagem de aquênios vazios aumenta de forma significativa (MERRIEN, 1992)

Nas oleaginosas, o nitrogênio influencia o metabolismo da síntese de compostos de reserva nas sementes. Doses excessivas de N elevam os teores desse nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteína nos aquênios (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O fósforo desempenha funções-chave no metabolismo das plantas e na síntese de lipídeos. Esse nutriente é componente dos fosfolipídeos das membranas celulares, nucleotídeos, fosfato-acúcares, ácidos nucleicos, coenzimas e fitato. Tem papel central em relações que envolvem ATP, sendo portanto um componente essencial em todas as células metabolicamente

ativas (TAIZ; ZEIGER, 2006; CONNOR; HALL, 1997) Na molécula de ATP, tem um papel central na transferência de energia para a síntese bioquímica e, dessa forma, é um componente essencial em todas as células metabolicamente ativas. Tem um papel central na fotossíntese como constituinte da enzima RuBP carboxilase. Assim, é um elemento essencial nos processos metabólicos e fisiológicos chave durante todo o ciclo da planta (MARSCHNER, 1995; BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997). Existe relação entre deficiência de fósforo e decréscimo no número de flores, bem como no atraso na iniciação floral (MARSCHNER, 1995). Bergmann (1992) citado por Blamey, Zollinger e Schneiter (1997) observou uma redução no desenvolvimento do capítulo com a deficiência de fósforo. Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) relatam que plantas mal nutridas com P apresentam acentuada redução no crescimento, atraso no florescimento e número reduzido de sementes.

O fósforo é imóvel no solo e a sua absorção se dá preferencialmente por difusão. Assim, a absorção desse nutriente depende do volume de solo explorado pelas raízes (CONNOR; HALL, 1997). Quando não há limitação da disponibilidade de fósforo, a absorção ocorre até o enchimento de aquênios. Entretanto, em situação de deficiência hídrica, a absorção e o suprimento para as partes em desenvolvimento podem ser afetados severamente. O fósforo é um elemento bastante móvel na planta, o que pode ser uma importante fonte de P para o desenvolvimento da semente em condições de baixa absorção pelas raízes. Estimativas da contribuição do P mobilizado de folhas e caule para sementes variam entre 30% a 60% (CONNOR; HALL, 1997; CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O solo tem um importante papel na disponibilidade de P. Nas adubações, o fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, sendo que, em geral, as quantidades aplicadas superam em muito as extrações pelas culturas, em função da grande afinidade do elemento com o cálcio, o ferro e o alumínio. Quando são adicionados fertilizantes fosfatados (principalmente os solúveis em água), o P passa para a solução do solo, formando rapidamente compostos meta-estáveis (P-lábil). Depois, de forma muito mais lenta, os compostos evoluem para ligações mais estáveis, formando o P não-lábil. Essas duas formas são qualificadas como P adsorvido ou retido, comumente conhecido por “P fixado” (VAN RAIJ, 2004).

O potássio é classificado como nutriente do grupo que está presente no tecido vegetal na forma iônica. Esse grupo assume importância, sobretudo na regulação de potenciais osmóticos,

como co-fator enzimático e na estabilização do pH citoplasmático (TAIZ; ZEIGER, 2006; MARSCHNER, 1995). A fotossíntese e a respiração também respondem indiretamente à disponibilidade de potássio, já que este é o principal cátion envolvido na abertura e fechamento dos estômatos (CONNOR; HALL, 1997). A demanda da cultura do girassol por esse nutriente é elevada, em torno de 170 kg de K_2O por tonelada de grão produzido. Entretanto, este nutriente é pouco exportado, sendo que para o valor acima, apenas 12 kg são exportados para os aquênios (CASTRO; OLIVEIRA, 2005)

O potássio apresenta alta mobilidade na planta e é o cátion mais abundante no citoplasma. A sua principal contribuição está relacionada ao potencial osmótico. As várias funções do K^+ no alongamento celular e em outros processos regulados pelo turgor celular como o movimento estomático são relacionados à concentração desse cátion nos vacúolos. Além dessa função, o K^+ participa no transporte dos fotossintatos no floema (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Dentre os vários solutos que contribuem para o aumento no ajuste osmótico, o K^+ é o mais importante (TAIZ; ZEIGER, 2006). A concentração de potássio nas células-guarda aumenta várias vezes quando os estômatos abrem: de 100 mM, quando fechados, para 400 a 800 mM quando os estômatos abrem, dependendo da espécie vegetal e das condições ambientais. A absorção de água nas células e nos tecidos é resultante do aumento do potencial osmótico em função da entrada de potássio.

A ativação enzimática ocorre pela indução de mudanças na conformação da enzima. Em geral, essas mudanças aumentam a taxa de reações catalíticas e, em alguns casos, a afinidade dessas enzimas pelo substrato (MENGEL; KIRKBY, 2001). Plantas deficientes em potássio apresentam acúmulo de carboidratos e compostos nitrogenados solúveis, bem como decréscimo nos níveis de amido. É possível relacionar as mudanças no metabolismo de carboidratos à elevada demanda de certas enzimas regulatórias.

O contato do íon K^+ com as raízes ocorre preferencialmente por difusão e, assim, a nutrição potássica está diretamente relacionada à disponibilidade de água às plantas. Dentro da planta, o potássio possui grande mobilidade, sendo translocado das partes velhas para as partes jovens durante a senescência foliar (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

A baixa disponibilidade de K no solo pode causar diminuição gradativa na taxa de crescimento das plantas, com redução na produtividade das culturas, mesmo sem os sintomas

típicos da deficiência. Porém, quando a deficiência de K é mais severa, os sintomas se iniciam com mosqueado amarelo nas bordas das folhas da parte inferior da planta. Essas áreas cloróticas avançam para o centro das folhas, tornando-se necróticas nas bordas. Em casos mais severos, a planta perde a rigidez, prostrando-se facilmente. Para a produção do girassol, a disponibilidade de K no solo deve ser média a alta, já que a demanda do girassol por K é elevada (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

O cálcio é absorvido por fluxo de massa e possui funções de estabilização da parede celular, sendo que uma grande proporção do Ca^{2+} total no tecido está localizado nas paredes celulares, em particular na lamela média, que separa as células em divisão. É utilizado no fuso mitótico, durante a divisão celular (TAIZ; ZEIGER, 2006), participa no alongamento celular, controlando a magnitude e a direção do crescimento do tubo polínico (MARSCHNER, 1995) e na germinação do grão de pólen (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997). Este elemento também tem função de mensageiro secundário, ligando-se à calmodulina e regulando muitos processos metabólicos (TAIZ; ZEIGER, 2006).

A absorção de Ca é diminuída por altas concentrações de K e Mg no meio (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997). Possui mobilidade muito baixa no floema e de uma célula a outra. O cálcio e o boro são os únicos nutrientes que funcionam principalmente fora do citoplasma no apoplasto (MARSCHNER, 1995).

O magnésio tem um papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA e também é parte da estrutura da molécula de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2006). O Mg também atua como “carregador” do fósforo; na presença de magnésio, aumenta a absorção do fósforo pelas plantas, provavelmente devido ao seu papel nas reações de fosforilação (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O magnésio é absorvido na forma de Mg^{2+} , por fluxo de massa, havendo muitas referências na literatura sobre o antagonismo entre Mg e Ca e Mg e K, sendo que o aumento na concentração de um elemento no meio implica na diminuição da absorção do outro. O efeito pode ser tão severo, que o excesso na absorção de um elemento pode causar deficiência do outro. Ao contrário do Ca^{2+} , este elemento é móvel no floema. (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

O boro é um elemento constituinte da parede celular de plantas vasculares e, embora o seu papel preciso no metabolismo vegetal não seja claro, há evidências de que esse elemento

desempenha funções no alongamento celular, na síntese do RNA (MARSCHNER, 1995), nas respostas hormonais e no funcionamento da membrana (TAIZ; ZEIGER, 2006), estando também envolvido nos processos de germinação e crescimento do tubo polínico (KIRKBY; RÖMHELD (2007). As necessidades de boro são bem maiores para a cultura do girassol, em relação a outras culturas (CONNOR; HALL, 1997).

A disponibilidade de boro às plantas é governada pelo pH, pelo teor de matéria orgânica e umidade do solo. O contato do boro com as raízes das plantas ocorre principalmente por fluxo de massa e o transporte das raízes para a parte aérea está relacionado com a taxa de transpiração; para a maioria das plantas, é um nutriente imóvel, independente do estágio de crescimento ou do ambiente no qual a planta se desenvolve (CASTRO e OLIVEIRA, 2005). Uma vez que este nutriente é transportado passivamente pela corrente transpiratória, sintomas de deficiência de boro são mais severos em condições de estresse hídrico (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997). A deficiência desse elemento já pode tornar-se evidente desde a emergência da cultura, mas é mais comum na antese. Em plantas deficientes nesse nutriente, a divisão celular no período de formação da zona generativa do receptáculo é comprometida (PALMER *et al.*, 1988, *citado por* CONNOR; HALL, 1997). Uma das mais rápidas respostas à deficiência de boro é a inibição ou interrupção do alongamento das raízes primárias e laterais resultante do aumento da atividade da AIA oxidase (MARSCHNER, 1995). Sintomas de deficiência incluem a malformação e necrose das folhas jovens e gemas terminais, o enrijecimento e quebra do caule e do pedunculo, resultante da redução na síntese de pectina, celulose e lignina (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2006; CASTRO; OLIVEIRA, 2005; CONNOR; HALL, 1997).

As necessidades de boro para a produção de sementes é muito maior em relação à exigência para o desenvolvimento vegetativo. Em condições moderadas de deficiência de boro, o desenvolvimento vegetativo de plantas de girassol pode ser normal, e as concentrações foliares ligeiramente baixas, porém o rendimento de grãos pode ser drasticamente reduzido (CASTRO; OLIVEIRA, 2005). A deficiência no período reprodutivo impede a fertilização, induz à malformação da inflorescência e formação de sementes inviáveis (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997).

Devido à baixa remobilização de boro das folhas maduras para as partes jovens das plantas, independentemente do seu suprimento ou das condições ambientais, o suprimento desse

nutriente deve ser contínuo durante todo o ciclo da cultura; caso haja necessidade de aplicações foliares, as mesmas deverão ser feitas diretamente no tecido em desenvolvimento (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

2.4. Aspectos econômicos da cultura do girassol

No Brasil, a cultura do girassol está inserida em diferentes sistemas de produção. No Centro-Oeste, predominam médios e grandes produtores, enquanto que na região Sul o cultivo é realizado predominantemente em pequenas propriedades familiares. Quanto ao nível tecnológico, as diferenças mais marcantes estão relacionadas ao tipo de preparo do solo (semeadura direta ou convencional), às sementes utilizadas (híbridos ou variedades), às quantidades de fertilizantes aplicadas e à época de semeadura (safra das águas ou safrinha) (LAZZAROTTO, ROESSING e MELLO, 2005).

Na região Centro-Oeste, onde se localiza a maior parte da produção, o girassol é considerado pelos agricultores como uma cultura secundária, semeada logo após a colheita da safra de verão, sendo baixo o uso de tecnologias de produção. Por outro lado, esta é uma das causas das baixas produtividades observadas (DAL' AGNOL, VIEIRA e LEITE, 2005). O baixo uso de tecnologias de produção, por sua vez, é consequência dos baixos preços pagos aos produtores brasileiros. Entre as safras 1997/98 e 2003/2004, o preço médio nos Estados Unidos da América foi de US\$13,5 por saca de 60 kg, crescendo em média, 2,4% ao ano. Nesse mesmo período, os preços recebidos pelos agricultores no Estado de Goiás, maior produtor nacional, foi de US\$ 10,6 a saca de 60 kg, correspondendo a um valor 21,5 % inferior aos preços recebidos pelos agricultores americanos, com uma queda estimada em 1,6% ao ano. Ainda nesse mesmo período, o valor médio do preço mínimo estabelecido pelo Governo Federal ficou em US\$ 4,9 por saca de 60 kg (LAZZAROTTO, ROESSING e MELLO, 2005).

Com o aumento da demanda por óleo vegetal para atender as metas governamentais de adição do biodiesel ao diesel, registra-se uma tendência de aumento dos preços pagos aos produtores.

Na safra 2007, os preços recebidos pelos agricultores na principal região produtora do país variaram entre US\$13,00 a 16,00. Nesse mesmo ano, no Estado do Paraná, os preços pagos pela

saca de 60 kg variaram de US\$12,38 a 15,24 (ALMEIDA, 2009) e em Santa Catarina, o valor recebido pelos produtores integrados a uma empresa de biodiesel foi de US\$ 14,61 (BORSUK, 2008). Em 2009, os preços pagos nas principais regiões produtoras do Centro-Oeste variaram entre US\$10,17 a 15,54. No Rio Grande do Sul, o valor recebido pelos produtores por uma empresa de biodiesel foi de US\$19,48 a saca de 60 kg (ALMEIDA, 2009) e, em Santa Catarina, de US\$ 21,39 (BORSUK, 2008).

Segundo relatos apresentados na Reunião Nacional de Pesquisa em Girassol (ALMEIDA, 2009), na safrinha de 2009 o custo variável para a produção de 1 ha de girassol no Estado de Goiás oscilou entre R\$ 600,00 a R\$ 926,00, enquanto que no Estado do Mato Grosso, o custo variou entre R\$ 525,00 e R\$ 680,00, dependendo do nível tecnológico empregado. Estimativas de custo de produção do girassol para sistemas de produção do Mato Grosso do Sul foram realizadas por Richetti (2008), em sistema plantio direto e com o uso de sementes híbridas e variedades, com produtividades esperadas de 1500 kg.ha⁻¹ e 1200 kg.ha⁻¹, respectivamente. Para o uso de sementes híbridas, o custo total estimado por hectare foi de R\$ 736,63, sendo que o custo fixo representou 24,7% do custo total, as despesas com insumos 58,5%, as operações agrícolas 6,7% e os outros custos 10,1%. Dentre os itens que mais oneraram o custo variável, destacaram-se os fertilizantes (41,0%), as sementes (11,1%) e os herbicidas (4,4%). Com o uso de variedade, o custo total estimado por hectare foi de R\$ 653,97. O desembolso representou 72,5% dos custos, dos quais 56,2% foram gastos com insumos e 7,0% com operações agrícolas. Os itens que mais oneraram os custos variáveis foram os fertilizantes (46,1%) e os herbicidas (5,0%).

Em Santa Catarina, Borsuk (2008) avaliou os custos relativos ao cultivo do girassol na safrinha em 2007, por uma cooperativa de agricultores familiares. Para a produção de 1 ha de girassol, o custo total (custos fixos + custos variáveis) variou de R\$ 501,72 a R\$ 609,70, com produtividade de 1700 a 2500 kg e receita líquida entre R\$ 257,3 a R\$ 773,28. No Rio Grande do Sul, dois projetos desenvolvidos junto a agricultores familiares foram implementados com o objetivo de quantificar o resultado econômico do cultivo de girassol. No primeiro, implementado na safra 2007, em parceria entre a EMBRAPA/Clima Temperado e a Oleoplan S.A. (BASSANI, 2009), obteve-se um rendimento médio de 1500 kg.ha⁻¹, com custo total de R\$ 925,00.ha⁻¹ e receita líquida de R\$ 200,00.ha⁻¹. No segundo, implementado em parceria entre a UNISC e a AFUBRA (DORNELLES e SAMPAIO, 2009), obteve-se, na safra 2008, um custo total de

produção de R\$ 1158,00.ha⁻¹. Desse total, 67% foi atribuído ao custo com insumos, 11% ao custo com operações agrícolas, 18% ao custo com mão-de-obra e 4% a custos fixos e impostos. O rendimento médio obtido entre os 17 estabelecimentos participantes do projeto foi de 1357 kg.ha⁻¹.

2.5. Aspectos sócio-econômicos e edafoclimáticos do sudeste paranaense

2.5.1. Aspectos sócio-econômicos

O Sudeste Paranaense é de ocupação das mais antigas do Estado, passando por diversos ciclos econômicos como o ciclo do ouro no final do século XVII e da erva-mate e da madeira, no final do século XIX. Entre 1890 e 1910, com a chegada dos imigrantes europeus – sobretudo poloneses e ucranianos – iniciou-se o processo de intensificação da produção agrícola.

Conforme regionalização realizada por Fuentes Lanillo *et al.* (2006), os municípios da sub-região de Irati e parte dos municípios da sub-região de União da Vitória enquadram-se no tipo “agricultura familiar de baixa intensidade e matas nativas”. Localiza-se nessa região, o maior remanescente da floresta com araucária em todo o bioma, e a maior reserva dessa floresta em propriedades particulares. Mesmo sendo de menor intensidade em relação a outras regiões do Estado, e ainda que de forma mais tardia (RADOMSKI *et al.*, 2006), a região tem incorporado os elementos da modernização agrícola, através do aumento no uso de insumos industriais e da motomecanização.

Historicamente, têm predominado na região as lavouras temporárias e alimentares. Na década de 60, predominavam as lavouras de milho, feijão, trigo e arroz. Na década de 70 foram incorporadas as lavouras de batata, soja, cebola e fumo, sendo que a partir da década de 80, esta última assumiu importância econômica, sobretudo nos estabelecimentos familiares caracterizados pela baixa disponibilidade de terra e alta disponibilidade de mão-de-obra. (RADOMSKI *et al.*, 2006).

Segundo tipologia realizada por Doretto *et al.* (2001), com base nos dados do Censo Agropecuário 1995/96 do IBGE, a agricultura familiar representa 95,8% do total de estabelecimentos, ocupando 76,5% da área total, empregando 93,4% da mão-de-obra e com uma

participação de 76,6% no Valor Bruto da Produção Total . Verifica-se assim, a importância da agricultura familiar como agente econômico, tanto pela sua contribuição para a produção agrícola regional, quanto para o emprego da mão-de-obra.

2.5.2. Aspectos edafoclimáticos

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região enquadra-se no tipo Cfb – Subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas severas (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). A temperatura média do mês mais frio é menor que 18°C e a do mês mais quente, maior que 22°C. A precipitação anual varia de 1300 a 1800 mm, bem distribuída ao longo do ano, sendo agosto o mês mais seco (média de 80 mm) e janeiro, o mês mais chuvoso (média de 180 mm). Apesar da boa distribuição de chuvas – conferindo à região a possibilidade de cultivo de até três safras por ano – há riscos de veranicos em novembro e dezembro (CARAMORI, OLIVEIRA e FARIA, 1991).

A temperatura é o fator climático mais limitante. É alta a incidência de geadas, as quais ocorrem desde o final de abril a início de setembro (GRODZKI, 1990). O início da semeadura das lavouras de verão ocorre em meados de setembro, sendo a semeadura realizada antes dessa época apenas nas áreas mais altas das propriedades.

O relevo predominante na região é suave ondulado a ondulado e, em menor proporção, forte ondulado. Na sub-região de Irati (Segundo Planalto), a geologia é formada por materiais de origem sedimentar como folhelhos, siltitos, arenitos e argilitos, os quais tendem a formar solos pobres em cálcio, magnésio e fósforo, e ricos em alumínio trocável, apresentando textura franco-argilo-arenosa, franco-arenosa a siltosa (BENASSI, 2008). Altos teores de silte tornam os solos suscetíveis ao encrostamento superficial, o que prejudica a emergência das plântulas e, conseqüentemente, a obtenção de populações adequadas de plantas.

Na sub-região de União da Vitória, as áreas distribuem-se exatamente nos limites das formações sedimentares do Segundo Planalto e dos derrames basálticos do Terceiro Planalto. Predomina o relevo forte ondulado e as áreas planas de várzeas situadas às margens do rio Iguçu (RADOMSKI *et al.*, 2006). Em ambas as sub-regiões, predominam as classes Neossolo e Cambissolo, sendo os primeiros predominantes nos topos das encostas e os segundos

predominantes nas meias encostas. Esse solos predominam nas meias encostas, o que favorece o escoamento superficial. Os cambissolos caracterizam-se por apresentar horizonte B incipiente, com gradiente textural entre o horizonte A e B. Quando possuem altos teores de silte, apresentam tendência ao encrostamento superficial, formação de torrões e bolsões de ar no sulco de semeadura. Quando apresentam maiores teores de areia, possuem melhor infiltração de água e menor tendência ao encrostamento superficial, sendo estes solos utilizados predominantemente para o cultivo do fumo. Dentre outros atributos físicos, a composição granulométrica influenciam a retenção de água no solo.

Apesar da baixa fertilidade natural, análises de solo têm demonstrado melhoria de fertilidade nas camadas superficiais, podendo dar a falsa ideia de que os solos apresentam boas condições de fertilidade. A maior concentração desses nutrientes nas camadas mais superficiais pode levar ao desenvolvimento superficial do sistema radicular, e em períodos de baixa precipitação pluvial pode ocorrer estresse hídrico na planta (RADOMSKI *et al.*, 2006).

2.5.3. Caracterização dos sistemas de produção

A caracterização dos sistemas de produção predominantes está apresentada de forma sintética na Tabela 2.2 e baseia-se em estudo realizado por Ribeiro *et al.* (2005) junto a 60 estabelecimentos familiares localizados na área de abrangência da presente tese.

TABELA 2.2. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO PREDOMINANTES NA REGIÃO DE IRATI, SAFRA 2002/2003.

Sistema de produção	Área do estabelecimento		Arrendatários ²	Mecanização	Principais fontes de renda
	Propria	Arrendamento ¹			
	-----ha-----		(%)		
Grãos Tradicional	13,5	9,6	4,5	Tração animal e motomecanização	Feijão
Grãos Tecnicado	31,0	22,4	10,5	Motomecanização	Feijão/milho/soja
Fumo Especializado	24,5	9,0	1,8	Tração animal	Fumo
Fumo Diversificado	26,6	14,9	12,9	Motomecanização	Fumo/feijão/leite/milho
Leite Especializado	13,3	10,1	9,7	Motomecanização	Leite
Leite Diversificado	38,7	25,1	3,0	Motomecanização	Leite/soja

1: área tomada em arrendamento; 2: percentual de estabelecimentos com áreas tomadas em arrendamento

FONTE: RIBEIRO *et al.* (2005)

O sistema Grãos Tradicional tem no feijão a principal fonte de renda do estabelecimento e, juntamente com o sistema Fumo Diversificado, é o que possui as maiores restrições quanto à disponibilidade de área para a produção agrícola. Além das menores áreas, os agricultores não dispõem de equipamentos motomecanizados, sendo que as operações com equipamentos a tração animal vêm sendo cada vez mais substituídas por operações com equipamentos motomecanizados provenientes de serviços de terceiros. Por outro lado, o sistema Grãos Tecnicado é representado pelos estabelecimentos que têm na produção de milho, feijão e soja as principais fontes de renda, sendo que nesse caso, as áreas disponíveis são maiores. Outra característica que os diferencia é a maior disponibilidade de equipamentos motomecanizados, que são em sua maior parte de propriedade dos agricultores. Isso possibilita o aumento da disponibilidade de área por meio do arrendamento (Tabela 2.2).

Os sistemas com base no fumo são classificados pelo nível de especialização nessa cultura, expresso pela contribuição da renda do fumo na renda total do estabelecimento. Assim, verifica-se a ocorrência do sistema Fumo Especializado, no qual a cultura do fumo contribui com mais de 80% da renda total do sistema, e o sistema Fumo Diversificado, caracterizado por outras fontes de renda como o leite e a produção de grãos. Da mesma forma, os sistemas com base no leite são classificados conforme o nível de especialização nessa atividade.

Além das características apresentadas na Tabela 2.2, os sistemas de produção também diferenciam-se quanto aos sistemas de culturas utilizados caracterizados por sua vez, por diferentes combinações de culturas, rotações e diferentes calendários agrícolas. Essas diferenças devem ser consideradas na elaboração de propostas de novos sistemas ou novos itinerários técnicos, uma vez que estes podem ter um impacto positivo ou negativo no uso da terra, de capital e mão-de-obra.

O calendário das culturas apresentado na Figura 2.1 mostra que, na safra das águas, as culturas são semeadas a partir da segunda quinzena de setembro, com exceção da soja, que é semeada a partir da primeira quinzena de novembro. Dentre estas, a cultura do feijão é a primeira a ser colhida, seguida pela cebola e pelo fumo. O milho pode ser colhido a partir de março, porém quando a operação é manual, os agricultores têm por hábito colher após as primeiras geadas, o que facilita a operação. A soja é colhida até final de abril. O feijão é a principal cultura cultivada na safra da seca, sendo semeado a partir da segunda quinzena de janeiro e colhido até

meados de abril. As culturas de inverno são semeadas a partir do início de abril, ocupando a área até início de agosto (aveia preta comum) ou início de outubro (azevém ou aveia preta IAPAR 61).

FIGURA 2.1. CALENDÁRIO DAS PRINCIPAIS CULTURAS ENCONTRADAS NA REGIÃO SUDESTE PARANAENSE.

Cultura	Mês											
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Feijão das águas												
Milho												
Soja												
Feijão da seca												
Cebola												
Fumo												
Aveia preta												
Azevém												

Fonte: RIBEIRO *et al.* (2005)

Em função do calendário agrícola, as épocas de maior demanda de mão-de-obra concentram-se nos meses de dezembro e janeiro, devido às colheitas do feijão e do fumo, que são realizadas manualmente na maior parte das situações.

2.6. Referências

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel**: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais. São Paulo: Plural Pesquisa e Consultoria/Departamento de Economia da Universidade de São Paulo, 2007. 22p. Disponível em: http://www.usp.br/feaecon/media/fck/File/Biodiesel_AIEA2_Portugues.pdf. Acesso em: 18/06/2009.

AGUIRREZABAL, L. A. N. **Causas fisiológicas y posibles soluciones de las variaciones de rendimiento y calidad del girasol**. Buenos Aires: INTA Balcarce, set. 2003. Disponível em: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/girasol/aguirreza.htm>. Acesso em: 23/07/2010.

AGUIRREZABAL, L. A. N. et al. **Girasol**: aspectos fisiológicos que determinam el rendimiento. Mar Del Plata: INTA, 2001. 111p.

ALMEIDA, I. R. Relatos do comportamento da cultura do girassol por região. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Atas e Resumos...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009, 1 CD-ROM.

ALMEKINDERS, C. J. M.; FRESCO, L. O.; STRUIK, P. C. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, n. 43, p. 127-142, 1995.

BARETTA, D. et al. Aspectos estatísticos no estudo das minhocas como bioindicadoras ambientais: análise multivariada. In: Encontro Latinoamericano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas, 3. **Anais...** Curitiba, EMBRAPA Florestas, 2007.

BASSANI, M. H. Oleoplan S. A. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

BENASSI, D. A. **Percepção e uso dos solos**: o caso dos agricultores familiares da região Centro-Sul do Paraná. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 595-670.

BLANCHET, R. Ecophysiologie et élaboration du rendement du tournesol: principaux caractères. In: LOMBE, L. ; PICARD, D. (Ed.). **Élaboration du rendement des principales cultures annuelles**. Paris: INRA, 1994. p. 97-99.

BONA, S. et al. Response of sunflower to progressive water stress. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. vol. I, p. D58-D63.

BONNEVAL, L. Systèmes agraires, systèmes de production. Vocabulaire français-anglais avec index anglais. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 1993. 289p.

BOOTE, K. J. et al. Genetic coefficients in the CROPGRO-Soybean Model: links to field performance and genomics. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 1, p. 32-51, 2003.

BORSUK, L. J. **Cultivo de girassol sob a perspectiva da agroenergia: uma análise dos produtores familiares assentados de Abelardo Luz, SC**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CALBEGUENNE, M. ; DEBAEKE, P. Experimental determination and modelling of the soil water extraction capacities of crops of maize, sunflower, soya bean, sorghum and wheat. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 202, n. 2, p.175-192, 1998.

CARAMORI , P. H.; OLIVEIRA, D.; FARIA, R. T. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. **IAPAR: Boletim Técnico**, Londrina, n. 36, p. 1- 40, 1996.

CARVALHO, C. G. P. et al. Genética do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C. ; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 219-267.

CASADEBAIG, P. ; DEBAEKE, P.; LECOEUR, J. Thresholds for leaf expansion and transpiration responses to soil water deficit in a range of sunflower genotypes. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 646-654, May 2008.

CASADEBAIG, P. **Analyse et modélisation des interactions genotype-environnement – conduite de culture: application au tournesol (*Helianthus annuus*)**. 195 f. Tese (Doutorado em Agrossistemas, Ecossistemas e Meio Ambiente), Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, 2008.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 163-210.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENT, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 317-373.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

COLASANTE, L. O. ; NOGUEIRA, R. R. Avaliação de cultivares de girassol em duas épocas de plantio na região sul do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 17.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 5., 2007, Uberaba. **Anais...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2007. p. 94-97.

COLLINSON, M. The Application of farming systems research. In: COLLINSON, M. (Ed.) **A history of Farming Systems Research**. CABI/FAO. **United Kingdon, 2000**. 418p., p. 83-93.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-181.

DIAS, J. A. A. **Consumo de água do girassol cultivado em evapotranspirômetro de lençol freático constante**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

DORÉ, T.; SEBILLOTE, M.; MEYNARD, J. M. A diagnostic method for assessing regional variation in crop yield. **Agricultural Systems, Elsevier**, v. 54, n. 2, p. 169-188, 1997.

DORÉ, T. et al. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 28, n. 1, p. 151-161, janv./mars. 2008.

DORNELLES, M. A.; SAMPAIO, N. Avaliação do girassol na propriedade de tabaco como diversificação. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EVANS, L.T.; FISCHER, R. A. Yield potential: its definition, measurement and significance. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1544-1551, 1999.

FUENTES LLANILLO, R. et al . Regionalização da agricultura do Estado do Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 120-127, jan./fev. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000100018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05/04/2010.

FUENTES LLANILLO, R. **Indicadores de sustentabilidade da produção familiar mecanizada de grãos em modalidades de plantio direto no norte do Paraná, Brasil**. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

GASTAL, E. **Enfoque de sistemas na programação da pesquisa agropecuária**. Brasília: IICA, 1980. 207p. (prólogo, parte I e parte II).

GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para a irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annuus L.*)**. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GRIEU, P. et al. Améliorer la tolérance à la sécheresse du tournesol: apports de l'écophysiologie et de la génétique. **Innovations Agronomiques**, Paris, v. 2, p. 37-51, juin 2008. Disponível em https://www.inra.fr/ciag/revue_innovations_agronomiques. Acesso em: 15/01/2009.

GRODZKI, L. **Probabilidade de geadas para o Paraná**. Londrina: IAPAR, 1990. (Relatório Final de Experimento).

GUMUCHIAN, H.; MAROIS, C. ; FÈVRE, V. La démarche scientifique em geographie. In: _____. **Initiation à la Recherche en Geographie: aménagement, développement territorial, environnement**. Montreal: Presses de l'Université de Montreal, 2000. p. 75-77. (Series Collection Geographie).

HOCKING, P. J.; STEER, B. T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus L.*) during growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 6, p. 93-107, 1983.

KOVÁČIK, A; SKALOUD, V.; VLCKOVA, V. Evaluation of relation between the yield of achenes and yield components in hybrid sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 9., 1980, Torremolinos. **Proceedings...**Paris: International Sunflower Association, 1980. P.362-368.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V.;. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. **Informações Agrônômicas: Encarte Técnico**, Piracicaba, n. 118, p. 1-24, jun. 2007.

LAZZAROTTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C. ; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 500-546.

LEITE, R. M. V. B. C. Manejo de doenças do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 500-546.

LÓPEZ PEREIRA, M.; SADRAS, V. O.; TRÁPANI, N. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 62, n. 2-3, p. 157-166, 1999.

LORO, J. C. Girassol no Noroeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

LOYCE, C. ; WERY, J. Les outils des agronomes pour l' evaluation et la conception de systèmes de culture. In: DORÉ, T. et al. (Coord.). **L' Agronomie Aujourd'hui**. Versailles : Quae, 2006. p.77-95.

MACHADO, P. L. O. A. Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas. **EMBRAPA – CNPS : Documentos**, Rio de Janeiro, n.2, página 1-22, 1997.

MAERTENS, C.; BOSC, M. Étude de l'évolution de l'enracinement du tournesol (variété Stadium). **Informations Techniques CETIOM**, Paris, n. 73, p. 3-11, 1981.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 902 p.

MASSIGNAM, A. M.; ANGELOCCI, L. R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de subperíodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 63-69,1993.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R.; BUENO, A. C. Evapotranspiração da cultura do girassol e sua relação com a evapotranspiração do tanque classe A. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 107-112, 1998.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R.T.; CARPENEDO, C. Disponibilidade hídrica para a cultura do girassol na região de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MERCAU, J. L. et al. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. **Agricultural Systems**, Inglaterra, v. 67, n. 2, p. 83-103, fev. 2001.

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris : CETIOM, 1992. 66p.

METTRICK, H. **Development oriented research in agriculture: An ICRA Textbook**. Wageningen: International Center for Research Oriented to Development in Agriculture, 1993. 228p.

MEYNARD, J. M. ; DAVID, G. Diagnostic de l'élaboration du rendement des cultures. **Cahiers Agricultures**, Montrouge, France, John Libbey Eurotext, v. 1., n.1, p. 9-19, mar.-abr.1992.

MEYNARD, J. M. et al. **Évaluation experimental des itinéraires techniques**. Paris : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF). Comité Potentialités – ACTA, 10 janv. 1996.

MEYNARD, J. M.; DORÉ, T. ; HABIB, R. L' évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. **Comptes rendus de l' Academie d' Agriculture de France**, Paris, v. 87, n. 4, p. 223-236, 2001.

MUZILLI, O. et al. Análise de solos: interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 9, p. 1-49, 1978.

NABINGER, C. Diagnóstico agrônômico: ferramenta essencial para a pesquisa e para ações de desenvolvimento rural. In: DONI FILHO, L.; TOMMASINO, H.; BRANDENBURG, A. (Org.). **Seminário sobre sistemas de produção: conceitos, metodologias e aplicações**. Curitiba: UFPR, 1999. p.58-84.

OLIVEIRA, I. S. Avaliação de genótipos de girassol no ensaio final de primeiro ano no nordeste brasileiro, no ano agrícola de 2008. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Atas e Resumos...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009, 1 CD-ROM.

ORGEAS, J. ; BONIN, G. Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var. France), et relations avec la production de liège. [Annals of Forest Science](#), Paris, n. 53, p. 615-624, 1996.

PELLEGRINO, A. et al. A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 49-59, July 2006.

RADOMSKI, M. I. et al. Caracterização Regional. In : AHRENS, D. C. (Coord.). Rede de propriedades familiares agroecológicas : uma abordagem sistêmica no Centro-Sul do Paraná. **IAPAR: Boletim Técnico**, Londrina, n. 68, p.15-39, nov. 2006.

RIBEIRO, M. F. S. et al. Do smallholders in Southern Brazil practice Conservation Agriculture as recommended or as suits them? Preliminary evidence from Central-Southern Parana, Brazil. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 3., 2005, Nairobi. **Proceedings...** Nairobi: African Conservation Tillage Network , 2005. 1 CD-ROM.

RIBEIRO, M. F. S. et al. O plantio direto na região de Mata de Araucária. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado**. Viçosa, MG: SBCS: UFV, DPS, 1996. p. 201-216.

RICHETTI, A. Estimativa de custo de produção de girassol em Mato Grosso do Sul, safra 2008 **EMBRAPA Agropecuária Oeste: Comunicado Técnico**, Dourados, n. 142, página 1-2, mar. 2008.

ROGER-ESTRADE, J. *et al.* Le tournesol. In: ÉLÉMENTS pour la conduite des principales grandes cultures et prairies. Paris, Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon, Departement AGER, 2003. 21p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Análise de risco climático para a cultura de girassol, em algumas localidades de São Paulo e do Paraná, usando os modelos DSSAT/Oilcrop-Sun e FAO. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 91-102, 2001.

SACHS. I. **Biofuels are coming of age**. Keynote address at the International Seminar « Assessing the Biofuels Option ». International Energy Agency, IEA Headquarters, Paris, 20 June 2005. Disponível em: http://www.iea.org/work/2005/Biofuels/Biofuels_Sachs_Presentation.pdf. Acesso em: 12/06/2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Deficiência hídrica e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n.3, p. 287-294, 1998.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.

SEBILLOTE, M. Penser et agir en agronome. In: DORÉ, T. et al. (Coord.). **L' Agronomie Aujourd'hui**. Versailles : Quae, 2006. p. 1-21.

SENTELHAS, P. C. et al. Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 43-49,1994.

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO, JR, M.; GIANLUPPI, D.; SCHWENGBER, D.R. Época de plantio de girassol nos cerrados de Roraima. IN: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE

GIRASSOL, 16; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4., 2005. Londrina. **Anais...** Embrapa Documentos n. 261; Embrapa Soja, p. 98-100, 2005.

SOARES JUNIOR, D.; SALDANHA, A. N. K. Indicadores econômicos propostos para a análise de sistemas de produção e propriedades agropecuárias trabalhadas nas Redes de Referências para a Agricultura Familiar. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5.; SEMINÁRIO SUL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 1. Itajaí: Associação Brasileira de Administração Rural, 2000. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/a_indic_econo.pdf. Acesso em: 20/04/2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4th ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2006. 764 p.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

UNGARO, M. R. G. et al. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 41-48, 1985.

VAN RAIJ, B. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 2003, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 11, p. 291-305.

WALLACH, D. Evaluating crop models. In: WALLACH, D.; MAKOWSKI, D.; JONES, J. (Ed.). **Working with dynamic crop models: evaluation, analysis and parametrization**. Amsterdam: Elsevier, 2006. p.11-25.

ZOBIOLE, L. H. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, abr. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832010000200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23/07/2010.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Modelo de análise

Elaborou-se para o presente estudo, o modelo conceitual (LOYCE; WERY, 2006; MERCAU *et al.*, 2001) apresentado na Figura 3.1, o qual serviu como referencial teórico que norteou a seleção das variáveis, o método e as técnicas de análise. Este modelo sintetiza as relações entre as variáveis de desempenho, as variáveis de estado da cultura, e os fatores edáfo-climáticos e sócio-econômicos, conforme apresentado na revisão de literatura.

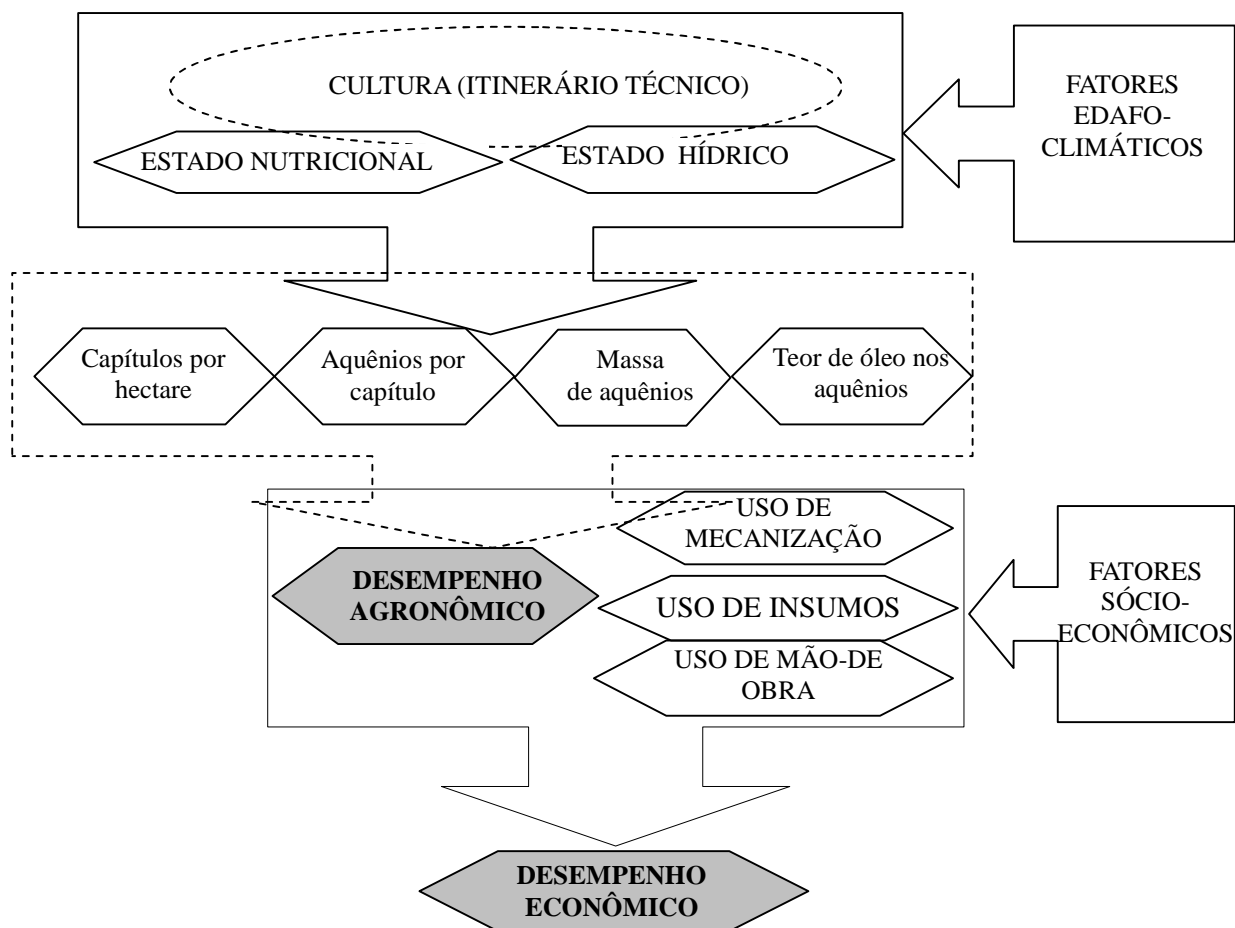


FIGURA 3.1. MODELO DE ANÁLISE ADOTADO PARA O ESTUDO DO DESEMPENHO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL.

Conforme indicado na Figura 3.1, o desempenho da cultura do girassol é constituído pelo desempenho agronômico e pelo desempenho econômico. O desempenho agronômico é expresso pelo rendimento de aquênios e pelo teor de óleo nos aquênios, cuja variabilidade está condicionada à variabilidade dos fatores edáficos, climáticos, genotípicos e de manejo da cultura. Aplicando-se o mesmo itinerário técnico em todos os locais, form mantidos constantes os fatores de manejo, variando-se apenas os fatores edáficos e climáticos.

Os fatores edáficos e climáticos atuam nos processos fisiológicos da planta, afetando o estado nutricional e o estado hídrico da mesma. A maior ou menor intensidade desses fatores em cada período crítico para a formação dos componentes do rendimento irá condicionar de forma diferenciada o crescimento, desenvolvimento e a elaboração do rendimento da cultura. A variabilidade nos rendimentos obtidos foi, então, explicada pela variabilidade dos valores obtidos para os componentes do rendimento, de estado nutricional e hídrico da cultura.

O desempenho econômico foi expresso pelas margens brutas por hectare e pela demanda de mão-de-obra. A variabilidade no desempenho econômico foi condicionada à variabilidade dos rendimentos de aquênios e dos fatores sócio-econômicos internos à propriedade, como o uso de mecanização, o nível de utilização de insumos e o uso de mão-de-obra.

3.2. Métodos e técnicas de análise

O método utilizado neste estudo é uma adaptação do método de Diagnóstico Agronômico (LOYCE; WERY, 2006; MEYNARD, DORÉ e HABIB, 2001; MERCAU *et al.*, 2001), empregado na avaliação do desempenho de sistemas de culturas e itinerários técnicos de culturas, quando uma determinada tecnologia é incorporada ao sistema produtivo. Nesse contexto, é o agricultor quem toma as decisões e as implementa.

Entretanto, o cultivo do girassol não é uma prática corrente na região de abrangência do estudo, tratando-se portanto, de um sistema potencial, e não uma prática dos agricultores. Dessa forma, o estudo foi realizado em condições “quase-reais” de produção, ou seja, o trabalho foi realizado nas condições edafoclimáticas da região, porém as decisões quanto ao manejo da cultura e a implementação ficaram a cargo do pesquisador, procurando-se sempre conduzir o

trabalho o mais próximo possível das condições edafoclimáticas e sócio-econômicas dos sistemas de produção locais.

Trabalhos dessa natureza possuem duas características que os diferenciam da pesquisa realizada em nível de estação experimental. Enquanto que nesta, varia-se apenas os fatores que se deseja estudar, mantendo-se os demais fatores controlados, na pesquisa em propriedades a variabilidade é um recurso a ser explorado, necessitando porém, de outros métodos de análise. No presente trabalho, os dados foram analisados com o auxílio de técnicas de Análise Multivariada. A segunda característica refere-se ao aspecto logístico, pois as propriedades são distantes umas das outras e distantes da sede de trabalho e os talhões utilizados não são isolados, sendo acessíveis a pessoas e animais. Esse aspecto dificulta a realização de algumas medidas diretas que necessitam da instalação de equipamentos que devem permanecer no campo durante todo o ciclo da cultura. Nesse sentido, fez-se uso de um modelo de simulação para estimar o estado hídrico da cultura, utilizando-se dados meteorológicos e edáficos coletados nos locais.

3.3. Caracterização da região

A área de abrangência é a mesorregião Sudeste Paranaense, constituída pelas microrregiões geográficas de Irati e União da Vitória. A Figura 3.2 apresenta a localização dos estabelecimentos nos quais foi realizado o estudo.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região enquadra-se no tipo Cfb – Subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas severas (CAVIGLIONE *et al.*, 2000)



FIGURA 3.2. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS ESTABELECIMENTOS AGRÍCOLAS

A Tabela 3.1 apresenta as características químicas de 16 amostras de solos coletadas nos talhões em que o estudo foi realizado, cujos teores dos nutrientes foram classificados em baixo, médio e alto conforme estabelecido por Muzilli *et al.* (1978). A classificação da saturação por alumínio em alta e baixa levou em conta as exigências da cultura do girassol, a partir das quais valores acima de 5% são prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radicular (CASTRO; OLIVEIRA, 2005)

TABELA 3.1. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS TALHÕES QUANTO ÀS CLASSES DE TEORES DE NUTRIENTES EM AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS A DUAS PROFUNDIDADES.

Profundidade (m)	Teores ⁽¹⁾ P(Mehlich) (mg.dm ⁻³)	C (g.dm ⁻³)	cmol _c .dm ⁻³					Al (%)
			Ca	Mg	K	T	Al	
0,00-0,20	Baixo	35,29	5,88	0,00	0,00	5,88	0,00	82,00
	Médio	41,18	11,76	11,76	0,00	35,29	6,00	
	Alto	23,53	82,35	88,00	100,00	58,82	94,00	17,65
0,20-0,40	Baixo	82,35	23,53	11,76	0,00	5,88	0,00	35,29
	Médio	11,76	23,53	17,65	0,00	76,47	0,00	
	Alto	5,88	52,94	70,59	100,00	17,65	100,00	64,71

1 : Critérios de alto, médio e baixo segundo Muzilli *et al.*(1978) e Castro e Oliveira (2005)

Apesar dos altos teores de alumínio, observa-se pela Tabela 3.1 que, à profundidade de 0,00 a 0,20 m, 82% das amostras apresentaram baixos teores desse elemento, como resultado de aplicações de calcário. Observa-se também um grande contraste nos teores de fósforo entre as duas profundidades, sugerindo que houve acúmulo de fósforo nessa camada em função do manejo. Verifica-se assim, que os aspectos críticos em relação aos atributos químicos do solo estão relacionados à baixa fertilidade natural quanto aos teores de fósforo e aos altos teores de alumínio, os quais foram em parte, modificados pelo manejo. Por outro lado, de uma forma geral os solos apresentam altos e médios teores de carbono orgânico, médios a altos teores de potássio e uma alta capacidade de troca de cátions.

3.4. Definição dos objetivos de produção e do itinerário técnico⁴ de implantação e condução da cultura do girassol

Apesar das múltiplas possibilidades de utilização do óleo de girassol e seus co-produtos, o objetivo de produção foi definido em um contexto de inserção da agricultura familiar na cadeia de biodiesel e considerando-se o modelo de integração predominante na atualidade, no qual o agricultor produz a matéria-prima e a comercializa na forma de grãos.

A forma de inserção do girassol em um sistema de culturas foi definida procurando-se inicialmente atender aos preceitos estabelecidos por Sachs (2005) e Abramovay e Magalhães (2007), nos quais a produção de energia deve ser vista como parte de um sistema integrado de produção de alimentos e energia. Portanto, o itinerário técnico concebido partiu do pressuposto de que a cultura do girassol deveria ser integrada aos sistemas de culturas praticados pelos agricultores, sem que houvesse substituição de uma cultura alimentícia pela cultura energética. Critérios adicionais, como o clima, o risco de incidência de doenças e o econômico (baixo custo de produção) foram levados em conta na formulação do itinerário técnico.

A ampla adaptação climática do girassol possibilita várias opções de inserção em sistemas de culturas. Na região de clima tropical, esta oleaginosa ocupa o espaço no sistema de culturas como cultura de safrinha, após a colheita do milho ou da soja. Dessa forma, os agricultores aproveitam o final das chuvas para incluir uma espécie tolerante à seca.

Na região de clima subtropical, existe tanto a possibilidade do cultivo de safrinha quanto

da inclusão da cultura no final do mês de julho ou início de agosto. No Sudeste paranaense, a primeira opção não é tecnicamente possível em função do risco de incidência do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Por outro lado, as características climáticas e dos sistemas de culturas predominantes na região permitem a inserção dessa cultura a partir do início do mês de agosto até meados de outubro, conforme zoneamento recentemente realizado para esta oleaginosa (BRASIL, 2009). Assim, a seleção de uma cultivar de ciclo precoce, associada à semeadura o mais cedo possível dentro do período recomendado (início de agosto), possibilitaria ainda a introdução de uma segunda cultura na safra das águas. Essa modalidade de inserção da cultura já foi constatada como viável no Noroeste do Rio Grande do Sul (LORO, 2009) e colocada como uma possibilidade por Thomaz (2008) e Colasante e Nogueira (2005).

A implantação da cultura o mais cedo possível seria favorecida pela utilização da semeadura direta. Apesar das vantagens do sistema plantio direto em relação ao sistema convencional, a escolha pelo segundo pautou-se em uma restrição de ordem legal. No Brasil e no Estado do Paraná, não existem herbicidas pós-emergentes registrados para a cultura do girassol, o que impossibilita a recomendação de produtos por parte dos profissionais e a sua utilização pelos agricultores.

Utilizou-se as cultivares BRS 122, CATISSOL e Helio 250, cujo critério de escolha baseou-se na precocidade, com base em resultados de avaliação de cultivares conduzidas na região (THOMAZ, 2008). Tais cultivares possuem as seguintes características:

BRS 122: variedade de polinização aberta, procedência da EMBRAPA, aquênios pretos com listras cinzas (podendo ocorrer aquênios pretos e brancos com listras cinzas na proporção de até 5%), massa média de 1000 aquênios igual a 60 gramas, teor de óleo de entre 40-44%, potencial de rendimento de 2250 kg.ha⁻¹ (Região Sul), ciclo de 100 dias, maturação fisiológica aos 85 dias, diâmetro do capítulo de 18 cm, altura média de plantas de 1,55 metros

CATISSOL: variedade de polinização aberta, procedência da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – São Paulo), aquênios pretos (podem ocorrer aquênios pretos com listras cinzas ou brancas, na proporção de até 5%), peso médio de 1000 aquênios igual a 70

⁴ Itinerário técnico é uma sequência lógica e ordenada de técnicas culturais aplicadas em um determinado talhão, com vista a atender um determinado objetivo de produção (BONNEVAL, 1993).

gramas, produtividade média de 1.500 a 2.000 kg ha⁻¹, ciclo de 115 a 130 dias, altura média das plantas de 1,7 metros, diâmetro do capítulo de 22 cm.

HELIO 250: híbrido simples, aquênios pretos, floração em 50 a 60 dias após a germinação, maturação fisiológica em 85 a 105 dias após a germinação, altura média das plantas 1,6 a 1,8 m, teor de óleo de 44 a 48%.

Quanto à população de plantas, definiu-se 45.000 plantas.ha⁻¹ como o estande a ser atingido. Apesar de vários trabalhos apontarem para maiores rendimentos com maiores populações, optou-se por uma população de plantas mais baixa como forma de reduzir os riscos de incidência da mancha de alternária e do mofo branco, doenças que são favorecidas em ambientes com altos níveis de umidade do ar (LEITE, 2005). Além disso, como este tem sido o valor adotado nos ensaios da Rede Nacional de Avaliação de Cultivares de Girassol conduzidos na região, os resultados obtidos neste trabalho podem ser comparados aos obtidos por esses ensaios.

A adubação foi definida de acordo com as recomendações de Castro e Oliveira (2005); para a adubação nitrogenada, empregou-se a dose de 40 kg de nitrogênio por hectare, na forma de uréia, sendo este a quantidade mínima recomendada pelos autores. Juntamente com a uréia, aplicou-se 2 kg.ha⁻¹ de boro em cobertura no estadio V6, na forma de ácido bórico (11,3% de boro). As doses de P₂O₅ e K₂O variaram entre 30 kg.ha⁻¹ a 60 kg.ha⁻¹ e 20 kg.ha⁻¹ a 60 kg.ha⁻¹, respectivamente, de acordo com os teores de P e K no solo.

3.2. Referências

ABRAMOVAY, R.; MAGALHÃES, R. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel**: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais. São Paulo: Plural Pesquisa e Consultoria/Departamento de Economia da Universidade de São Paulo, 2007. 22p. Disponível em: http://www.usp.br/feaecon/media/fck/File/Biodiesel_AIEA2_Portugues.pdf. Acesso em: 18/06/2009.

BONNEVAL, L. Systèmes agraires, systèmes de production. Vocabulaire français-anglais avec index anglais. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 1993. 289p.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

COLASANTE, L. O. ; NOGUEIRA, R. R. Avaliação de cultivares de girassol em duas épocas de plantio na região sul do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 17.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 5., 2007, Uberaba. **Anais...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2007. p. 94-97.

LEITE, R. M. V. B. C. Manejo de doenças do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 500-546.

LORO, J. C. Girassol no Noroeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

LOYCE, C. ; WERY, J. Les outils des agronomes pour l' evaluation et la conception de systèmes de culture. In: DORÉ, T. et al. (Coord.). **L' Agronomie Aujourd'hui**. Versailles : Quae, 2006. p.77-95.

MERCAU, J. L. et al. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. **Agricultural Systems**, Inglaterra, v. 67, n. 2, p. 83-103, fev. 2001.

MEYNARD, J. M.; DORÉ, T. ; HABIB, R. L' évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. **Comptes rendus de l' Academie d' Agriculture de France**, Paris, v. 87, n. 4, p. 223-236, 2001.

MUZILLI, O. et al. Análise de solos: interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 9, p. 1-49, 1978.

SACHS. I. **Biofuels are coming of age.** Keynote address at the International Seminar « Assessing the Biofuels Option ». International Energy Agency, IEA Headquarters, Paris, 20 June 2005. Disponível em: http://www.iea.org/work/2005/Biofuels/Biofuels_Sachs_Presentation.pdf. Acesso em: 12/06/2009.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

CAPÍTULO I**ESTIMATIVA DA OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA CULTURA DO
GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE
PARANAENSE**

4. CAPÍTULO I

ESTIMATIVA DA OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA CULTURA DO GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE PARANAENSE

4.1. RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a estimativa da ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol a partir da utilização de um modelo de simulação. A ocorrência de deficiência hídrica foi avaliada em 26 situações culturais implantadas entre início de agosto a início de outubro de 2007 e 2008, em solos classificados como Cambissolos. As estimativas de ocorrência de deficiência hídrica foram realizadas com o uso do módulo de balanço hídrico do modelo BHCult. As variáveis de entrada do modelo foram obtidas a partir do registro das condições climáticas e da coleta de dados para determinação da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) e da soma térmica da cultura. A evapotranspiração relativa (E_{tr}/E_{tm}) em diferentes subperíodos fenológicos foi a variável utilizada para expressar a ocorrência de deficiência hídrica, adotando-se o valor crítico de 0,65. Obteve-se valores médios de profundidade máxima atingida pelo sistema radicular e CAD de 0,24 m e 37 mm, respectivamente. Considerando-se o valor crítico de evapotranspiração relativa menor que 0,65, os resultados estimados com o uso do modelo BHCult indicam a ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol nas safras 2007 e 2008. Nas situações com data de semeadura entre 6 a 8 de agosto de 2007, ocorreu deficiência hídrica em VE-R1. Na safra 2008, ocorreu deficiência hídrica em R6-R9 nas situações com data de semeadura entre 18 a 22 de agosto, e em R4-R6 e R6-R9 nas situações com data de semeadura em 1º de setembro. Resultados de simulações realizadas com o uso do modelo, utilizando-se os mesmos dados meteorológicos, indicam que, no subperíodos fenológicos citados, a evapotranspiração relativa da cultura estaria acima dos valores críticos a partir de valores de 0,60 m de profundidade máxima da raiz pivotante.

Palavras-chave: diagnóstico, modelo de simulação, alumínio, estresse hídrico, *Helianthus annuus*

ESTIMATING WATER DEFICIT IN SUNFLOWER CROP UNDER DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS AT THE SOUTHEASTERN PARANA, BRAZIL.

4.2. ABSTRACT

This study aimed at estimating the water deficit in sunflower with the use of a simulation model. Water deficit was estimated in 26 on-farm trials carried out in different cropping conditions established in the years 2007 and 2008, between early August and early October, in soils classified as Inceptissols. Water deficit was estimated with the use of the water balance module of the BHCult crop simulation model. Input variables were obtained from the field sites and were used to quantify the soil water storage capacity and the degree-days of the cultivars. Relative evapotranspiration in the different phenological sub-periods was used as an indicator of water availability, and a critical value of 0.65 was adopted. Average values for maximum root depth and soil water capacity were found as 0,24 m cm and 37.0 mm, respectively. Taking into account the critical value of 0.65 for relative evapotranspiration, predicted values indicate the occurrence of water deficit in sunflower crop in the years 2007 and 2008. For the planting dates in early August, 2007, the model predicted water deficit in the subperiod VE-R1. In 2008, water deficit was predicted in the R6-R9 for the planting dates between August 18 and August 22, and in R4-R6 for the crops sown in early September. Sensitivity analysis indicated that in those phenological subperiods, the relative evapotranspiration would be higher than the critical value with the maximum root depth of 0,6 m.

Key words: diagnosis, simulation model, water stress, *Helianthus annuus*

4.3. INTRODUÇÃO

O girassol é uma planta reconhecida por possuir vários mecanismos de adaptação à deficiência hídrica, porém em situações de limitada disponibilidade de água, a produção de grãos pode ser afetada drasticamente (CASTRO; FARIAS, 2005), pois a expressão desses mecanismos irá depender das condições ambientais. Assim, um trabalho de diagnóstico agrônomico que objetive identificar e hierarquizar os fatores limitantes ao rendimento da cultura do girassol deve considerar a disponibilidade de água nos diferentes subperíodos críticos à formação dos componentes do rendimento.

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, sendo determinado pela habilidade da planta em utilizar a água armazenada no solo, enquanto a demanda da atmosfera está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o dossel vegetativo da cultura (SANTOS; CARLESSO, 1998). A água disponível no solo para as plantas, por sua vez, é determinada pelas relações entre conteúdo e potencial e pelos efeitos das características físicas e químicas do solo sobre o crescimento radicular (BRADY; WEIL, 2008).

Quando o diagnóstico agrônomico é realizado em uma rede de estabelecimentos agrícolas, a ocorrência de deficiência hídrica nos diferentes subperíodos fenológicos que definem os componentes do rendimento da cultura é de difícil quantificação por meio de medidas diretas, devido às distâncias entre os diferentes locais e aos riscos de danos aos aparelhos, em função da passagem de animais e pessoas no interior das parcelas de observação. Nesse contexto, os modelos de simulação podem constituir-se em uma alternativa para essa limitação, pois estes estimam a disponibilidade de água em diferentes fases fenológicas a partir de dados meteorológicos e de algumas variáveis da cultura de mais fácil obtenção a campo. Os modelos de simulação também são utilizados para a avaliação de diferentes cenários resultantes de diferentes estratégias de manejo de culturas, através da análise de sensibilidade das variáveis de saída em relação a variações nas variáveis de entrada (WALLACH, 2006).

Dentre os parâmetros empregados nos modelos para estimar o nível de estresse hídrico sofrido pela cultura, destaca-se a evapotranspiração relativa, expressa pela razão entre a

evapotranspiração real (ETr) e a evapotranspiração máxima (ETm) (CASADEBAIG, 2008; PELLEGRINO *et al.*, 2006; DAVID *et al.*, 2005). Quando as necessidades hídricas são atendidas plenamente, a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração máxima da cultura, não ocorrendo perdas na produtividade. Quando o suprimento de água é insuficiente, ETr é menor que ETm, ocasionando perdas na produtividade proporcional à este déficit no suprimento hídrico (ROLIM *et al.*, 2001). Palleau (2006) considera que a cultura do girassol está bem suprida de água quando Etr/ETm é igual a 0,70. A razão ETr/ETm, também denominada ISNA – Índice de Satisfação das Necessidades de Água, é empregada como critério em trabalhos de zoneamento agroclimático. O zoneamento de risco climático para a cultura do girassol no Estado do Paraná estabelece que determinada área é considerada apta ao cultivo do girassol quando existe uma probabilidade superior a 80% de ocorrência do valor de ISNA maior ou igual a 0,65 durante a fase de florescimento e enchimento de aquênios (BRASIL, 2009). Esse índice pode ser determinado para cada subperíodo fenológico e varia em função de fatores climáticos (temperatura, precipitação, radiação solar), edáficos (características físico hídricas do solo) e de fatores resultantes da interação entre genótipo e ambiente, como a duração de cada subperíodo fenológico e a profundidade efetiva do sistema radicular, sendo essas variáveis de entrada consideradas nos modelos de simulação e nos programas de cálculo do balanço hídrico.

A região Sudeste paranaense apresenta características edafoclimáticas que a distingue das demais regiões do Estado, quanto à aptidão ao cultivo do girassol. A região é considerada inapta ao cultivo de safrinha e apta ao cultivo na safra das águas, sendo a época de semeadura recomendada a partir de 1^o. de agosto até 20 de outubro (BRASIL, 2009). Apesar das chuvas bem distribuídas ao longo do ano, há riscos de ocorrência de veranicos em novembro e dezembro (CARAMORI, OLIVEIRA e FARIA, 1991).

Assim, por meio da utilização de um modelo de simulação do balanço hídrico, o presente trabalho objetivou: a) estimar a ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol em 26 situações culturais no sudeste paranaense, resultantes de diferentes condições edafoclimáticas e datas de semeadura, em duas safras agrícolas e b) através de análise de sensibilidade, estimar o impacto de variações na profundidade máxima do sistema radicular na capacidade de armazenamento de água no solo e na evapotranspiração relativa da cultura em diferentes subperíodos fenológicos, em diferentes condições edafoclimáticas do sudeste paranaense.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Caracterização das áreas

O estudo foi realizado nas safras de 2007 e 2008, em 26 situações culturais nas quais o girassol foi semeado na safra das águas. A área de abrangência do trabalho foi a região Sudeste Paranaense. O clima da região é classificado, segundo Koeppen, como Cfb – subtropical mesotérmico, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (CAVIGLIONE *et al.*, 2000)

A Tabela 4.1 apresenta a caracterização das situações culturais⁵ segundo a cultivar utilizada, o ano de implantação e as datas de semeadura e maturação fisiológica (R9). Foram utilizadas as cultivares CATISSOL, BRS 122 e Helio 250. As datas de semeadura variaram entre 2 de agosto a 5 de outubro em 2007 e 19 de agosto a 1º de setembro em 2008, estando as mesmas dentro dos limites estabelecidos pelo zoneamento para a cultura na região (BRASIL, 2009). Procurou-se realizar a semeadura o mais cedo possível dentro do período recomendado, porém em virtude de diferenças nas precipitações antes do período de implantação da cultura e das diferentes características de retenção de água dos solos, ocorreu variação nas datas de semeadura entre as áreas. A cultura foi implantada em sistema de preparo reduzido ou preparo convencional, com uma população de 45.000 plantas.ha⁻¹ (COLASANTE; NOGUEIRA, 2007). A adubação empregada baseou-se nas recomendações para a cultura segundo Castro e Oliveira (2005). O controle de plantas daninhas foi realizado pelos agricultores, por meio de controle mecânico nas entrelinhas.

⁵ Segundo Jouve (1990) uma situação cultural é definida como um talhão ou parcela cultivada, homogênea do ponto de vista biofísico e das técnicas aplicadas.

TABELA 4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS SITUAÇÕES CULTURAIS QUANTO À CULTIVAR, ANO DE IMPLANTAÇÃO E DATAS DE SEMEADURA E MATURAÇÃO FISIOLÓGICA.

Situação	Ano	Município	Cultivar	Data	
				Semeadura	Maturação fisiológica (R9)
1	2007	Irati	CATISSOL	6 de agosto	17 de dezembro
2	2007	Irati	CATISSOL	5 de outubro	14 de janeiro
3	2007	São Mateus do Sul	CATISSOL	7 de agosto	11 de dezembro
4	2007	São Mateus do Sul	CATISSOL	8 de agosto	12 de dezembro
5	2007	Prudentópolis	CATISSOL	8 de agosto	17 de dezembro
6	2007	Prudentópolis	CATISSOL	9 de agosto	17 de dezembro
7	2007	Prudentópolis	CATISSOL	5 de outubro	13 de janeiro
8	2007	São Mateus do Sul	CATISSOL	8 de agosto	12 de dezembro
9	2008	Irati	BRS 122	21 de agosto	12 de dezembro
10	2008	Irati	Helio 250	21 de agosto	20 de dezembro
11	2008	Ipiranga	BRS 122	21 de agosto	10 de dezembro
12	2008	Ipiranga	Helio 250	21 de agosto	12 de dezembro
13	2008	Imbituva	BRS 122	19 de agosto	12 de dezembro
14	2008	Imbituva	Helio 250	19 de agosto	20 de dezembro
15	2008	Prudentópolis	BRS 122	1º. de setembro	23 de dezembro
16	2008	Prudentópolis	Helio 250	1º. de setembro	30 de dezembro
17	2008	Ipiranga	BRS 122	21 de agosto	8 de dezembro
18	2008	Ipiranga	Helio 250	21 de agosto	13 de dezembro
19	2008	Irati	BRS 122	22 de agosto	30 de dezembro
20	2008	Irati	Helio 250	22 de agosto	30 de dezembro
21	2008	Ipiranga	BRS 122	18 de agosto	5 de dezembro
22	2008	Ipiranga	Helio 250	18 de agosto	10 de dezembro
23	2008	Irati	BRS 122	22 de agosto	14 de dezembro
24	2008	Irati	Helio 250	22 de agosto	20 de dezembro
25	2008	Prudentópolis	BRS 122	1º. de setembro	23 de dezembro
26	2008	Prudentópolis	Helio 250	1º. de setembro	30 de dezembro

4.4.2. Estimativa da ocorrência de deficiência hídrica na cultura

A estimativa da ocorrência de deficiência hídrica para cada situação cultural foi realizada

com o auxílio do modelo de simulação do balanço hídrico BHcult, desenvolvido por Rolim (2000), baseado no método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) e com uma modificação proposta por Barbieri, Teruel e Silva (1997), que torna possível o cálculo do balanço hídrico a partir de valores variáveis de capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) e coeficiente da cultura (kc). Este programa tem sido utilizado no Brasil, em trabalhos de estimativa do risco climático em culturas como a cana-de-açúcar (GOUVEIA *et al.*, 2009), girassol (ROLIM, SENTELHAS, e UNGARO, 2001; MARIN, SENTELHAS e UNGARO, 2000), bem como para a determinação do balanço hídrico climatológico em 500 localidades no Brasil (SENTELHAS *et al.*, 1999).

Este programa considera que a variação no armazenamento de água do solo é uma função exponencial que envolve a CAD e a perda de água acumulada. (ROLIM, SENTELHAS e BARBIERI, 1998).

Como o solo é um reservatório que dificulta a saída da água à medida que vai secando, nos períodos em que o total de chuvas (P) é menor que a evapotranspiração potencial (ETP), a água retida torna-se uma função dessa demanda potencial ($P - ETP < 0$) e da CAD adotada. Havendo uma seqüência de períodos nessa condição, a água retida no solo será uma função seqüencial dos valores negativos acumulados de $P - ETP$, ou seja, da perda potencial acumulada (THORNTHWAITE e MATHER, 1955). Tal somatório é denominado "negativo acumulado". (PEREIRA, 2005)

O cálculo do balanço hídrico da cultura é dependente de uma regressão específica para cada espécie ou variedade a ser utilizada, que relacione o somatório do índice térmico em um determinado período com o kc. Essa função indicará aos cálculos a duração de cada subperíodo e, por conseguinte, a duração total do ciclo da cultura para uma determinada época de semeadura (ROLIM, SENTELHAS e BARBIERI, 1998)

Para sua utilização, há necessidade das seguintes variáveis de entrada: a) capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD); b) soma térmica da cultura; c) coeficiente da cultura (kc); d) precipitações totais e temperaturas médias. Com essas informações, o programa fornece a estimativa da evapotranspiração real (ETr) e da evapotranspiração máxima (ETm) da cultura, em base decendial.

A CAD foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{CAD (mm)} = (\theta_{\text{CC}} - \theta_{\text{PMP}}) / 100 * Z_{\text{max}} * D_s * 10$$

onde:

θ_{CC} = conteúdo de água no solo na capacidade de campo (g.g^{-1})

θ_{PMP} = conteúdo de água no solo no ponto de murcha permanente (g.g^{-1})

Z_{max} = profundidade máxima do sistema radicular (cm)

D_s = Densidade do solo (g.cm^{-3})

Os valores de evapotranspiração potencial são determinados pelo programa, a partir dos dados de temperatura média e latitude. Os valores de k_c foram baseados em Rolim, Sentelhas e Ungaro (2001), de acordo com os diferentes estádios fenológicos: emergência: 0,30; desenvolvimento vegetativo: 0,70; floração: 1,05; frutificação: 0,70 e maturação fisiológica: 0,35.

Em cada estabelecimento, foram instalados um termo higrômetro digital e um pluviômetro, para registro diário dos valores de temperaturas máximas, mínimas e precipitação.

A profundidade do sistema radicular foi determinada na fase de floração, por meio de abertura de trincheiras e medição da profundidade da raiz pivotante na fase R 5.5, sendo realizadas cinco leituras por situação cultural.

A soma térmica foi determinada conforme Sentelhas e Ungaro (1998), considerando-se a temperatura base de 4,2 °C.

A determinação das propriedades físico-hídricas do solo foi realizada no estágio fenológico R5.5, a partir da coleta de 10 amostras indeformadas à profundidade de 0,00 m-0,20 m, para cada situação cultural. As amostras foram coletadas em anéis cilíndricos de aço inox de 100 cm^3 , com auxílio de um extrator. Com essas amostras determinou-se a densidade do solo, e a umidade gravimétrica na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente. Para a determinação da retenção de água no ponto de murcha permanente, as amostras foram submetidas a um potencial mátrico de -1,5 MPa, em câmaras de Richards (KLUTE, 1986). Para determinação da retenção de água na capacidade de campo, as amostras foram saturadas com água e em seguida, submetidas a um potencial mátrico de -0,01 MPa em mesa de tensão (KLUTE, 1986). Posteriormente, determinou-se a densidade do solo na amostra indeformada, após secagem do material em estufa a 105° C, por 24 horas.

A Evapotranspiração Relativa (ETRel) média no subperíodo foi a variável utilizada para representar o estado hídrico da cultura. Esta variável é expressa pela relação entre evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração máxima (ETm) da cultura, e foi determinada para os subperíodos VE-R1, R1-R4 e R4-R6 e R6-R9. A ETRel para cada estágio fenológico foi determinada como o valor médio da ETRel obtida a cada decêndio dentro do referido subperíodo. Segundo os mesmos critérios utilizados para o zoneamento de risco climático da cultura do girassol no Estado do Paraná (BRASIL, 2009), considerou-se que a cultura sofreu estresse hídrico quando a evapotranspiração relativa foi menor que 0,65 em qualquer um dos subperíodos.

4.4.3. Análise dos resultados

4.4.3.1. Análise estatística

Os valores de precipitação incidente nos diferentes subperíodos fenológicos, das características físicas e físico-hídricas e os valores da CAD e das variáveis utilizadas para o seu cálculo foram submetidos à análise estatística descritiva.

Os resultados de evapotranspiração relativa nos subperíodos VE-R1, R1-R4, R4-R6 e R6-R9 obtidos em cada observação, foram agrupados de acordo com a ocorrência de deficiência hídrica nos diferentes subperíodos:

- Classe 1: Valores de evapotranspiração relativa menores de 0,65 em R6-R9
- Classe 2: Valores de evapotranspiração relativa menores que 0,65 em R4-R6 e R6-R9
- Classe 3: Valores de evapotranspiração relativa maiores ou iguais a 0,65 em todas as classes
- Classe 4: Valores de evapotranspiração relativa menores que 0,65 em VE-R1.

4.4.3.2. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada por meio da estimativa da ETRel nos diferentes subperíodos, a partir de valores de CAD resultantes de valores crescentes de profundidade

máxima do sistema radicular. O objetivo desta análise foi o de responder à seguinte pergunta: “nas condições edafoclimáticas em que foi realizado o presente trabalho, qual seria o valor mínimo de profundidade do sistema radicular para que não ocorresse estresse hídrico na cultura?” Assim, mantendo-se constantes os valores de densidade do solo, umidade do solo na capacidade de campo, umidade do solo no ponto de murcha permanente e os valores meteorológicos obtidos a campo para cada situação cultural, utilizou-se o modelo BHCult para simular o impacto de aumentos crescentes na profundidade do sistema radicular (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 cm) na ETRel nos diferentes subperíodos fenológicos.

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1. Precipitação incidente nos subperíodos fenológicos

A estatística descritiva da precipitação pluvial total nos subperíodos fenológicos para as duas safras agrícolas está apresentada na Tabela 4.2. Além da variabilidade na precipitação mensal entre os locais, ocorreu variabilidade da precipitação incidente na cultura em seus diferentes subperíodos fenológicos, em função de diferenças nas épocas de semeadura ocorridas em alguns locais. Nesses casos, a variabilidade deveu-se a um fator relacionado ao manejo da cultura, o qual foi condicionado pela variabilidade climática. Assim, para a safra de 2008, os coeficientes de variação da precipitação incidente nos diferentes subperíodos fenológicos indicam uma grande variabilidade em R4-R6 e R6-R9, com valores mínimos e máximos entre 4,0 mm e 68,0 mm e entre 0,0 mm e 39,0 mm, respectivamente. Comparando-se os valores mínimos e máximos de precipitação às necessidades hídricas da cultura, estabelecidos por Castro e Farias (2005), é possível verificar que a precipitação pluvial durante a fase vegetativa (VE-R1) esteve dentro dos limites adequados para a cultura, ou seja, de 0,7 mm.dia⁻¹ no início a 6,0 mm.dia⁻¹ no final da fase. A variabilidade na precipitação pluvial entre as situações também foi menor durante os dois primeiros subperíodos, com coeficientes de variação de 18,56% e 22,72%, respectivamente. A partir de R4, ocorreu uma queda drástica na precipitação pluvial.

TABELA 4.2. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NOS SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS, PARA AS SAFRAS DE 2007 E 2008.

Safra	Subperíodo	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)
2007	VE-R1	27,00	193,00	74,81	83,06
	R1-R4	31,00	84,00	57,63	36,07
	R4-R6	92,00	168,00	127,50	21,44
	R6-R9	57,00	138,00	95,05	32,26
2008	VE-R1	148,00	288,00	233,33	18,56
	R1-R4	75,00	149,00	113,33	22,72
	R4-R6	4,00	68,00	35,22	56,09
	R6-R9	0,00	39,00	23,44	49,34

Na safra 2007, verifica-se uma grande variabilidade na precipitação no subperíodo VE-R1, com valor mínimo de 27,00 e máximo de 193,00 mm e coeficiente de variação de 83,06%. Essa grande variação ocorreu como resultado das diferenças na data de semeadura.

4.5.2. Capacidade de armazenamento da água no solo

A disponibilidade de água às plantas depende da disponibilidade de água no solo e da capacidade das plantas em extrair água nos diferentes teores de umidade e níveis de energia de retenção. As forças capilares e as forças de adsorção, relacionadas à porosidade e à granulometria do solo, respectivamente, são as principais responsáveis pela retenção de água no solo (LIBARDI, 2005). Em solos da região Sul do Brasil, a composição granulométrica e os teores de matéria orgânica têm sido considerados como atributos que melhor representam a capacidade de retenção de água (URACH, 2007, GIAROLA, SILVA, e IMHOFF, 2002).

Os coeficientes de variação apresentados na Tabela 4.3 indicam uma grande variabilidade nos teores das diferentes frações granulométricas, expressa pelos valores de coeficiente de variação. Segundo Curcio (1994), a textura desses solos é bastante variável, em função das diferentes proporções de folhelhos, arenitos, siltitos e argilitos que compõem o material de origem. Na região de Irati, predominam solos de textura franco-argilo-arenosa, franco-arenosa a siltosa (BENASSI, 2008).

Os teores de alumínio no solo afetam o desenvolvimento do sistema radicular e conseqüentemente, a capacidade da planta em extrair água das camadas mais profundas do solo. No caso da cultura do girassol este é um aspecto crítico, pois esta espécie não tolera valores de saturação por alumínio maiores que 5% (UNGARO *et al.*, 1985; CASTRO; 2005). Nesse sentido, os valores médios de saturação por alumínio (Tabela 4.3) indicam restrições ao desenvolvimento radicular na camada de 0,20 a 0,40 m, pelas limitações da prática da calagem na redução do alumínio além da camada mobilizada pelos implementos de preparo do solo.

TABELA 4.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS, SAFRAS 2007 E 2008.

	Areia	Silte	Argila	C (g.dm ⁻³)	Al (%)	
					-----g.kg ⁻¹ -----	
					0,00m-0,20m	0,20m-0,40m
Mínimo	178,6	20,1	183,7	11,80	0,00	8,59
Máximo	737,9	544,0	688,0	34,00	23,62	46,64
Media	304,4	267,8	427,8	21,50	3,70	27,93
Desvio padrão	135,7	131,1	143,6	6,52	2,06	9,91
CV (%)	45,48	49,93	34,24	31,31	7,41	36,74

C: Teor de carbono orgânico; Al: saturação por alumínio

Maiores teores de água disponível no solo podem não representar maior disponibilidade de água às plantas, em função da restrição ao desenvolvimento radicular. Apesar da variabilidade nos valores de água disponível, de uma forma geral, a CAD situou-se abaixo do valor de 80 mm considerado por Rolim, Sentelhas e Ungaro (2001), devido ao desenvolvimento radicular deficiente observado em todas as situações (Tabela 4.4), ocasionado pela restrição química ao desenvolvimento das raízes.

TABELA 4.4. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DA CAD E DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA O SEU CÁLCULO, SAFRAS 2007 E 2008.

	Z _{max}	D _s	AD	CAD
	(cm)	(g.cm ⁻³)	----- %-----	
Mínimo	15	1,16	7,19	19,1
Máximo	36	1,62	15,64	72,18
Média	23,5	1,35	11,35	36,33
Desvio padrão	5,13	0,12	2,42	12,96
CV (%)	22,48	9,22	21,91	36,7

Z_{max}: profundidade máxima do sistema radicular; D_s: densidade do solo; AD: água disponível; CAD: capacidade de água disponível

Em experimento a campo, Gomes (2005) avaliou a distribuição de raízes de girassol ao longo do perfil de um solo até a profundidade de 1,0 m, em três tratamentos de irrigação, observando a ocorrência de diferenças significativas na quantidade de raízes entre as profundidades nos três tratamentos; no tratamento “sem irrigação”, o sistema radicular se diferenciou ao longo do perfil do solo, até aproximadamente 0,8 m. Maertens e Bosc (1981)

avaliaram ao crescimento do sistema radicular em um solo argilo-siltoso profundo, sem restrição física e química ao enraizamento, com profundidade efetiva de 1,6 m, encontrando raízes até 1,0 m de profundidade. Verifica-se assim, que os valores de profundidade máxima do sistema radicular observado neste trabalho ficaram bem abaixo de valores encontrados por outros autores, em condições de campo

4.5.3. Evapotranspiração Relativa

Os valores de evapotranspiração relativa obtidos com o modelo BHCult foram agrupados em quatro classes, conforme apresentado na Tabela 4.5. A Classe 1 agrupa as situações culturais com ocorrência de deficiência hídrica em R6-R9. A Classe 2 é constituída pelas situações com ocorrência de deficiência hídrica em R4-R6 e R6-R9. Essas duas classes são constituídas pelas situações relativas à safra 2008, caracterizada pela baixa precipitação pluvial em novembro e dezembro. Na Classe 1, a semeadura ocorreu entre 18 e 21 de agosto, enquanto que na Classe 2 esta ocorreu em 1º de setembro. No município de Passo Fundo (RS), de mesma classificação climática, Matzenauer, Maluf e Carpenedo (2007) verificaram, a partir de uma série histórica de dados climatológicos, que em 40% dos anos houve ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol, durante a floração e o enchimento de grãos.

As Classes 3 e 4 agrupam as situações culturais relativas à safra de 2007, sendo estas diferenciadas também pela época de semeadura. A Classe 3 compreende as situações com data de semeadura em 5 de outubro, não ocorrendo deficiência hídrica em nenhum dos subperíodos. A Classe 4 compreende as situações com data de semeadura entre 6 e 8 de agosto, nas quais ocorreu deficiência hídrica durante o subperíodo VE-R1.

TABELA 4.5. VALORES MÉDIOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA NOS DIFERENTES SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS DO GIRASSOL PARA CADA CLASSE, SAFRAS 2007 E 2008.

Classe	ETRel ¹ _VER1	ETRel_R1R4	ETRel_R4R6	ETRel_R6R9
1	0,96	1,00	0,88	0,50
2	1,00	0,99	0,40	0,56
3	0,98	0,66	0,87	0,76
4	0,50	0,71	0,72	0,90

ETRel: Evapotranspiração relativa

4.5.4. Impacto do aumento da profundidade máxima do sistema radicular na evapotranspiração relativa

Dentre os fatores relacionados à disponibilidade de água às plantas, alguns são passíveis de serem modificados pelas práticas de manejo do solo e da cultura, enquanto que outras, relacionadas à previsibilidade das condições climáticas, são de mais difícil controle pelo agricultor. Considerando-se que a capacidade de armazenamento de água no solo é função da composição granulométrica e da estrutura do solo, e da profundidade de exploração pelas raízes, então o aumento da água disponível à cultura pode ser obtido pela melhoria das condições estruturais do solo e pelo aumento da capacidade do sistema radicular em explorar camadas de solo mais profundas. Assim, para a presente análise optou-se por avaliar um cenário de profundidades crescentes do sistema radicular, mantendo-se constantes os demais fatores. A estimativa do aumento na evapotranspiração relativa foi realizada separadamente para as classes 1, 2 e 4 (Tabela 4.5) e está apresentada nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3. As três figuras indicam que, a partir de uma profundidade máxima do sistema radicular em torno de 0,60 m, nas condições climáticas em que foi realizado o presente trabalho, seria possível obter valores de ETRel acima de 0,65.

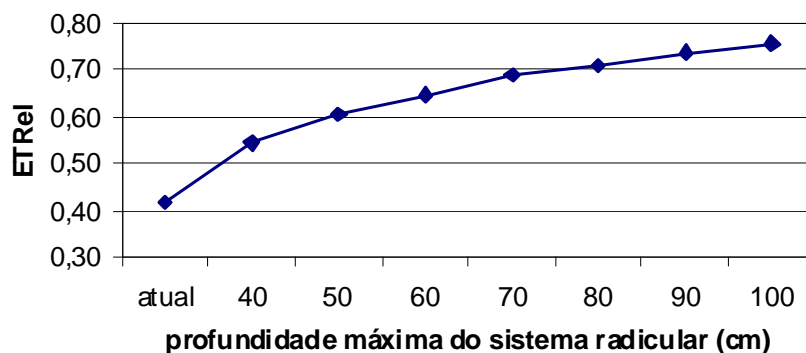


FIGURA 4.1. IMPACTO DO AUMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA (ETREL) NO SUBPERÍODO FENOLÓGICO R6-R9 COM O AUMENTO DA PROFUNDIDADE MÁXIMA DO SISTEMA RADICULAR PARA AS SITUAÇÕES CULTURAIS CONSTITUINTES DA CLASSE 1. MÉDIAS DE 16 SITUAÇÕES CULTURAIS, SAFRA 2008.

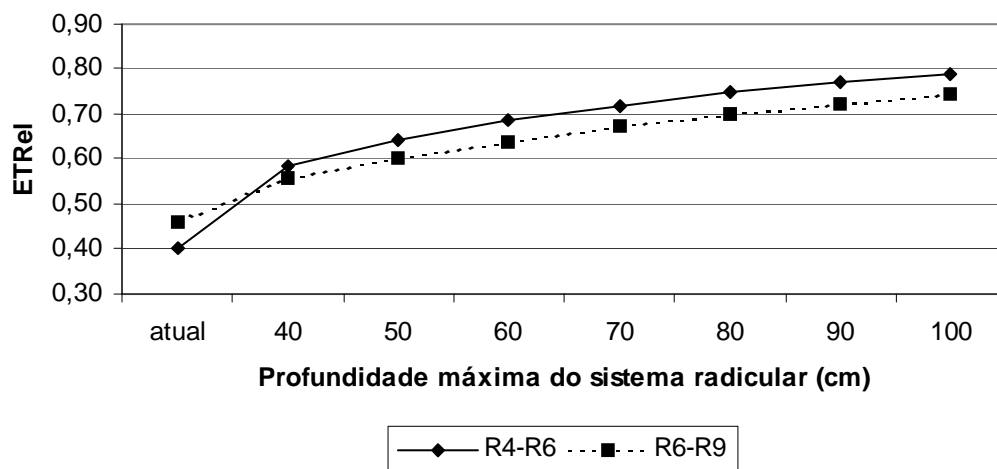


FIGURA 4.2. IMPACTO DO AUMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA (ETREL) NOS SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS R4-R6 E R6-R9 COM O AUMENTO DA PROFUNDIDADE MÁXIMA DO SISTEMA RADICULAR PARA AS SITUAÇÕES CULTURAIS CONSTITUINTES DA CLASSE 2. MÉDIAS DE 4 SITUAÇÕES CULTURAIS, SAFRA 2008.

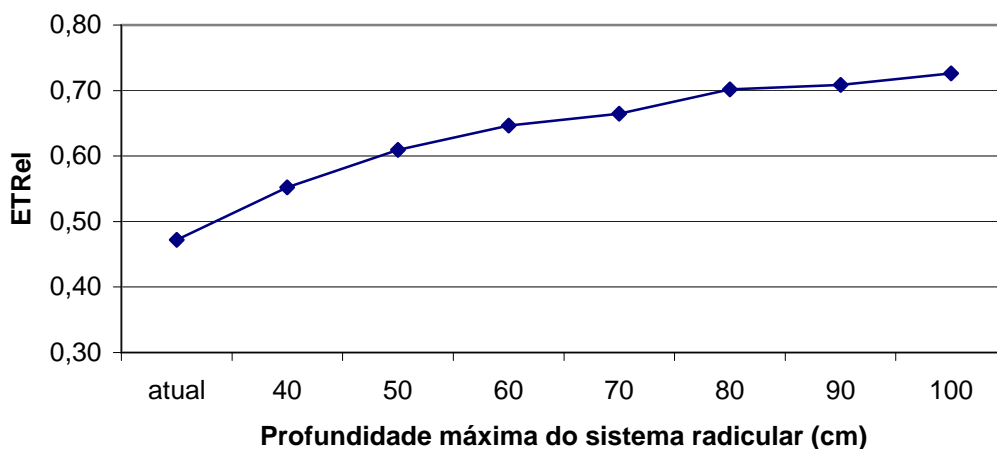


FIGURA 4.3. IMPACTO DO AUMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA (ETREL) NO SUBPERÍODO FENOLÓGICO VE-R1 COM O AUMENTO DA PROFUNDIDADE MÁXIMA DO SISTEMA RADICULAR PARA AS SITUAÇÕES CULTURAIS CONSTITUINTES DA CLASSE 4. MÉDIAS DE 6 SITUAÇÕES CULTURAIS, SAFRA 2007.

No entanto, para que o sistema radicular do girassol possa alcançar essa profundidade, algumas condições devem ser observadas. Os Cambissolos da região apresentam uma grande variabilidade quanto à profundidade efetiva. Segundo classificação da EMBRAPA (2006), os cambissolos rasos, médios e profundos possuem respectivamente, profundidade efetiva de até

0,4 m, entre 0,4 e 1,00 m e entre 1,0 a 2,0 m. Dessa forma, apenas os Cambissolos médios e profundos poderiam fornecer condições para que o sistema radicular alcançasse profundidades acima de 0,6 m.

A segunda condição refere-se aos teores de alumínio em subsuperfície. De uma forma geral, os altos teores de alumínio característicos dos solos da região foram corrigidos na camada de 0,00 m a 0,20 m pela prática da calagem, porém o problema continua na camada abaixo de 0,20 m. Este aspecto é evidenciado na Tabela 4.3, e constitui-se no primeiro fator que limita a expressão do potencial da cultura do girassol em adaptar-se a períodos de seca. Assim, a obtenção de maiores profundidades do sistema radicular está condicionada à eliminação da restrição química representada pelos altos teores de alumínio em subsuperfície.

4.6. CONCLUSÕES

Considerando-se como 0,65 o valor crítico de evapotranspiração relativa para a cultura do girassol, os resultados estimados com o uso do modelo BHCult indicam que em 2007, ocorreu deficiência hídrica na cultura do girassol no subperíodo VE-R1, nas situações com data de semeadura de 6 a 8 de agosto. Em 2008, ocorreu deficiência hídrica no subperíodo R6-R9 nas situações com data de semeadura de 18 a 22 de agosto, e nos subperíodos R4-R6 e R6-R9 nas situações com data de semeadura em 1^o. de setembro. Resultados de simulações realizadas com o uso do modelo indicam que, nas condições meteorológicas das safras 2007 e 2008, a evapotranspiração relativa da cultura estaria acima do valor crítico a partir de 0,60 m de profundidade máxima da raiz pivotante.

4.7. REFERÊNCIAS

AGUIRREZABAL, L. A. N. et al. **Girassol**: aspectos fisiológicos que determinam el rendimiento. Mar Del Plata: INTA, 2001. 111p.

BARBIERI, V.; TERUEL, D. A.; SILVA, J. G. Balanço Hídrico de Thorntwaite & Mather modificado para estimativa da deficiência hídrica nas culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. p. 587-589.

BENASSI, D. A. **Percepção e uso dos solos**: o caso dos agricultores familiares da região Centro-Sul do Paraná. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 595-670.

BRADY, N. C.; WEILS, R. R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. Upper Saddle River, N. J. : Pearson Prentice Hall, 2008. 990 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento agrícola para a cultura do girassol no Estado do Paraná, ano-safra 2009/2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2009, seção 1, p. 41. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=15398>. Acesso em: 14/12/2009.

CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; FARIA, R. T. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. **IAPAR: Boletim Técnico**, Londrina, n. 36, p. 1-40, 1991.

CASADEBAIG, P. **Analyse et modélisation des interactions genotype-environnement – conduite de culture**: application au tournesol (*Helianthus annuus*). 195 f. Tese (Doutorado em Agrossistemas, Ecossistemas e Meio Ambiente), Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, 2008.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 163-210.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 317-373.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-181.

COLASANTE, L. O. ; NOGUEIRA, R. R. Avaliação de cultivares de girassol em duas épocas de plantio na região sul do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 17., 2007, Uberaba. **Anais...** Uberaba: EMBRAPA;EPAMIG, 2007. p. 94-97.

CURCIO, G. R. Solos de encosta de baixa aptidão agrícola da área de estudo. In: MERTEN, G. (Coord.). Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro-Sul do Paraná. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 84, p. 23-39, 1994.

DAVID, C. et al. Yield variation in organic winter wheat: a diagnostic study in the Southeast of France. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 25, n. 2, p. 213-223, Apr./June, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 6, p. 885-893, 2002.

GOUVEIA, J. R. F. et al. Climate changes and technological advances: impacts on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 5, p. 593-605, set./out. 2009.

JOUBE, P. Analyse agronomique de situations culturales. In: Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales: JOURNEES SUR L'AGRONOMIE ET LES RESSOURCES NATURELLES EN REGIONS TROPICALES, 15., 1990, Montpellier. **Actes des journées...**Montpellier: CIRAD-IRAT, 1990: p. 127-135.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1, p. 635-660.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.

MAERTENS, C.; BOSC, M. Etude de l'évolution de l'enracinement du tournesol (variété Stadium). **Informations Techniques**, Paris, n. 73, n. 1, p. 3-10, 1981

MARIN, F. R. ; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Perda de rendimento potencial da cultura do girassol por deficiência hídrica, no Estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, jan./mar. 2000 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162000000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26/07/2010.

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R.T.; CARPENEDO, C. Disponibilidade hídrica para a cultura do girassol na região de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. Disponível em: http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes/CBAGRO%202007_Camila_artigo%20An%C3%A1lise%20Agro%20Girassol.pdf. Acesso em 21 de maio de 2010.

PALLEAU, J. P. Le tournesol pour équilibrer les assolements irrigués. **Oléotech**, Paris, n. 2, p. 1-8, févr. 2006.

PELLEGRINO, A. et al. A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 49-59, July 2006.

PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052005000200019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28/05/2010.

ROLIM, G. S. **Ajuste e comparação de modelos de simulação da produtividade para determinação do risco climático da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Análise de risco climático para a cultura de girassol, em algumas localidades de São Paulo e do Paraná, usando os modelos DSSAT/Oilcrop-Sun e FAO. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 91-102, 2001.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-298, 1998.

SENTELHAS, P. C. et al. **BHBRASIL – Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. Disponível em <http://bdclima.cnpem.br/index.php>. Acesso em: 10/02/2010.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 104p. (Publications in Climatology), v.8, n.1, 1955.

UNGARO, M. R. G. et al. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 41-48, 1985.

URACH, F. L. **Estimativa da retenção de água no solo para fins de irrigação**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WALLACH, D. Evaluating crop models. In: WALLACH, D.; MAKOWSKI, D.; JONES, J. (Ed.). **Working with dynamic crop models: evaluation, analysis and parametrization**. Amsterdam: Elsevier, 2006. p.11-25.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE PARANAENSE

5. CAPÍTULO II

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO SUDESTE PARANAENSE

5.1. RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi quantificar as faixas de rendimentos acessíveis em diferentes condições edafoclimáticas do sudeste paranaense e hierarquizar os fatores relacionados à variabilidade dos rendimentos observados. Foram avaliadas 26 situações culturais implantadas em 13 estabelecimentos familiares, em 2007 e 2008. As variáveis de componente do rendimento e estado nutricional da cultura foram determinadas pela coleta de dados a campo, e as variáveis de estado hídrico foram estimadas com o uso de um modelo de simulação do balanço hídrico. Estas foram analisadas pela Análise de Componentes Principais, classificando-se, posteriormente, as observações pela Análise de Agrupamento. Foram utilizadas as cultivares BRS 122, CATISSOL e Helio 250. Agrupou-se os valores de rendimento de aquênios em três classes, segundo os seguintes valores médios: rendimentos altos: 1995 kg.ha⁻¹; rendimentos médios: 1359 kg.ha⁻¹; rendimentos baixos: 961 kg.ha⁻¹. Agrupou-se os valores de rendimento de óleo nas seguintes classes, segundo os seguintes valores médios: rendimentos altos: 927 kg.ha⁻¹; rendimentos médios: 543 kg.ha⁻¹; rendimentos baixos: 423 kg.ha⁻¹. A variabilidade dos rendimentos (aquênios e óleo) foi explicada pela variabilidade no número de aquênios por capítulo. Em 2008, a variabilidade no número de aquênios por capítulo esteve correlacionada à deficiência hídrica em R1-R4 e R4-R6 e aos teores de Ca, B e P no tecido foliar. Ocorreu inibição competitiva entre K e Mg, porém este fenômeno não esteve correlacionado à variabilidade do número de aquênios por capítulo. Ocorreu estresse hídrico durante o enchimento de aquênios, porém este não explicou a variabilidade no rendimento de aquênios e de óleo.

Palavras-chave: diagnóstico agronômico, análise multivariada, biodiesel, *Helianthus annuus*

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SUNFLOWER CROP IN THE SOUTHEASTERN REGION OF PARANA, SOUTHERN BRAZIL.

5.2. ABSTRACT

This work aimed at quantifying the ranges of sunflower crop under different soil and climate conditions of the southeastern region of Paraná State, and to hierarchise the main factors related to the variability of yields. Twenty-six cropping conditions established in family farms during 2007 and 2008 cropping seasons were evaluated. Data regarding yield components and nutritional status were collected in the field, while crop water status was estimated with the use of a simulation model. The data was analyzed through the Principal Component and Cluster Analysis. Two open-pollinated varieties (BRS 122 and CATISSOL) and one hybrid (Helio 250) were used. Grain yields were grouped into three classes, with the following average values: high yields: 1995 kg.ha⁻¹; average yields: 1359 kg.ha⁻¹; low yields: 961 kg.ha⁻¹. Oil yields were grouped into three classes, with the following average values: high yields: 927 kg.ha⁻¹; average yields: 543 kg.ha⁻¹; low yields: 423 kg.ha⁻¹. The variability in oil and grain yields was correlated with the number of grains per head. In 2008, variability in grains per head was correlated with water deficit in R1-R4 and R4-R6 and to the N, Ca, B and P leaf content. A competitive inhibition between Mg and K was observed. However, it was not correlated with the variability in the number of grains per head. Despite the strong water deficit occurred during grain filling. However, no correlation was found between water deficit in R6-R9 and grain and oil yields.

Keywords: agronomic diagnosis, multivariate analysis, biodiesel, *Helianthus annuus*

5.3. INTRODUÇÃO

A ampla adaptabilidade climática do girassol faz com que esta espécie possa ser inserida de diversas formas nos sistemas de culturas, podendo ocupar espaços no calendário agrícola que não são ocupados por outras culturas de verão. Na região tropical do Brasil, onde essa oleaginosa ocupa a maior área, predomina o cultivo na safrinha.

Na região de clima subtropical, a possibilidade de inclusão do girassol como cultura de safrinha está restrita a locais onde as temperaturas são relativamente mais altas, de forma a minimizar o risco de incidência do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) proporcionado pelas condições de alta umidade relativa e temperaturas do ar abaixo de 20°C (LEITE, 2005). Conforme o zoneamento para a cultura (BRASIL, 2009), no Estado do Paraná o cultivo de safrinha é recomendado nas regiões norte, noroeste, oeste e sudoeste e não é recomendado para as regiões sudeste e sul.

Se as baixas temperaturas típicas da região sudeste são um fator limitante ao cultivo do girassol na safrinha, as chuvas bem distribuídas ao longo do ano são um potencial a ser explorado para a sua inserção nos sistemas de culturas regionais. Além disso, o girassol pode suportar temperaturas baixas por curto período, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento até quatro a oito folhas (CASTRO; FARIAS, 2005). Enquanto que as espécies de verão são normalmente semeadas a partir de meados de setembro, o girassol pode ser semeado no início de agosto, possibilitando dessa forma a inclusão de uma outra cultura ainda na safra das águas. Estudo realizado por Thomaz (2008) no município de Ponta Grossa, PR, com quatro cultivares e 10 épocas de semeadura, indica a possibilidade de inserção do girassol antecedendo a cultura do milho e da soja para semeaduras até meados de agosto, utilizando-se as cultivares de ciclo mais curto. Para a cultura do feijão, é possível a semeadura em sucessão na safrinha.

Por outro lado, o potencial de rendimento da cultura está sujeito a diversos fatores de ordem edafoclimática, sendo estes resultantes das condições naturais da região associados às práticas de manejo adotadas pelos agricultores. Apesar de a região Sudeste estar enquadrada em um único tipo climático e possuir solos de origem predominantemente sedimentar, existe certo grau de variabilidade dentro da região no que se refere aos aspectos edafoclimáticos e grande diversidade dos sistemas de produção.

Os estudos sobre o comportamento da cultura do girassol na região Sudeste paranaense são bastante recentes, com enfoque em avaliações do potencial de cultivares de épocas de semeadura. Esses estudos, realizados em estações experimentais e em condições homogêneas de solo, clima e manejo, têm servido de base para a recomendação de cultivares e para o zoneamento agrícola da cultura no Estado. Esses resultados também fornecem informações sobre o potencial de rendimento da cultura na região. Entretanto, quando uma tecnologia torna-se uma inovação, gera resultados variáveis que podem situar-se abaixo dos resultados obtidos nos ensaios em estações experimentais, em função da variabilidade e das relações complexas entre os fatores que compõem um agroecossistema, sejam estes de ordem climática, edáfica ou sócio-econômica.

Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o desempenho agrônômico de um itinerário técnico de implantação e condução da cultura do girassol, concebido de forma a possibilitar a inclusão de uma segunda cultura em sucessão na safra das águas. Especificamente, objetiva-se a) quantificar as faixas de rendimentos possíveis de serem obtidos com a implantação desse itinerário técnico; e b) identificar e hierarquizar os principais fatores relacionados à variabilidade dos rendimentos, obtidos em diferentes condições edafoclimáticas do Sudeste paranaense.

5.4. MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1. Caracterização das situações culturais

O estudo foi realizado em estabelecimentos familiares localizados na região sudeste paranaense, durante as safras de 2007 e 2008. Nestes estabelecimentos, foram implantadas 26 situações culturais, conforme caracterização apresentada na Tabela 5.1.

TABELA 5.1. CARACTERIZAÇÃO DAS SITUAÇÕES CULTURAIS QUANTO À LOCALIZAÇÃO, ANO DE IMPLANTAÇÃO, CULTIVAR E DATA DE SEMEADURA

Situação	Município	Ano	Cultivar	Data de semeadura
1	Irati	2007	CATISSOL	2 de agosto
2	Irati	2007	CATISSOL	5 de outubro
3	São Mateus do Sul	2007	CATISSOL	7 de agosto
4	São Mateus do Sul	2007	CATISSOL	8 de agosto
5	Prudentópolis	2007	CATISSOL	8 de agosto
6	Prudentópolis	2007	CATISSOL	9 de agosto
7	Prudentópolis	2007	CATISSOL	5 de outubro
8	São Mateus do Sul	2007	CATISSOL	8 de agosto
9	Irati	2008	BRS 122	21 de agosto
10	Irati	2008	Helio 250	21 de agosto
11	Ipiranga	2008	BRS 122	21 de agosto
12	Ipiranga	2008	Helio 250	21 de agosto
13	Imbituva	2008	BRS 122	19 de agosto
14	Imbituva	2008	Helio 250	19 de agosto
15	Prudentópolis	2008	BRS 122	1º. de setembro
16	Prudentópolis	2008	Helio 250	1º. de setembro
17	Ipiranga	2008	BRS 122	21 de agosto
18	Ipiranga	2008	Helio 250	21 de agosto
19	Irati	2008	BRS 122	22 de agosto
20	Irati	2008	Helio 250	22 de agosto
21	Ipiranga	2008	BRS 122	18 de agosto
22	Ipiranga	2008	Helio 250	18 de agosto
23	Irati	2008	BRS 122	22 de agosto
24	Irati	2008	Helio 250	22 de agosto
25	Prudentópolis	2008	BRS 122	1º. de setembro
26	Prudentópolis	2008	Helio 250	1º. de setembro

Segundo Köeppen, o clima da região é classificado como Cfb – subtropical mesotérmico, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Os solos são classificados como Cambissolos (EMBRAPA, 2006)

5.4.2. Itinerário técnico de implantação e condução da cultura

Em 2007, a cultura do girassol foi implantada em áreas de aproximadamente 5000 m², as quais foram reduzidas para aproximadamente 2000 m² em 2008. A redução no tamanho das áreas deveu-se à grande demanda de mão-de-obra para a realização do trabalho, principalmente a colheita, e pela falta de local apropriado para a secagem dos capítulos de girassol nas propriedades.

A cultura foi implantada em sistema de preparo reduzido (uma escarificação seguida de gradagem niveladora) ou preparo convencional a tração animal (uma aração seguida de uma gradagem niveladora), realizado pelos agricultores, com os seus equipamentos. Em todas as áreas, a cultura foi implantada por meio de semeadora com mecanismo distribuidor de sementes do tipo disco horizontal, sulcador do tipo facão para a deposição de fertilizantes e disco duplo defasado para a deposição de sementes. A semeadora foi regulada de forma a se obter uma população em torno de 45.000 plantas.ha⁻¹, com espaçamento de 0,7 m entre as linhas. Procurou-se realizar a semeadura o mais cedo possível dentro do período recomendado pelo zoneamento agrícola da cultura do girassol (BRASIL, 2009), porém em virtude de diferenças na precipitação pluvial antes do período de implantação da cultura e das diferentes características de retenção de água dos solos, ocorreu variação nas datas de semeadura entre as áreas, sendo essa variabilidade levada em conta na análise dos resultados. Na safra de 2007 foi semeada a cultivar CATISSOL; na safra de 2008 foram utilizadas as cultivares BRS 122 e Helio 250, as quais foram semeadas em áreas adjacentes em todos os locais. A escolha desses materiais teve como critério a precocidade, de forma a possibilitar o cultivo de uma cultura subsequente ainda na safra das águas.

A adubação empregada baseou-se nas recomendações para a cultura segundo Castro e Oliveira (2005). As doses de P₂O₅ e K₂O variaram entre 30 kg.ha⁻¹ a 60 kg.ha⁻¹ e 20 kg.ha⁻¹ a 60

kg.ha⁻¹, respectivamente, de acordo com os teores de P e K no solo. O nitrogênio (40 kg de N.ha⁻¹) foi aplicado na forma de uréia, 1/3 na semeadura e 2/3 quando a cultura apresentava-se no estágio V6, juntamente com a aplicação de 2 kg.ha⁻¹ de boro na forma de ácido bórico (11,3% de BA distribuição dos fertilizantes em cobertura foi efetuada com distribuidor por gravidade com orifício ajustável, de tração humana. O controle de plantas daninhas foi realizado pelos agricultores, por meio de uma capina na entrelinha, com cultivador mecânico.

5.4.3. Coleta de dados

5.4.3.1. Caracterização edafoclimática

Os dados de precipitação pluvial e de temperatura diária foram obtidos para cada estabelecimento agrícola, instalando-se um pluviômetro e um termômetro digital de máxima e mínima. Os dados foram registrados diariamente em planilha, pelos agricultores. A radiação solar incidente durante todo o ciclo da cultura foi obtida a partir dos valores fornecidos pelo SIMEPAR, registrados na estação meteorológica do IAPAR/SIMEPAR, no município de Fernandes Pinheiro, localizada na área de abrangência do presente trabalho. A partir dos valores diários de radiação e precipitação e da determinação das datas de início e final dos subperíodos fenológicos VE-R1, R1-R4, R4-R6 e R6-R9, segundo a escala fenológica proposta por Schneiter e Miller (1981), determinou-se também a precipitação pluvial total e a radiação total incidente em cada subperíodo fenológico.

A caracterização edáfica foi realizada a partir da caracterização dos solos para cada situação cultural. Antes da semeadura, foram coletadas cinco amostras de solo às profundidades de 0,00 m-0,20 m e 0,20 m-0,40 m, as quais formaram uma amostra composta. Estas amostras foram utilizadas para a determinação dos atributos químicos do solo e de sua composição granulométrica. Segundo metodologia descrita por Pavan *et al.* (1992), determinou-se o pH e os teores de C, Al, P, K, Ca, Mg e B e calculou-se a saturação por bases e saturação por alumínio.

5.4.3.2. Duração dos subperíodos fenológicos

Para esta avaliação, utilizou-se a escala proposta por Schneiter e Miller (1981), registrando-se a data de início dos estádios fenológicos VE, R1, R4, R6 e R9, para cada situação cultural. Considerou-se que a cultura havia atingido determinado estágio fenológico quando, no mínimo, 50% das plantas encontravam-se no referido estágio (THOMAZ, 2008).

5.4.3.3. Variáveis de estado hídrico da cultura

A disponibilidade de água às plantas nos diferentes subperíodos fenológicos foi estimada por meio da utilização do modelo de simulação do balanço hídrico do programa BHCult desenvolvido por Rolim e Sentelhas (1998), conforme apresentado no Capítulo 1. A Evapotranspiração Relativa (ETRel) foi a variável utilizada para representar o estado hídrico da cultura, expressa pela relação entre evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração máxima da cultura (ETm). Esta foi determinada para os subperíodos VE-R1, R1-R4, R4-R6 e R6-R9. A ETRel para cada estágio fenológico foi determinada como o valor médio da ETRel obtida a cada decêndio dentro do referido estágio. Considerou-se que a cultura sofreu deficiência hídrica quando a ETRel foi menor ou igual a 0,65, conforme critério estabelecido pelo zoneamento agroclimático para a cultura do girassol (BRASIL, 2009).

5.4.3.4. Variáveis de elaboração do rendimento e de estado nutricional da cultura

Para cada uma das 26 situações culturais, foram delimitadas cinco parcelas com dimensões de 3,5 m x 6,0 m, nas quais foram coletadas todas as informações relativas às variáveis de elaboração do rendimento e de estado nutricional da cultura. Considerando-se as observações perdidas, foram utilizadas 49 observações na safra de 2007 e 79 observações na safra de 2008.

Variáveis de componentes do rendimento

O número de capítulos por hectare foi determinado pela extrapolação da contagem do número de capítulos colhidos na parcela. De cada parcela colhida, retirou-se cinco amostras para a determinação da massa de mil aquênios e do teor de óleo nos aquênios.

O número de aquênios por capítulo foi obtido pela divisão do número de aquênios na parcela, pelo número de capítulos colhidos na parcela. O número de aquênios na parcela foi determinado pela relação entre a massa de aquênios na parcela pela massa de mil aquênios.

Após a medição do diâmetro de todos os capítulos, estes foram trilhados em trilhadora estacionária, removendo-se as impurezas e determinando-se a massa de aquênios por parcela. Uma amostra de 200 g foi utilizada para a determinação do teor de água nos aquênios, de forma a se obter o rendimento corrigido para 11% de umidade.

A partir das amostras utilizadas para a determinação da massa de mil aquênios, foram retiradas sub-amostras para determinação do teor de óleo nos aquênios. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal do IAPAR, sendo o teor de óleo determinado pelo método de Soxhlet, utilizando-se como solvente o éter de petróleo. Os resultados foram expressos em porcentagem na base seca. O rendimento de óleo foi determinado a partir do teor de óleo nos aquênios e do rendimento de aquênios, corrigindo-se os valores para 11% de umidade.

Variáveis de estado nutricional e extração de nutrientes pela cultura

O estado nutricional das plantas foi avaliado pelos teores de N, P, K, Ca, Mg e B, no tecido foliar. A coleta foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio R 5.1 (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997), coletando-se a quarta folha abaixo do capítulo em 20 plantas por parcela. As amostras foram lavadas em água deionizada, secas em estufa a 60 °C e moídas em moinho Wiley, sendo posteriormente analisadas segundo metodologia descrita por Miyazawa *et al.* (1992).

A quantidade de nutrientes extraída pela cultura do girassol foi determinada com base na determinação da produção de biomassa seca e dos teores de nutrientes no caule, capítulo e folha. Quando as plantas encontravam-se no estágio R 5.1, coletou-se cinco plantas em cada parcela, separando-se os caules, capítulos e folhas. Estes foram secos em estufa a 60 °C, determinando-se o peso da biomassa seca. A seguir, retirou-se uma amostra de cada parte da planta, a qual foi

moídas em moinho Wiley, e encaminhada ao laboratório para determinação dos teores de nutrientes, segundo metodologia descrita por Miyazawa *et al.* (1992). A quantidade de nutrientes extraída pelas cinco plantas foi determinada multiplicando-se os teores de nutrientes pela biomassa produzida, e extrapolando-se esses valores para 1 ha.

5.4.5. Análise dos dados

5.4.5.1. Análise agronômica

Os valores das variáveis de componente do rendimento, de estado hídrico e estado nutricional foram comparados com valores de referência encontrados na literatura, com o intuito de se verificar em que medida estes poderiam ter se constituído em restrições ao crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura.

5.4.5.2. Análise estatística

Inicialmente, determinou-se as medidas de tendência central e dispersão (médias, valores mínimos, valores máximos, desvio padrão e coeficientes de variação) das variáveis.

As relações entre as variáveis de componentes do rendimento foram verificadas por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), utilizando-se o pacote estatístico R. As variáveis ativas utilizadas para a extração das componentes principais foram o número de aquênios por capítulo, o diâmetro médio do capítulo, a massa de mil aquênios, o teor de óleo nos aquênios e o número de capítulos por hectare. O rendimento de aquênios e o rendimento de óleo foram considerados como variáveis suplementares (Tabela 5.2). Este procedimento permite que se explique as variações do rendimento a partir das componentes principais (TUFFÉRY, 2007). A partir da matriz das variáveis originais, obteve-se as componentes principais, selecionando-se aquelas que respondiam por no mínimo 75% da variância total dos dados (MINGOTI, 2007). Uma vez identificados os componentes do rendimento mais correlacionados com o rendimento da cultura, procedeu-se à análise da relação entre estes e as variáveis de estado nutricional e de estado hídrico da cultura.

As variáveis de estado nutricional, de estado hídrico da cultura e os componentes do rendimento mais explicativos do rendimento de aquênios (Tabela 5.2.) foram dispostos em uma matriz, a qual foi analisada por meio da ACP, utilizando-se o pacote estatístico R. A partir da matriz das variáveis originais, obteve-se: as componentes principais, selecionando-se aquelas que respondiam por no mínimo 75% da variância total dos dados (MINGOTI, 2007).

TABELA 5.2. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS ANALISADAS.

Tipo de variável	Variável	Descrição	Unidade
Estado nutricional	N	Teor de nitrogênio no tecido foliar	g.kg ⁻¹
	P	Teor de fósforo no tecido foliar	g.kg ⁻¹
	K	Teor de potássio no tecido foliar	g.kg ⁻¹
	Ca	Teor de calcio no tecido foliar	g.kg ⁻¹
	Mg	Teor de magnésio no tecido foliar	g.kg ⁻¹
	B	Teor de boro no tecido foliar	mg.kg ⁻¹
Estado hídrico da cultura	ETRel_VER1	Evapotranspiração relativa média entre VE e R1	adimensional
	ETRel_R1R4	Evapotranspiração relativa média entre R1 e R4	adimensional
	ETRel_R4R6	Evapotranspiração relativa média entre R4 e R6	adimensional
	ETRel_R6R9	Evapotranspiração relativa média entre R6 e R9	adimensional
Componentes do rendimento	RENDAQ	Rendimento de aquênios	kg.ha ⁻¹
	RENDÓLEO	Rendimento de óleo	kg.ha ⁻¹
	CAPHA	Numero de capítulos por hectare	adimensional
	DIAMCAP	Diâmetro do capítulo	cm
	AQCAP	Número de aquênios por capítulo	adimensional
	MASSAAQ	Massa de 1000 aquênios	g
	ÓLEO	Teor de óleo nos aquênios	%

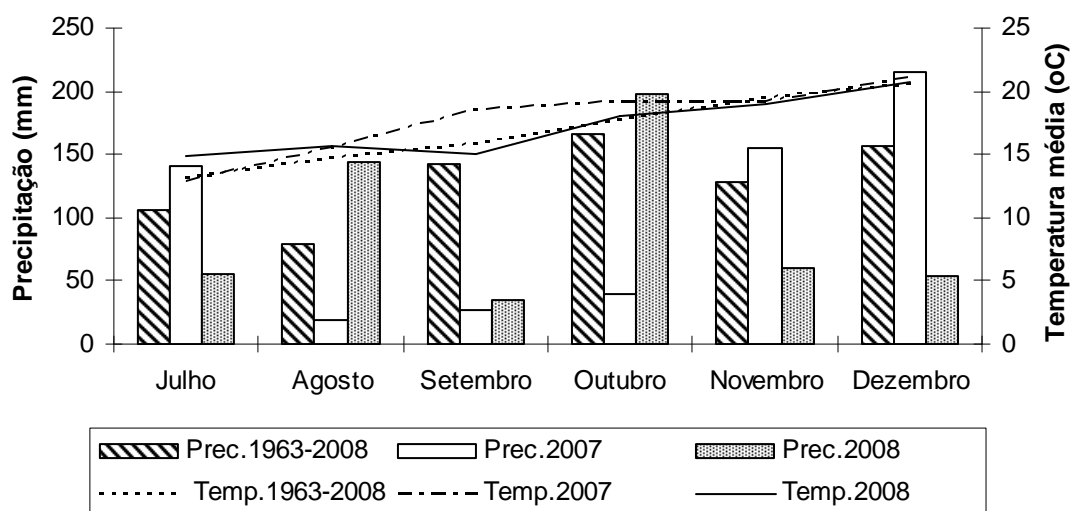
Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de agrupamento, utilizando-se o pacote estatístico R, formando-se grupos com a máxima homogeneidade interna e a máxima heterogeneidade externa com relação às variáveis que os descreviam. A análise foi realizada utilizando a distância euclidiana como medida de distância entre os pontos e o método de Ward como algoritmo de classificação (MINGOTI, 2007).

5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1. Caracterização climática

A Figura 5.1 apresenta a distribuição da precipitação pluvial média mensal em 2007 e 2008, e as médias de uma série histórica entre 1963 e 2008, registradas na estação meteorológica do IAPAR/SIMEPAR, localizada no município de Fernandes Pinheiro.

Considerando-se o período relativo ao ciclo da cultura (agosto a dezembro), em 2007 as precipitações ocorridas em agosto, setembro e outubro situaram-se abaixo da média histórica. Inversamente, em 2008 ocorreram chuvas abundantes no mês de agosto – mês tipicamente mais seco. Em novembro e dezembro deste mesmo ano, as precipitações também situaram-se abaixo da média histórica.



FONTE: IAPAR/SIMEPAR

FIGURA 5.1. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DE UMA SÉRIE HISTÓRICA (1963-2008) E NAS SAFRAS DE 2007 E 2008, REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAPAR/SIMEPAR DE FERNANDES PINHEIRO.

Em 2007, a precipitação pluvial média correspondente ao subperíodo VE-R1 foi igual a 75 mm, enquanto que em 2008 este valor foi de 233 mm. Também em 2007, as precipitações foram relativamente menores durante o subperíodo R1-R4, porém a variabilidade desse valor foi menor em relação ao subperíodo anterior. Em 2008, o alto valor de coeficiente de variação (82%) indica uma grande variabilidade das chuvas entre as situações culturais, devido principalmente às diferenças nas datas de semeadura. Finalmente, tanto para os subperíodos R4-R6 quanto para R6-R9, as precipitações foram relativamente menores em 2008, com valores médios de 35 mm e 23 mm, respectivamente. Assim, a safra de 2007 destaca-se pela escassez de chuvas durante a fase vegetativa e o subperíodo R1-R4, enquanto que a safra 2008 destaca-se pela escassez de chuvas no subperíodo R4-R6 e R6-R9. Na safra de 2007, a maior variabilidade dos valores ocorreu durante a fase vegetativa, enquanto que na safra de 2008 a maior variabilidade ocorreu em R4-R6 (Tabela 5.3)

Os valores de radiação interceptada nos subperíodos apresentaram variabilidade bem menor em relação aos valores de precipitação pluvial, como pode ser observado pelos coeficientes de variação apresentados na Tabela 5.3. A variabilidade nos valores de precipitação para cada um dos subperíodos fenológicos entre as situações culturais integra a variabilidade das precipitações entre os locais, das diferentes datas de semeadura e ciclo das cultivares utilizadas. Por outro lado, a variabilidade nos valores de radiação total incidente em cada subperíodo fenológico deve-se apenas às diferenças nas datas de semeadura e ciclo das cultivares, pois para cada local utilizou-se os valores registrados na estação agrometeorológica de Fernandes Pinheiro. A amplitude de variação obtida no presente trabalho assemelha-se aos valores obtidos por Thomaz *et al.*⁶ (no prelo) para as datas de semeadura entre 30 de julho e 17 de outubro, período no qual os autores não detectaram diferenças significativas no rendimento da cultura.

⁶ THOMAZ, G. L. *et al.* Teor de óleo e rendimento do girassol em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. *Bragantia*, Campinas, no prelo

TABELA 5.3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E RADIAÇÃO INCIDENTE NOS SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS DO GIRASSOL, PARA AS SAFRAS DE 2007 E 2008.

Variável	2007				2008			
	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)
PRE_VER1	27,0	193,0	75,4	81,8	148,0	288,0	233,3	18,56
PRE_R1R4	31,0	84,0	57,6	36,1	75,0	149,0	113,3	22,72
PRE_R4R6	92,0	161,0	126,1	20,4	4,0	68,0	35,2	56,09
PRE_R6R9	60,4	152,4	109,7	29,1	0,0	39,0	23,4	49,34
PRETOTAL	322,0	473,4	368,9	13,0	270,0	485,0	405,3	14,00
RAD_VER1	1249,0	1518,1	1447,5	8,5	1076,5	1415,6	1193,2	10,57
RAD_R1R4	473,0	640,7	595,5	12,8	547,8	597,5	569,9	4,46
RAD_R4R6	567,2	835,6	661,4	15,7	720,8	818,2	769,5	6,51
RAD_R6R9	835,8	975,6	938,6	6,8	581,1	817,1	743,3	7,51

Pre: Precipitação (mm); Rad: radiação incidente ($\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$)

5.5.2. Caracterização edáfica

Os 17 talhões utilizados para o presente trabalho são classificados como Cambissolos, com composição granulométrica variável (Tabela 5.4), resultante da variabilidade nas proporções dos diferentes materiais de origem. Uma caracterização detalhada dos cambissolos na região de Irati foi realizada por Benassi (2008) e Curcio (1994).

O valor médio de CAD (37 mm) obtido no presente trabalho situa-se abaixo do valor de 80 mm adotado por Rolim, Sentelhas e Ungaro (2001). Também encontra-se abaixo dos valores adotados no trabalho de zoneamento de risco climático para a cultura no Estado do Paraná, de 42 mm, 60 mm e 72 mm para solos de textura arenosa, média e argilosa, respectivamente (BRASIL, 2009). Os baixos valores de CAD obtidos devem-se sobretudo ao desenvolvimento radicular deficiente, conforme discutido anteriormente no Capítulo I.

TABELA 5.4. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-HÍDRICAS DOS SOLOS, SAFRAS 2007E 2008.

	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)
Areia (g.kg ⁻¹)	178,60	737,90	304,40	135,70	45,48
Silte (g.kg ⁻¹)	20,10	544,00	267,80	131,1	49,93
Argila (g.kg ⁻¹)	183,70	688,00	427,80	143,6	34,24
θ_{CC} (g.g ⁻¹)	30,35	48,98	41,46	4,11	10,11
θ_{PMP} (g.g ⁻¹)	15,95	34,33	29,74	4,56	15,64
Z_{max} (cm)	15,00	36,00	23,96	4,33	18,42
D_s (g.cm ⁻³)	1,07	1,62	1,32	0,14	11,03
θ_{AD} (g.g ⁻¹)	7,19	17,14	11,72	2,53	22,04
CAD (mm)	19,10	72,18	37,06	11,19	30,80

θ_{CC} = conteúdo de água a $-0,01$ MPa de potencial de água no solo; θ_{PMP} = conteúdo de água a $-1,5$ MPa de potencial de água no solo; $\theta_{AD} = \theta_{CC} - \theta_{PMP}$; Z_{max} = profundidade máxima do sistema radicular; D_s = densidade do solo; CAD = capacidade de água disponível.

A distribuição das situações culturais segundo as classes de pH, teores de nutrientes no solo e saturação por alumínio às profundidades de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m é apresentada na Tabela 5.5, sendo estes valores agrupados nas classes de teores baixo, médio, alto e muito alto, segundo Muzilli *al.* (1978) e Castro e Oliveira (2005). Na camada de 0,00 m a 0,20 m, os fatores mais limitantes foram os baixos teores de P, em 41% dos talhões, e de B, em 35% dos talhões. Não houve limitações quanto aos teores de cálcio, magnésio e potássio. Também não se verificou restrições quanto à saturação por alumínio, visto que em 88% dos casos estes valores foram considerados baixos. Entretanto, na camada de 0,20 m-0,40 m este elemento tornou-se um fator restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular: 71% dos talhões apresentaram níveis muito altos (acima de 20%) de saturação por alumínio. Dessa forma, verifica-se que o manejo adotado pelos agricultores promoveu uma melhoria das condições químicas na camada de 0,00 m-0,20 m. Entretanto, os altos teores de alumínio na camada de 0,20 m-0,40 m constituem-se em uma séria limitação ao desenvolvimento radicular do girassol, visto que valores de saturação por alumínio maiores que 5% já promovem redução no crescimento radicular (UNGARO, 1985; CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

TABELA 5.5. PROPORÇÃO DAS SITUAÇÕES CULTURAIS NAS CLASSES DE pH, TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO E SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO A DUAS PROFUNDIDADES DE AMOSTRAGEM, SAFRAS DE 2007 E 2008. CLASSES DE TEORES SEGUNDO MUZILLI *et al.*, (1978) E CASTRO E OLIVEIRA (2005).

Profundidade (m)	Classe	Proporção das situações culturais em cada classe (%)						
		pH	P	Ca	Mg	K	B	Al
0-20	Muito alto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88
	Alto	47,06	47,06	88,24	100,00	64,71	23,53	0,00
	Médio	29,41	11,76	11,76	0,00	29,41	23,53	5,88
	Baixo	47,06	41,18	0,00	0,00	5,88	35,29	88,24
20-40	Muito alto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,59
	Alto	5,88	11,76	58,82	100,00	17,65	23,53	11,76
	Médio	17,65	5,88	35,29	0,00	76,47	35,29	5,88
	Baixo	76,47	82,35	5,88	0,00	5,88	41,18	11,76

5.5.3. Elaboração do rendimento

Em ambas as safras e para todas as cultivares, o número de aquênios por capítulo foi o componente do rendimento que apresentou a maior variabilidade (Tabela 5.6). Os maiores valores de coeficiente de variação do número de aquênios por capítulo sugerem que as maiores variações ambientais entre as situações culturais ocorreram durante o período em que estes componentes do rendimento foram definidos, o qual é mais longo em relação aos demais componentes do rendimento e integra diversos processos fisiológicos e morfológicos que ocorrem na planta ao longo do seu ciclo. Segundo Aguirrezabal *et al.* (2001), o número de aquênios está condicionado ao diâmetro do receptáculo e ao número de primórdios florais que irão se desenvolver no disco do receptáculo, sendo estes definidos entre 30 a 50 dias após a semeadura; ao número de flores que serão fecundadas e irão se transformar em um aquênio, definido durante o período de floração/fecundação e podendo durar até 15 dias após a fecundação, quando ainda podem ocorrer abortamentos dos aquênios recém-formados. Nesse período, estresse hídrico, nutricional, baixas temperaturas e incidência de *Sclerotinia* podem ter um impacto muito grande sobre o rendimento (ROGER-ESTRADE *et al.*, 2003).

O teor de óleo nos aquênios e a massa de mil aquênios foram os componentes do

rendimento que apresentaram os menores coeficientes de variação, o que pode indicar menor variabilidade das condições ambientais durante o período em que estes foram definidos.

Embora a população de plantas pré-estabelecida tenha sido de 45.000 para todas as situações, em 2008 ocorreram problemas na emergência da cultura em função da ocorrência de encrostamento superficial, presença de torrões no sulco de semeadura e formação de “bolsões de ar”, sobretudo nos solos com maiores teores de silte. Conseqüentemente, nessa safra o número de capítulos por hectare situou-se abaixo da população pré-estabelecida de plantas.

TABELA 5.6. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS COMPONENTES DO RENDIMENTO OBTIDOS NAS SAFRAS 2007 E 2008.

Componente do rendimento	Mínimo	Máximo	Média	CV (%)
CATISSOL				
Massa de mil aquênios (g)	46,30	68,90	56,94	11,38
Número de capítulos por hectare	30952,35	57618,99	44810,70	14,67
Diâmetro médio dos capítulos (cm)	8,80	14,54	11,58	12,40
Teor de óleo nos aquênios (%)	39,86	49,27	44,74	5,29
Número de aquênios por capítulo	305,10	916,95	571,67	30,21
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	897,88	2120,96	1408,36	24,28
Rendimento de óleo (kg.ha ⁻¹)	397,01	1028,23	632,80	27,07
BRS 122				
Massa de mil aquênios (g)	54,62	82,29	66,95	10,20
Número de capítulos por hectare	22857,14	48571,47	32642,23	10,48
Diâmetro médio dos capítulos (cm)	12,06	19,10	15,30	22,14
Teor de óleo nos aquênios (%)	35,21	43,37	39,47	5,49
Número de aquênios por capítulo	430,48	1016,26	611,08	22,14
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	697,30	2339,06	1350,38	32,52
Rendimento de óleo (kg.ha ⁻¹)	278,43	967,44	530,34	31,92
HELIO 250				
Massa de mil aquênios (g)	44,25	67,00	54,52	10,62
Número de capítulos por hectare	20000,00	45143,24	34066,38	15,06
Diâmetro médio dos capítulos (cm)	9,38	21,29	17,47	15,43
Teor de óleo nos aquênios (%)	31,40	53,00	44,58	10,30
Número de aquênios por capítulo	451,19	1062,50	748,75	23,47
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	688,51	2411,64	1408,81	33,26
Rendimento de óleo (kg.ha ⁻¹)	307,20	1222,79	631,70	37,60

O rendimento de aquênios variou de 697 kg.ha⁻¹ a 2339 kg.ha⁻¹, 688 kg.ha⁻¹ a 2412 kg.ha⁻¹ e 898 kg.ha⁻¹ a 2121 kg.ha⁻¹, para as cultivares BRS 122, Helio 250 e CATISSOL respectivamente. No Norte do Paraná, Colasante *et al.* (2005) obtiveram rendimentos de 2320kg.ha⁻¹ e 2360kg.ha⁻¹ para a cultivares CATISSOL e BRS 122, respectivamente, enquanto que em Ponta Grossa (THOMAZ, 2008) os melhores rendimentos (médias de quatro repetições) observados foram de de 1887 kg.ha⁻¹ e 1830 kg.ha⁻¹ para as cultivares CATISSOL e Helio 250, respectivamente.

Como as cultivares BRS 122 e Helio 250 estiveram submetidas às mesmas condições ambientais, é possível comparar os valores médios dos componentes do rendimento dessas duas cultivares (Tabela 5.7). A cultivar Helio 250 apresentou maior diâmetro médio do capítulo, maior número de aquênios por capítulo e maior teor de óleo nos aquênios, enquanto que a cultivar BRS122 apresentou maior massa de mil aquênios.

TABELA 5.7. VALORES P PARA AS MÉDIAS DE COMPONENTES DO RENDIMENTO PARA AS CULTIVARES BRS 122 E HELIO 250, PELO TESTE *t* DE STUDENT

Componente do rendimento	Cultivar		Valor P
	BRS 122	Helio 250	
Diâmetro do capítulo (cm)	15,56	17,57	0,0012
Número de aquênios por capítulo	593,74	745,98	0,0003
Número de capítulos por hectare	32642,23	34033,06	0,2742
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	1350,38	1391,13	0,6859
Massa de mil aquênios (g)	66,95	54,72	0,0001
Teor de óleo nos aquênios (%)	39,47	44,78	0,0001

5.5.4. Duração do ciclo total e dos subperíodos fenológicos

A determinação da duração do ciclo é importante na análise da inclusão da cultura em um sistema de culturas, já que esta irá afetar a data de semeadura da cultura subsequente. A concepção de itinerário técnico adotada no presente trabalho, prevê a utilização de uma cultivar

precoce de girassol, no sentido de possibilitar a semeadura de uma cultura posterior. Dessa forma, a precocidade do material foi o critério que guiou a escolha das cultivares utilizadas.

Com base na diferença entre o maior e o menor valor de duração total do ciclo, as situações foram divididas em três classes (Tabela 5.8).

TABELA 5.8. DURAÇÃO DOS SUBPERÍODOS FENOLÓGICOS E DURAÇÃO DO CICLO TOTAL OBSERVADOS NAS 26 SITUAÇÕES CULTURAIS, SAFRAS 2007 E 2008.

Classe	Situação	Cultivar	Data de semeadura	Duração dos estádios fenológicos (dias)					Total
				S-VE	VE-R1	R1-R4	R4-R6	R6-R9	
1	25	Catissol	5/10	8	34	20	13	23	98
	20	Catissol	5/10	8	36	22	12	22	100
	Média			8	35	21	12	22	99
2	17	BRS 122	1/9	11	42	19	13	26	111
	3	BRS 122	21/8	13	42	16	14	27	112
	7	BRS 122	1/9	10	43	19	13	28	113
	15	BRS 122	22/8	12	40	25	12	24	113
	9	BRS 122	21/8	15	43	19	12	25	114
	11	BRS 122	18/8	15	45	20	12	22	114
	1	BRS 122	21/8	14	42	19	15	26	116
	5	BRS 122	19/8	13	41	19	15	28	116
	12	Helio 250	18/8	15	40	27	12	22	116
	13	BRS 122	22/8	12	41	20	15	28	116
	4	Helio 250	21/8	13	45	18	14	27	117
	10	Helio 250	21/8	15	47	19	12	24	117
	Média			13	42	20	13	25	114
3	18	Helio 250	1/9	11	47	20	13	26	117
	14	Helio 250	22/8	12	46	18	15	28	119
	8	Helio 250	1/9	10	48	19	13	30	120
	16	Helio 250	22/8	12	45	23	14	26	120
	22	Catissol	8/8	10	48	23	15	25	121
	23	Catissol	8/8	11	48	25	17	20	121
	26	Catissol	8/8	10	48	23	15	25	121
	24	Catissol	9/8	11	48	25	17	21	122
	2	Helio 250	21/8	14	48	19	15	27	123
	6	Helio 250	19/8	13	48	19	15	28	123
	19	Catissol	2/8	7	46	24	16	30	123
	21	Catissol	7/8	12	51	23	15	25	126
	Média			11	47	22	15	26	121

A Classe 1 foi constituída pelos menores valores de duração total (99 dias) e pelas situações com datas de semeadura mais tardias (5 de outubro). Esta classe apresentou os menores

valores médios de duração dos subperíodos S-VE e VE-R1, ocasionada por temperaturas do solo mais altas para a germinação, emergência e desenvolvimento vegetativo até o final de R1.

A Classe 2 apresentou valores intermediários de duração do ciclo (115 dias) e foi constituída pelas observações com data de semeadura entre 18 de agosto e 1º de setembro, apresentando valores intermediários de duração do subperíodo VE-R1. A Classe 3 apresentou os maiores valores de duração do ciclo (121 dias) e foi constituída pelas situações com data de semeadura entre 2 de agosto e 1º de setembro. As semeaduras mais precoces (1º de agosto) estão presentes nessa classe.

A duração do ciclo é influenciada pela temperatura do ar e pelas características de precocidade do genótipo. A Tabela 5.8 evidencia o efeito das temperaturas tanto na velocidade de germinação e na duração dos subperíodos fenológicos, conforme constatado por Aguirrezabal *et al.*, (2001) e Castro e Farias (2005). No município de Ponta Grossa, PR, Thomaz (2008) verificou que, na média de quatro cultivares, a semeadura em 17 de agosto resultou em uma duração do ciclo total de 118 dias, enquanto que na semeadura de 17 de outubro este valor foi de 105 dias.

Um outro aspecto evidenciado pela Tabela 5.8 é a distribuição das cultivares, sobretudo nas Classes 2 e 3. Na Classe 2, que apresentou duração média do ciclo de 114 dias, predominou a cultivar BRS 122, a qual constituiu 75% das observações. A Classe 3, com valor médio de duração do ciclo de 121 dias, foi constituída pelas cultivares Helio 250 e CATISSOL. Assim, esses dados sugerem que o fator genotípico também possa ter contribuído para os resultados obtidos. Em ensaio conduzido no município de Irati, PR, Colasante e Nogueira (2007) observaram valores de duração do ciclo total de 122 e 132 dias para as cultivares BRS 122 e CATISSOL, respectivamente, quando as mesmas foram semeadas em 14 de agosto.

5.5.5. Relações entre rendimento e seus componentes

A informação contida na matriz de dados originais relativos à safra de 2007 foi resumida em duas componentes principais, as quais responderam por 76,51% da variância total dos dados. Para os dados relativos à safra de 2008, foi possível resumir toda a informação original em três componentes principais, as quais responderam por 78,68% da variância total dos dados.

TABELA 5.9. PORCENTAGEM DA VARIÂNCIA TOTAL E VARIÂNCIA ACUMULADA EXPLICADA PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS CORRELACIONADAS ÀS VARIÁVEIS DE COMPONENTES DO RENDIMENTO, SAFRAS 2007 E 2008

	Componentes principais		
	F1	F2	F3
<i>2007</i>			
Porcentagem da variância total	51,72	24,79	16,05
Variância acumulada (%)	51,72	76,51	92,56
<i>2008</i>			
Porcentagem da variância total	31,23	24,79	20,05
Variância acumulada (%)	31,23	58,63	78,68

Na safra de 2007 (Tabela 5.10), a componente principal F1 esteve positivamente correlacionada com o diâmetro do capítulo ($r=0,90$) e com o número de aquênios por capítulo ($r=0,90$), e negativamente correlacionada ($r=-0,86$) com o número de capítulos por hectare. Esta componente é a que mais explica a variabilidade do rendimento de aquênios e de óleo.

TABELA 5.10. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE COMPONENTES DO RENDIMENTO E AS COMPONENTES PRINCIPAIS, SAFRA DE 2007

	Componentes Principais	
	F1	F2
Teor de óleo nos aquênios (%)	0,28	-0,70
Massa de mil aquênios (g)	0,40	0,75
Número de capítulos por hectare	-0,86	-0,27
Diâmetro médio do capítulo (cm)	0,90	-0,04
Número de aquênios por capítulo	0,90	-0,33
Rendimento de aquênios ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	0,77	-0,28
Rendimento de óleo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	0,75	-0,40

A componente principal F2 esteve positivamente correlacionada com a massa de mil aquênios e negativamente correlacionada com o teor de óleo nos aquênios. Esta componente informa que, à medida que aumenta a massa de mil aquênios, diminui o teor de óleo nos

mesmos.

Na Tabela 5.11, são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis originais e as componentes principais, para a safra de 2008. A componente principal F1 apresentou a maior variância (31,23%), estando positivamente correlacionada com o diâmetro do capítulo ($r=0,89$) e com o número de aquênios por capítulo ($r=0,85$). Assim, esta componente resume os processos ocorridos entre a emergência da cultura até o final do florescimento

A componente principal F2 apresenta a segunda maior variância (27,39%), estando positivamente correlacionada com o teor de óleo nos aquênios ($r=0,85$) e negativamente correlacionada com a massa de mil aquênios ($r=-0,77$). Esta componente resume os processos ocorridos durante o enchimento de aquênios, e informa que à medida que diminuiu a massa de mil aquênios, aumentou o teor de óleo nos mesmos.

A componente principal F3 apresenta a terceira maior variância (20,05%) e está positivamente correlacionada ($r=0,98$) com o número de capítulos por hectare. Quanto maior o número de capítulos por hectare, maior é o valor da componente.

Os coeficientes de correlação entre o rendimento de aquênios, o rendimento de óleo e as componentes principais indicam que a componente F1 foi a que mais explicou a variabilidade nos rendimentos. Da mesma forma, Thomaz (2008) observou correlação positiva ($r=0,76$) entre rendimento de aquênios e número de aquênios por capítulo, e Mercou *et al.* (2001) verificaram, em cultivos comerciais em várias regiões da Argentina, que a variabilidade no número de aquênios por capítulo contribuiu com 43% da variabilidade no rendimento de aquênios.

TABELA 5.11. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE COMPONENTES DO RENDIMENTO E AS COMPONENTES PRINCIPAIS, SAFRA 2008

	Componentes principais		
	F1	F2	F3
Teor de óleo nos aquênios (%)	-0,03	0,85	0,02
Massa de mil aquênios (g)	-0,17	-0,77	-0,13
Número de capítulos por hectare	0,12	0,11	0,98
Diâmetro médio do capítulo (cm)	0,89	-0,02	0,06
Número de aquênios por capítulo	0,85	0,16	0,12
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	0,61	-0,14	0,50
Rendimento de óleo (kg.ha ⁻¹)	0,59	0,13	0,45

Analisando-se conjuntamente os resultados de 2007 e 2008, verifica-se alguns pontos em comum. Em ambas as safras, os rendimentos de aquênios e de óleo foram explicados pela componente que resume os processos ocorridos durante o período que compreende o início da fase vegetativa até o final da floração. Da mesma forma, a componente F2, que resume os processos ocorridos entre R6-R9, não explicou a variabilidade no rendimento de aquênios e de óleo.

Por outro lado, os resultados entre as duas safras divergiram quanto à participação da variável número de capítulos por hectare na formação das componentes principais e na explicação da variabilidade dos rendimentos. Esses resultados sugerem que as diferenças na população média de plantas entre as duas safras (Tabela 5.6) possa ter sido o fator que contribuiu para essa divergência. Em 2007, os valores médios de capítulos por hectare estiveram próximos ao valor pré-estabelecido e considerado para o presente trabalho, ou seja, 45000 plantas.ha⁻¹. Em 2008, o valor médio de capítulos por hectare foi de 33340. Assim, no primeiro caso, aumentos na população de plantas podem ter resultado em competição intraespecífica, enquanto que no segundo caso, ainda haviam recursos suficientes – sobretudo água) para aumentos na população de plantas.

5.5.6. Análise do estado hídrico e nutricional da cultura e relações com o rendimento

A Tabela 5.12 apresenta a estatística descritiva das variáveis de estado hídrico e estado nutricional da cultura. Durante o subperíodo VE-R1 não ocorreu deficiência hídrica na cultura em nenhum dos casos, visto que o valor mínimo observado de ETRel foi igual a 0,81. Nos demais subperíodos, ocorreu deficiência hídrica em, pelo menos, uma das situações, sendo que os subperíodos R6-R9 e R4-R6 destacaram-se pela ocorrência de deficiência hídrica em 83,54% e 39,24% dos casos, respectivamente. Ressalta-se que, apesar da ocorrência de forte deficiência hídrica em R6-R9 na maior parte das situações, este não foi fator de diferenciação entre as situações culturais.

TABELA 5.12. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS DE ESTADO NUTRICIONAL (TEORES DE NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR) E ESTADO HÍDRICO (EVAPOTRANSPIRAÇÃO RELATIVA) DA CULTURA, SAFRA 2008.

	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV(%)
Teor de fósforo no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	1,45	5,76	2,90	1,07	37,08
Teor de cálcio no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	9,45	25,62	17,86	3,39	19,12
Teor de boro no tecido foliar (mg.kg ⁻¹)	21,67	137,90	73,94	28,90	39,34
Teor de nitrogênio no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	18,00	51,50	35,47	5,32	15,11
Teor de potássio no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	25,00	64,00	41,42	7,51	18,26
Teor de magnésio no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	2,82	10,85	4,97	1,66	33,61
Evapotranspiração relativa entre VE e R1	0,81	1,00	0,97	0,06	6,18
Evapotranspiração relativa entre R1 e R4	0,51	1,00	0,96	0,12	12,55
Evapotranspiração relativa entre R4 e R6	0,34	1,00	0,79	0,21	27,22
Evapotranspiração relativa entre R6 e R9	0,24	0,81	0,51	0,15	29,25

Com relação às variáveis de estado nutricional da cultura, observa-se a predominância de situações com baixos teores de cálcio, magnésio e fósforo, e com altos teores de potássio, em relação aos valores de referência estabelecidos por Castro e Oliveira (2005)⁷. Para o nitrogênio, a distribuição entre altos e baixos teores foi praticamente igual; para o boro, predominaram as classes de teores médio/suficiente e alto, ocorrendo, porém, teores baixos em 16% das observações (Tabela 5.13). Assim, apesar de o critério utilizado para a adubação ter sido o mesmo para todas as áreas, ocorreram respostas diferenciadas na absorção dos nutrientes, indicando que os fatores ambientais podem ter atuado tanto na disponibilidade desses nutrientes para as plantas.

⁷ Os valores de referência são apresentados no Anexo 2.

TABELA 5.13. PERCENTUAL DE OBSERVAÇÕES EM CADA CLASSE DE TEORES DE NUTRIENTES NO TECIDO FOLIAR, CONFORME CRITÉRIOS ESTABELECIDOS POR CASTRO E OLIVEIRA (2005), SAFRA 2008

Classes de teores	Percentual de observações em cada classe					
	N	P	K	Ca	Mg	B
Baixo	45,57	59,49	7,59	64,56	55,70	16,46
Médio/suficiente	54,43	36,71	75,95	35,44	44,30	46,84
Alto	0,00	3,80	16,46	0,00	0,00	36,71

A análise das relações entre estado nutricional, estado hídrico e componentes do rendimento foi realizada com os dados da safra 2008. Foram consideradas seis variáveis de estado nutricional e duas variáveis de estado hídrico da cultura como variáveis ativas para compor a matriz de dados para extração das componentes principais. Considerou-se o número de aquênios por capítulo como variável suplementar, de forma a se verificar em que medida as variáveis ativas explicam a variabilidade do número de aquênios por capítulo. Da matriz de correlação, foram extraídas três componentes principais (Tabela 5.14), as quais explicam 77,14% da variabilidade total dos dados.

TABELA 5.14. PORCENTAGEM DA VARIÂNCIA TOTAL E VARIÂNCIA ACUMULADA EXPLICADA PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS CORRELACIONADAS ÀS VARIÁVEIS DE ESTADO HÍDRICO E ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA, SAFRA 2008

	Componentes principais		
	F1	F2	F3
Porcentagem da variância total	41,84	22,45	12,85
Variância acumulada (%)	41,84	64,29	77,14

A componente F1 foi a que apresentou a maior variância (41,84%), estando positivamente correlacionada com a evapotranspiração relativa nos subperíodos R1-R4 e R4-R6 e com os teores de boro, fósforo e cálcio no tecido foliar. Esta componente também é a que mais explica a variabilidade no número de aquênios por capítulo (Tabela 5.15.)

A componente F2 apresentou a segunda maior variância (22,45%), estando positivamente correlacionada com os teores de K e negativamente correlacionada com os teores de Mg no tecido foliar. Esta componente informa que, à medida que aumentaram os teores de potássio,

diminuíram os teores de magnésio no tecido foliar, ou seja, ocorreu inibição competitiva entre esses dois nutrientes (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997). Esse fenômeno também é evidenciado pela Tabela 5.13, a partir da qual verifica-se a predominância de teores suficientes/médios a altos de K e baixos de Mg. Porém, como a componente F2 não está correlacionada com o número de aquênios por capítulo, embora tenha ocorrido inibição competitiva, esta não chegou a afetar este componente do rendimento.

TABELA 5.15. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE ESTADO HÍDRICO, ESTADO NUTRICIONAL E O NÚMERO DE AQUÊNIOS POR CAPÍTULO, E AS COMPONENTES PRINCIPAIS, SAFRA 2008

	Componentes principais		
	F1	F2	F3
Evapotranspiração relativa entre R1e R4	0,70	-0,36	0,16
Evapotranspiração relativa entre R4 e R6	0,88	0,14	0,21
Teor de nitrogênio no tecido foliar (%)	0,28	0,56	0,64
Teor de fósforo no tecido foliar (%)	0,75	0,17	-0,43
Teor de potássio no tecido foliar (%)	0,34	0,75	0,14
Teor de calcio no tecido foliar (%)	0,76	-0,43	-0,06
Teor de magnésio no tecido foliar (%)	0,01	-0,74	0,55
Teor de boro no tecido foliar (%)	0,86	-0,08	-0,19
Número de aquênios por capítulo	0,54	0,13	0,01

A componente principal F3 apresentou a terceira maior variância (12,85%) e está correlacionada com os teores de nitrogênio no tecido foliar. Esta componente não explicou a variabilidade dos valores de rendimento de aquênios, indicando a possibilidade de ter ocorrido efeito de diluição.

Para confirmar a hipótese de ocorrência de efeito de diluição de nitrogênio na planta, as relações individuais entre rendimento de aquênios e nutrientes foram verificadas também por meio da determinação da extração total de nutrientes na fase R 5.1, a partir dos valores de biomassa seca dos capítulos, caule e folhas e da determinação dos teores de nutrientes em cada uma das partes da planta. Verifica-se pela Tabela 5.16 que a quantidade total de N extraída pela cultura esteve positivamente correlacionada com o número de aquênios por capítulo, confirmando dessa forma, o efeito de diluição ocorrido para os teores de N no tecido foliar.

TABELA 5.16. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR ENTRE A QUANTIDADE TOTAL DE NUTRIENTES EXTRAÍDA PELA CULTURA E O NÚMERO DE AQUÊNIOS POR CAPÍTULO.

Nutriente	Coefficiente de correlação com o número de aquênios por capítulo
N	0,73
P	0,64
K	0,70
Ca	0,74
Mg	0,49
B	0,75

A partir dos resultados da Análise de Componentes Principais, pode-se afirmar que: a) a variabilidade no número de aquênios por capítulo foi explicada pelas relações ocorridas entre disponibilidade hídrica em R1-R4 e R4-R6 e teores de Ca, B e P no tecido foliar e b) os teores de Mg e K no tecido foliar, bem como o fenômeno de inibição competitiva observado entre estes dois nutrientes não explicaram a variabilidade observada no número de aquênios por capítulo.

A definição do número de aquênios por capítulo está sujeita aos processos que ocorrem desde os períodos iniciais de desenvolvimento da cultura, mais precisamente a partir dos 14-25 dias após a emergência, quando inicia-se a diferenciação do receptáculo floral (AGUIRREZABAL *et al.*, 2001; BLANCHET, 1994). No entanto, para as condições do presente trabalho, a variabilidade nos valores do número de aquênios por capítulo foi mais explicada pelos processos ocorridos a partir dos 45 dias após a emergência, até o final da floração (R1-R4 e R4-R6). O subperíodo R1-R4 corresponde ao maior acúmulo de biomassa e de nutrientes pela planta (CASTRO e OLIVEIRA, 2005; MERRIEN, 1992; ZOBIOLE *et al.*, 2010). Dessa forma, estresses hídricos nesse período irão afetar a absorção de nutrientes. Por outro lado, a redução na evapotranspiração em R4-R6 tem efeitos diretos nos processo de fecundação, ou indiretos a partir da sua interação com os os nutrientes que possuem importantes funções na reprodução. Na cultura do girassol, o estresse hídrico durante a antese (R5) restringe o alongamento celular e, conseqüentemente, a extrusão das anteras, a deiscência do pólen e extrusão do estigma, bem como a sua receptividade (CONNOR; HALL, 1997).

Os efeitos indiretos da redução da evapotranspiração estão relacionados à redução da

absorção do boro, do cálcio e do fósforo. O cálcio e o boro possuem vários pontos em comum, destacando-se: a) a sua absorção pelas raízes se dá através de fluxo de massa, sendo portanto altamente dependente da transpiração da planta; b) ambos atuam no crescimento do tubo polínico (BLAMEY, ZOLLINGER e SCHNEITER, 1997; CONNOR; HALL, 1997; MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997) e c) ambos são imóveis na planta (MARSCHNER, 1995). Até o estágio R1, aproximadamente 59% e 61% do Ca e do B, respectivamente, já foram absorvidos pela planta (CASTRO; OLIVEIRA, 2005) Porém, se a absorção desses dois nutrientes for comprometida durante a floração, mesmo que uma quantidade importante tenha sido absorvida nos estádios anteriores (até o estágio R1), não ocorrerá redistribuição desses nutrientes para as estruturas reprodutivas

O fósforo possui um aspecto diferenciado. De forma contrária ao Ca e ao B, este nutriente é altamente móvel na planta e a sua redistribuição inicia-se no estágio R1, ou seja, mais cedo em relação a outros nutrientes (ZOBIOLE *et al.*, 2010). Dessa forma, mesmo que a disponibilidade hídrica não tenha sido um fator restritivo à absorção de fósforo entre VE-R1, a quantidade absorvida nesse subperíodo e posteriormente redistribuída, pode não ter sido suficiente para suprir a demanda pelos drenos, sobretudo nas situações com baixos teores iniciais de fósforo no solo. Assim, na falta desse elemento, a planta priorizaria a viabilidade das sementes em detrimento da quantidade destas por capítulo.

5.5.7. Análise de agrupamento

O dendrograma apresentado na Figura 5.4 apresenta a distribuição das observações em três classes, de acordo com as variáveis descritas na Tabela 5.15.

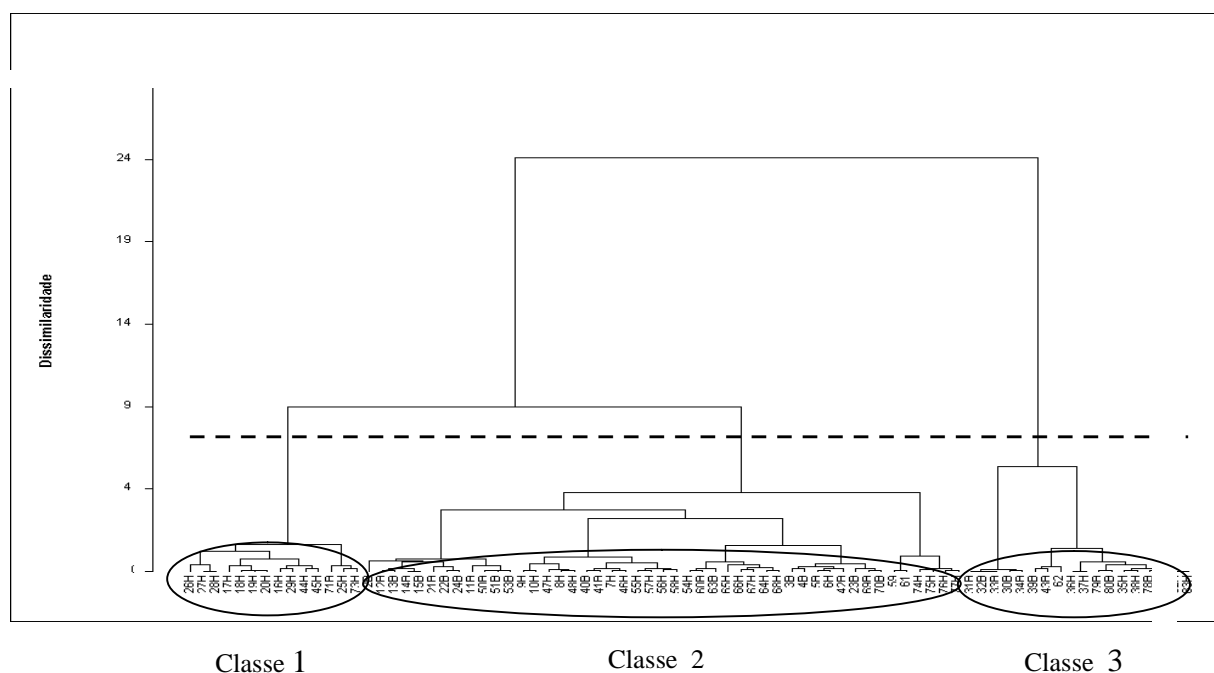


FIGURA 5.2. DENDROGRAMA DE AGRUPAMENTO DAS OBSERVAÇÕES, SEGUNDO AS VARIÁVEIS DE COMPONENTES DO RENDIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA, SAFRA 2008

A Classe 1 é constituída pelos maiores rendimentos médios de aquênios e óleo, destacando-se das demais classes por apresentar os maiores valores médios de diâmetro do capítulo e de número de aquênios por capítulo. Por outro lado, os valores médios das variáveis de estado nutricional e hídrico da cultura são semelhantes aos valores da Classe 2. Um outro aspecto que diferencia as duas classes são a proporção de cada cultivar: a Classe 1 é constituída por 92,86% de observações relacionadas à cultivar Helio 250, enquanto que na Classe 2 esta proporção é de 46,81%. Pode-se afirmar, assim, que o genótipo foi o fator que contribuiu para a diferenciação entre as classes 1 e 2.

A Classe 3 apresentou os menores rendimento médios de aquênios e óleo, destacando-se das classes 1 e 2 pelos menores valores das variáveis de estado nutricional e hídrico da cultura. Nesta classe, os valores médios de P, Ca e B situaram-se nos níveis considerados como baixos por Castro e Oliveira (2005). Além de deficiência nutricional, os valores médios de evapotranspiração relativa no subperíodo R4-R6 estiveram abaixo do valor crítico de 0,65,

indicando a ocorrência de deficiência hídrica na cultura. As classes 1 e 2 compreendem as observações com data de semeadura entre 8 a 22 de agosto, enquanto que na Classe 3, em 88,88% dos casos a semeadura foi realizada em 11 de setembro. Essa diferença resultou em diferenças na precipitação total em R1-R4 e R4-R6, conforme indicado na Tabela 5.16.

TABELA 5.17. CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES SEGUNDO AS VARIÁVEIS DE COMPONENTE DO RENDIMENTO, DE ESTADO NUTRICIONAL E ESTADO HÍDRICO DA CULTURA, safra 2008

Variável	Classe		
	1	2	3
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	1995,19	1359,50	961,37
Rendimento de óleo (kg.ha ⁻¹)	927,17	543,75	423,17
Diâmetro médio dos capítulos (cm)	19,15	16,60	14,60
Número de aquênios por capítulo	937,76	671,47	520,55
Teor de fósforo no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	3,38	3,15	1,87
Teor de cálcio no tecido foliar (g.kg ⁻¹)	19,52	18,86	13,95
Teor de boro no tecido foliar (mg.kg ⁻¹)	81,80	86,87	34,06
Evapotranspiração relativa entre R1 e R4	1,00	1,00	0,84
Evapotranspiração relativa entre R4 e R6	0,95	0,87	0,48
Percentual de ocorrência da cultivar BRS 122 na classe	7,14	53,19	61,11
Percentual de ocorrência da cultivar Helio 250 na classe	92,86	46,81	38,89

A análise de agrupamento evidencia as relações entre o rendimento (de aquênios e de óleo) e o genótipo, e entre o rendimento de aquênios e a exposição da cultura ao estresse hídrico nos subperíodos críticos. Assim, o fator climático, associado à baixa capacidade de armazenamento de água nos solos, atuou negativamente no crescimento e no desenvolvimento da cultura. Nas situações em que houve exposição da cultura ao estresse hídrico, ocorreu redução no número de aquênios por capítulo e nos teores de boro, cálcio e fósforo no tecido foliar. Nesse contexto, quais seriam as margens de manobra possíveis de forma a minimizar os riscos de ocorrência de deficiência hídrica?

Considerando-se a existência de relações entre genótipo e rendimento, uma das opções seria a utilização de genótipos mais produtivos. Entretanto, estes materiais também estariam

sujeitos à deficiência hídrica, e portanto, teriam o seu potencial de rendimento comprometido.

A segunda opção consiste na adoção de práticas que possibilitem a minimização do risco de ocorrência de deficiência hídrica, a partir de ajustes na época de semeadura ou pelo aumento da capacidade de armazenamento de água. O primeiro caso é menos factível, pelo carácter de imprevisibilidade das chuvas. Restaria, então, a adoção de práticas que promovessem a maior retenção de água no perfil do solo e a maior capacidade de exploração das raízes. Se por um lado, o problema da acidez e toxidez por alumínio na camada arável já não representa uma limitação na região, altas concentrações de alumínio em subsuperfície ainda constituem-se na principal limitação a ser removida para que a cultura possa explorar o seu potencial de tolerância à seca. O uso do gesso agrícola visando a melhoria do ambiente radicular no subsolo poderia ser uma alternativa a ser explorada em outros trabalhos.

5.6. CONCLUSÕES

Os valores de rendimento de aquênios obtidos na safras de 2007 e 2008 foram agrupados em três classes, com os seguintes valores médios: rendimentos altos: 1995 kg.ha^{-1} ; rendimentos médios 1359 kg.ha^{-1} ; rendimentos baixos: 961 kg.ha^{-1} . Os valores de rendimentos de óleo foram agrupados nas seguintes classes: rendimentos altos: 927 kg.ha^{-1} ; rendimentos médios: 544 kg.ha^{-1} ; rendimentos baixos: 423 kg.ha^{-1} . Para ambas as safras, a variabilidade dos rendimentos de aquênios e de óleo foi explicada pela variabilidade no número de aquênios por capítulo.

Na safra de 2008, a variabilidade no número de aquênios por capítulo esteve correlacionada à deficiência hídrica em R1-R4 e R4-R6 e às quantidades de N, Ca, B e P extraídos pelo girassol. Constatou-se a ocorrência de inibição competitiva entre K e Mg, porém este fenômeno não esteve correlacionado à variabilidade do número de aquênios por capítulo.

Houve ocorrência de forte estresse hídrico durante o enchimento de aquênios, porém este não explicou a variabilidade no rendimento de aquênios e de óleo.

5.7. REFERÊNCIAS

AGUIRREZABAL, L. A. N. et al. **Girassol**: aspectos fisiológicos que determinam el rendimiento. Mar Del Plata: INTA, 2001. 111p.

BENASSI, D. A. **Percepção e uso dos solos**: o caso dos agricultores familiares da região Centro-Sul do Paraná. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; ZOLLINGER, R. K.; SCHNEITER, A. A. Sunflower production and culture. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 595-670.

BLANCHET, R. Ecophysiologie et élaboration du rendement du tournesol: principaux caractères. In: LOMBE, L. ; PICARD, D. (Ed.). **Élaboration du rendement des principales cultures annuelles**. Paris: INRA, 1994. p. 97-99.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento agrícola para a cultura do girassol no Estado do Paraná, ano-safra 2009/2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 maio 2009, seção 1, p. 41. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=15398>. Acesso em: 14/12/2009.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 163-210.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENT, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 317-373.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. 1 CD-ROM.

COLASANTE, L. O. et al. Avaliação de genótipos de girassol na região norte do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p.6-8.

COLASANTE, L. O. ; NOGUEIRA, R. R. Avaliação de cultivares de girassol em duas épocas de plantio na região sul do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 17., 2007, Uberaba. **Anais...** Uberaba: EMBRAPA;EPAMIG, 2007. p. 94-97.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-181.

CURCIO, G. R. Solos de encosta de baixa aptidão agrícola da área de estudo. In: MERTEN, G. (Coord.). Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro-Sul do Paraná. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 84, p. 23-39, 1994.

LEITE, R. M. V. B. C. Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja. **EMBRAPA Soja: Comunicado técnico**, Londrina, n. 76, p. 1-3, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 902 p.

MERCAU, J. L. et al. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. **Agricultural Systems**, Inglaterra, v. 67, n. 2, p. 83-103, 2001.

MERRIEN, A. **Physiologie du tournesol**. Paris: CETIOM, 1992. 66p.

MEYNARD, J. M. et al. **Évaluation expérimental des itinéraires techniques**. Paris : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF). Comité Potentialités – ACTA, 10 janv. 1996.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte, UFMG, 2007. 297p.

MIYAZAWA, M. ; PAVAN, M. A. ; BLOCH, M. F. Análise química de tecido vegetal. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 74, 1992. 17.p.

PAVAN, M. A. ; BLOCH, M .F. ; ZEMPULSKI, H. C. ; MIYAZAWA, M. ; ZOCOLER, D. C. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 76, 1992. 40.p.

ROGER-ESTRADE, J.; DORÉ, T.; MARTIN, P.; FERRÉ, F. Le tournesol. In: Éléments pour la conduite des principales grandes cultures et prairies. Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon, Departement AGER, 2003. 21p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilha no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998. [

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Análise de risco climático para a cultura de girassol, em algumas localidades de São Paulo e do Paraná, usando os modelos

DSSAT/Oilcrop-Sun e FAO. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 91-102, 2001

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.

THOMAZ, G. L. **Comportamento de cultivares de girassol em função da época de semeadura na região de Ponta Grossa, PR**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

TUFFÉRY, S. **Data mining et statistique décisionelle: l'intelligence des données**. Paris: Technip, 2007. 481p.

UNGARO, M. R. G. et al. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 41-48, 1985.

ZOBIOLE, L. H. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, abr. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832010000200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23/07/2010.

CAPÍTULO III

DESEMPENHO ECONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DO SUDESTE PARANAENSE

6. CAPÍTULO III

DESEMPENHO ECONÔMICO DA CULTURA DO GIRASSOL EM SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DO SUDESTE PARANAENSE

6.1. RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do Sudeste Paranaense. Foram avaliadas 26 situações culturais, as quais variaram quanto às modalidades de uso de mecanização: a) Tração Animal (TA), no qual todas as operações são executadas com tração animal e humana; b) Intermediário (I), no qual as operações são motomecanizadas, com exceção da colheita, que é manual; e c) Totalmente Mecanizado (TM), no qual todas as operações são. As situações também diferenciaram-se quanto à quantidade de fertilizantes empregada e à cultivar utilizada (Helio 250, BRS 122 e CATISSOL). A demanda de mão-de-obra variou de 4,00 h.ha⁻¹ na modalidade TM, até 104,5 h.ha⁻¹ na modalidade TA. A colheita manual demandou em média, 38,8 h.ha⁻¹. O custo operacional efetivo (COE) variou entre R\$ 378 (TA) a R\$ 826 (TM). Na modalidade TM, o custo da colheita mecanizada, proveniente de serviços de terceiros, correspondeu a 71% do custo total das operações agrícolas. O custo com sementes teve pouca participação no COE, cujos valores por hectare foram de R\$ 20 para as variedades e R\$ 93 para o híbrido. O custo com fertilizantes representou de 46,69% a 86,45% do COE. Os resultados da Análise de Componentes Principais indicaram que a margem bruta esteve positivamente correlacionada ao rendimento de aquênios e negativamente correlacionada ao custo com fertilizantes, e não esteve correlacionada ao custo com sementes e à intensidade de uso de mecanização. Por meio da análise de cluster, identificou-se quatro classes de desempenho econômico. As menores margens brutas variaram entre R\$ 180.ha⁻¹ (TM) e R\$ 288.ha⁻¹. As maiores margens brutas variaram entre R\$ 553.ha⁻¹ (TM) e R\$ 695.ha⁻¹ (TA e I). Nesse último caso, a alta demanda de mão-de-obra para a colheita manual constituiu-se em fator restritivo em função da competição com outras atividades na mesma época, como a colheita do feijão e do fumo.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, análise multivariada, sistemas de produção, biodiesel, componentes principais, margem bruta

ECONOMIC PERFORMANCE OF SUNFLOWER IN FAMILY FARMING SYSTEMS OF SOUTHEASTERN PARANA, SOUTHERN BRAZIL

6.2. ABSTRACT

This study aimed at evaluating the economic performance of sunflower in 26 different on-farm trials established in family farms of the Southeastern region of Paraná, Brazil. Economic performance was assessed according to three different levels of mechanization: a) Animal Traction (AT): operations are performed with animal and human power; b) Intermediate (I): all operations are performed with mechanical power, except harvesting which is performed with human power; c) Totally Mechanized (TM): all operations are performed with mechanical power. Cropping situations also varied according to different levels of fertilizer application and the genotype (hybrid Helio 250 and open-pollinated varieties BRS 122 and CATISSOL). Total labor requirement ranged from 4.00 h.ha⁻¹ (TM) to 104,5 h.ha⁻¹ (TM). Manual harvest required 38,8 h.ha⁻¹. Operational costs (OC) ranged from R\$ 378,26 (AT) to R\$ 825,64 (TM). In the TM system, harvest costs comprised 71% of the total cost of agricultural operations. Seeds cost had a minor participation in the OC. Fertilizer costs ranged from 46,69% to 86,45% of OC. Principal Component Analysis showed that the gross margin was positively correlated with grain yields and negatively correlated with fertilizer costs. No correlation was found between gross margin and seed costs and between gross margin and level of mechanization. Cluster analysis identified 4 groups according to the economic performance. Among the groups with the lower gross margins, Group 2 (TM) and Group 4 (AT and I) presented values of R\$ 180.ha⁻¹ and R\$ 288.ha⁻¹, respectively. Among the groups with the higher gross margins, Group 1 (TM) and Group 3 (TA and I) presented values of R\$ 553.ha⁻¹ and R\$ 695.ha⁻¹, respectively. Despite the relatively higher gross margin in Group 3, the high labor requirement for manual harvest may be a constraint due to the competition with other agricultural operations in the same period, such as harvest of common beans and tobacco.

Keywords: *Helianthus annuus*, multivariate analysis, farming systems, biodiesel, principal component analysis, gross margin

6.3. INTRODUÇÃO

A cultura do girassol apresenta diversas características que a tornam apta à inserção nos sistemas de produção familiar, sendo considerada como uma das espécies oleaginosas potenciais para a produção de biodiesel no Sudeste paranaense. Além da qualidade do biodiesel produzido, que se situa dentro dos parâmetros preconizados pela Agência Nacional de Petróleo (TILMANN *et al* 2007; SILVA, 2005), esta espécie possibilita diversos usos alternativos, tanto do óleo, quanto da torta resultante do esmagamento.

Do ponto de vista agrônômico, o girassol possui uma ampla adaptação climática (CASTRO; FARIAS, 2005), uma grande capacidade de ciclagem de nutrientes, com destaque ao potássio e ao cálcio (CASTRO; OLIVEIRA, 2005), e o seu cultivo requer a mesma estrutura utilizada para o cultivo das principais culturas de grãos (LAZZAROTTO, ROESSING e MELLO, 2005). No aspecto nutricional, a semente de girassol apresenta em sua composição altos teores de tocoferóis e ácidos graxos essenciais – sobretudo o ácido linoleico – que conferem ao óleo propriedades funcionais. (TELLES, 2006; OLIVEIRA; VIEIRA, 2004). A torta resultante do esmagamento possui altos teores de proteína bruta, podendo ser incluída em até 36% no concentrado para vacas em lactação, sem que haja redução na produção de leite (ABDALLA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

Apesar de ainda apresentar pouca expressão econômica no País, com a implementação do Programa Nacional de Biodiesel, a demanda por esta oleaginosa tem aumentado, sobretudo no que se refere à produção oriunda da agricultura familiar. O produtor de biodiesel que se enquadra nas normas estabelecidas pelo Selo Combustível Social beneficia-se de uma série de incentivos, como a redução na alíquotas tarifárias e a participação nos leilões de compra da ANP (BRASIL, 2005).

Se por um lado, o Selo Combustível Social é um mecanismo que favorece a inclusão dos agricultores familiares na cadeia de biodiesel, a decisão em ingressar em uma nova atividade deve ser embasada em informações sobre a rentabilidade da cultura, cabendo aos órgãos de pesquisa pública elaborar referências técnicas e econômicas que auxiliem os agricultores na tomada de decisões.

A região Sudeste paranaense é constituída predominantemente por estabelecimentos familiares, e apresenta uma grande diversidade edafoclimática e sócio-econômica. Predominam

na região as classes de solos Neossolo, Cambissolo, Argissolo e Gleiossolo, os quais possuem níveis de fertilidade variável segundo a fertilidade natural e o manejo adotado pelos agricultores (RADOMSKI *et al.*, 2006; BENASSI, 2008).

Dentro do estrato da agricultura familiar, coexistem na região, sistemas com diferentes características quanto à área do estabelecimento, ao uso de capital, de mão-de-obra e quanto às atividades econômicas predominantes. Verifica-se, assim, desde a ocorrência de sistemas baseados no uso intensivo da mão-de-obra familiar e da tração animal, até aqueles com uso mais intensivo de capital (RADOMSKI *et al.*, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2005). Essa diversidade edafoclimática e sócio-econômica se traduz em diferenças nos rendimentos das culturas e nos custos de produção e, portanto, espera-se que a cultura do girassol, implantada em diferentes situações de solo e níveis de uso de capital, também apresente diferenças quanto aos indicadores de desempenho econômico. O presente trabalho tem como objetivos: a) quantificar os diferentes níveis de desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de produção familiar do Sudeste paranaense e b) dentre as variáveis que compõem o desempenho econômico da cultura, identificar aqueles que mais contribuíram para a variabilidade dos valores observados.

6.4. MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1. Caracterização dos estabelecimentos agrícolas

O estudo foi conduzido em 13 estabelecimentos familiares localizados nos municípios de Irati, Imbituva, Ipiranga, Prudentópolis e São Mateus do Sul, representativos de sistemas de produção regionais. Nesses estabelecimentos, foram implantadas 26 situações culturais, conforme apresentado na Tabela 6.1.

A característica comum entre estes estabelecimentos é que em todos, mais de 50% da mão-de-obra total utilizada na propriedade é familiar. O que os diferencia são a área total do estabelecimento, o tipo de mecanização utilizada e a participação dos produtos no Valor Bruto da Produção Total. Assim, as situações estão distribuídas da seguinte forma: 27% dos casos enquadram-se no sistema Fumo e Grãos, 12% pertencem ao sistema Leite + Fumo, 27% é classificado como Grãos Tecnificado, 12% como Grãos Tradicional e 23% como Leite e Grãos. O Sistema Grãos Tradicional é o mais intensivo em mão-de-obra e o menos intensivo em capital, caracterizando-se pelo uso de tração animal em todas as operações agrícolas, com exceção da colheita, que é manual; no outro extremo, o sistema Grãos Tecnificado é o mais intensivo em capital e o menos intensivo em mão-de-obra, e utiliza motomecanização em todas as operações. A colheita é realizada na maior parte dos casos, com o uso de equipamento proveniente de serviços de terceiros. Nos demais sistemas, verifica-se o uso de mecanização associado, em alguns casos, a tração animal e colheita manual ou motomecanizada.

A caracterização edáfica dos talhões nos quais a cultura do girassol foi implantada tem apenas o objetivo de caracterizar as situações quanto à classificação dos solos e quanto aos parâmetros que embasaram a recomendação de adubação, pois como será verificado na discussão, o custo com fertilizantes foi uma variáveis correlacionadas ao desempenho econômico. De acordo com critérios estabelecidos por Muzilli *et al.* (1978) e Oleynik *et al.* (1995), em 34,78% , 47,83% e 17,39% das situações os teores de fósforo eram baixos, médios e altos, respectivamente. Para o potássio, apenas 3,85% das situações apresentaram teores baixos; em 39,13% e 56,52% os teores eram médios e altos, respectivamente.

TABELA 6.1. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E EDÁFICA DAS SITUAÇÕES ESTUDADAS

Situação	Mecanização	Cultivar	Teores de nutrientes no solo	
			Fósforo (mg.dm ⁻³) ¹	Potássio (cmol _c .dm ⁻³) ¹
1	Tração animal	BRS 122	7,1	0,30
2	Tração animal	Helio 250	7,1	0,30
3	Totalmente Mecanizado	BRS 122	11,3	0,90
4	Totalmente Mecanizado	Helio 250	11,3	0,90
5	Totalmente Mecanizado	BRS 122	20,9	0,40
6	Totalmente Mecanizado	Helio 250	20,9	0,40
7	Intermediário	BRS 122	5,3	0,40
8	Intermediário	Helio 250	5,3	0,40
9	Intermediário	BRS 122	6,0	0,30
10	Intermediário	Helio 250	6,0	0,30
11	Tração animal	BRS 122	9,5	0,20
12	Tração animal	Helio 250	9,5	0,20
13	Intermediário	BRS 122	8,0	0,30
14	Intermediário	Helio 250	8,0	0,30
15	Intermediário	BRS 122	43,5	0,60
16	Intermediário	Helio 250	43,5	0,60
17	Totalmente Mecanizado	CATISSOL	5,4	0,30
18	Totalmente Mecanizado	CATISSOL	5,4	0,30
19	Totalmente Mecanizado	CATISSOL	26,6	0,32
20	Intermediário	CATISSOL	26,6	0,32
21	Tração animal	CATISSOL	6,6	0,49
22	Totalmente Mecanizado	CATISSOL	4,4	0,37
23	Totalmente Mecanizado	CATISSOL	5,7	0,20
24	Intermediário	CATISSOL	3,6	0,29
25	Intermediário	CATISSOL	3,3	0,29
26	Intermediário	CATISSOL	1,3	0,10

¹ Extraídos em solução de Mehlich -1

6.4.2. Itinerário técnico de implantação e condução da cultura

A cultura do girassol foi implantada em sistema de preparo reduzido (1 escarificação seguida de gradagem niveladora) ou preparo convencional a tração animal (1 aração seguida de uma gradagem niveladora), de acordo com os equipamentos disponíveis pelos agricultores. Em

todas as áreas a semeadura foi realizada de forma a se obter uma população em torno de 45000 plantas.ha⁻¹, com espaçamento de 0,7m entre linhas. Procurou-se realizar a semeadura o mais cedo possível dentro do período recomendado pelo zoneamento agrícola da cultura do girassol (BRASIL, 2009), porém em virtude de fatores climáticos, ocorreu variação nas datas de semeadura entre as áreas. Na safra 2007 foi semeada a cultivar CATISSOL; na safra 2008 foram utilizadas as cultivares BRS 122 e Helio 250, as quais foram semeadas em áreas adjacentes em todos os locais. A escolha desses materiais baseou-se principalmente na característica de ciclo precoce, tendo em vista que o objetivo do estudo é a inserção do girassol em sistemas de cultura já praticados pelos agricultores, de forma a possibilitar a semeadura de uma cultura posterior à colheita do girassol.

A adubação empregada baseou-se nas recomendações para a cultura segundo Castro e Oliveira (2005), a partir dos teores de fósforo e potássio no solo. Foi empregada a mistura 5-20-20, cuja dose variou entre 150 a 300 kg.ha⁻¹. O nitrogênio (40 kg de N.ha⁻¹) foi aplicado na forma de uréia, 1/3 na semeadura e 2/3 aos 30 dias após a emergência, juntamente com a aplicação de 2 kg.ha⁻¹ de boro na forma de ácido bórico (11,3% de B). Foi realizado um controle mecânico de plantas daninhas, apenas na entrelinha.

6.4.3. Coleta e análise de dados

Em cada talhão, foram registrados os dados relativos ao uso de insumos (tipo e quantidade de sementes e fertilizantes), equipamentos utilizados nas operações agrícolas (tipo, modelo e ano de fabricação), a demanda de mão-de-obra para as operações agrícolas e rendimento da cultura (rendimento de aquênios corrigido para 11% de umidade). Cada situação foi caracterizada segundo as modalidades de uso de mecanização, identificando-se três modalidades principais:

Tração Animal: Preparo do solo, semeadura e controle de plantas daninhas com tração animal; adubação de cobertura e colheita manuais.

Intermediário: Preparo do solo mecanizado; semeadura mecanizada ou com tração animal; adubação de cobertura e colheita manuais.

Totalmente Mecanizado: Preparo do solo, semeadura, adubação de cobertura, controle de plantas daninhas e colheita mecanizada.

A metodologia utilizada para o cálculo do custo de produção e rentabilidade da cultura foi a mesma utilizada no projeto “Redes de Propriedades de Referência em Agricultura Familiar” (SOARES JUNIOR; SALDANHA, 2000). Os indicadores de custo adotados foram o Custo Operacional Total (COT), o qual é constituído pelo Custo Operacional Efetivo (COE) e os Custo Fixo Total (CFT). O CFT correspondeu ao valor de depreciação dos equipamentos utilizados nas operações agrícolas. O COE compreendeu as despesas com insumos (sementes, fertilizantes e agrotóxicos, segundo o itinerário técnico adotado), e as despesas com operações mecanizadas (combustíveis e lubrificantes). Para as operações tratorizadas, adotou-se os coeficientes técnicos utilizados pela Fundação ABC tais como: consumo horário de combustível, custo de manutenção e capacidade operacional. Para o rendimento das operações executadas com equipamentos a tração animal, adotou-se os valores levantados junto a estabelecimentos familiares nos municípios de Irati e Rio Azul (ARAÚJO, 1990). Os coeficientes técnicos da colheita manual e mecanizada foram obtidos pelo registro do tempo gasto nessas operações durante a execução do estudo. O custo com a colheita (serviços de terceiros) foi obtido diretamente junto aos produtores que participaram da pesquisa.

Os valores de preços dos insumos, máquinas e implementos foram obtidos a partir das planilhas da SEAB/Deral relativos mês de agosto de 2007 e 2008 e junto às revendas de insumos da região. O preço pago aos produtores pela saca de 60 kg de girassol foi informado pelo Núcleo regional da SEAB de Umuarama.

Os valores obtidos para 2007 foram corrigidos para 2008 pela inflação medida pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas.

Analisando-se a evolução dos preços dos principais fertilizantes simples apresentada na Figura 6.1, verifica-se que, somada à tendência de elevação dos mesmos entre os anos sucessivos, ocorreu uma drástica elevação em 2008. Assim, em relação aos preços pagos pelos produtores em 2007, o preço do superfosfato simples, do cloreto de potássio e da uréia aumentaram em 91%, 121% e 61%, respectivamente. Em 2009, os preços do superfosfato simples e da uréia retomaram os patamares anteriores, registrando-se uma queda de 51% e 44%, respectivamente. Em 2010 essa queda continuou principalmente para o cloreto de potássio.

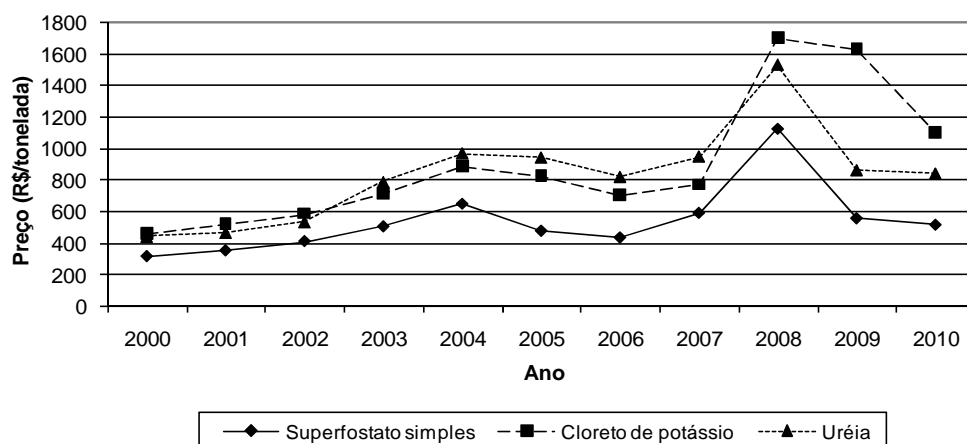


FIGURA 6.1. EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DO SUPERFOSFATO SIMPLES, CLORETO DE POTÁSSIO E URÉIA DURANTE O PERÍODO DE 2000 A 2010 (FONTE: SEAB/DERAL)

Verifica-se pela Figura 6.1, uma tendência de crescimento contínuo dos preços de fertilizantes, porém a alta observada em 2008 foi atípica. O uso desse valor atípico na elaboração dos custos de produção e, principalmente, na Análise de Componentes Principais iria conferir um peso muito alto a essa variável. Assim, em 2008 os preços dos fertilizantes foram estimados determinando-se, por meio de modelos semilogarítmicos, a taxa de crescimento do preço desses insumos considerando os dados do período de 2000 a 2007. De acordo com GUJARATI (2006), os modelos semilogarítmicos são frequentemente usados em economia para descrever processos de crescimento contínuo ou aproximadamente contínuo de uma variável no tempo.

Como resultado, observa-se na Tabela 6.2, que o preço do superfosfato simples, do cloreto de potássio e da ureia cresceram, respectivamente, 7,7%, 8% e 12,7% ao ano. Assim, se levar em conta essa tendência histórica, o preço da tonelada que se teria no ano de 2008 para esses insumos seria de R\$ 631, R\$ 828 e R\$ 1065 para o superfosfato simples, cloreto de potássio e uréia, respectivamente.

TABELA 6.2. MODELO DE REGRESSÃO E TAXA DE CRESCIMENTO DOS PREÇOS DE FERTILIZANTES SIMPLES PARA O PERÍODO DE 2000 A 2007.

Variável dependente	Equação de regressão	R ²	Taxa de crescimento (%)
Preço do superfosfato simples (PSS)	$\text{Ln PSS} = 5,78 + 0,074 t$	0,53	7,7
Preço do cloreto de potássio (PKCl)	$\text{Ln PKCl} = 6,15 + 0,08 t$	0,65	8,0
Preço da uréia (PU)	$\text{Ln PU} = 6,01 + 0,12 t$	0,78	12,7

Nota: Estimativa realizada no pacote estatístico SPSS, com base em preços fornecidos pelo DERAL/SEAB.

Como variáveis de desempenho econômico, adotou-se a margem bruta (MB) e a demanda total de mão-de-obra. A margem bruta foi calculada da seguinte forma (SOARES JR.; SALDANHA, 2000):

$$MB = RB - COE$$

onde:

MB = Margem bruta (R\$.ha⁻¹)

RB = Renda bruta (Rendimento (kg.ha⁻¹) * preço (R\$.kg⁻¹))

COE = Custo operacional efetivo (R\$.ha⁻¹)

As relações entre as variáveis de desempenho econômico foram estudadas por meio de Análise de Componentes Principais. Construiu-se uma matriz constituída por sete variáveis e 26 observações, sendo cinco variáveis ativas (custo com fertilizantes, custo com sementes, custo com operações, rendimento de aquênios e demanda de mão-de-obra), e uma variável suplementar (margem bruta). O uso de variáveis suplementares em ACP (TUFFÉRY, 2007) é um recurso que permite que algumas variáveis participem da análise, sem participarem na construção dos eixos, cuja variabilidade pode ser explicada pelas componentes com as quais estejam correlacionadas. O critério para extração das componentes principais obedeceu ao valor mínimo de 75% da variância acumulada (MINGOTI, 2007). Posteriormente, as observações foram agrupadas pelo método de Classificação Hierárquica Ascendente, utilizando-se a distância euclidiana como medida de distância entre os pontos e o método de Ward como algoritmo para o agrupamento (MINGOTI, 2007).

6.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.5.1. Demanda de mão-de-obra e custo de produção

A demanda de mão-de-obra, os valores de custo operacional efetivo e total foram determinados para as diferentes modalidades de mecanização. Verifica-se pela Tabela 6.3, que a demanda de mão-de-obra variou de 4,00 h.ha⁻¹ na modalidade Totalmente Mecanizado, até 104,5 h.ha⁻¹ na modalidade Tração Animal. A colheita manual, presente nas modalidades Tração Animal e Intermediário demandou, em média, 38,8 h.ha⁻¹. Ou seja, considerando-se uma jornada de trabalho de 8 h, uma pessoa levaria 4,85 dias para colher 1 ha de girassol, operação que consiste no corte, embandeiramento e recolhimento dos capítulos.

TABELA 6.3. VALORES MÁXIMO E MÍNIMO DE DEMANDA DE MÃO-DE-OBRA, CUSTO OPERACIONAL EFETIVO E CUSTO OPERACIONAL TOTAL OBTIDOS PARA AS MODALIDADES DE MECANIZAÇÃO TRAÇÃO ANIMAL, INTERMEDIÁRIO E TOTALMENTE MECANIZADO, SAFRAS 2007 E 2008.

	Modalidade de Mecanização					
	Tração Animal		Intermediário		Totalmente Mecanizado	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Demanda de mão-de-obra (h.ha ⁻¹)	92,87	104,50	38,30	73,30	4,00	5,50
Custo operacional efetivo (R\$.ha ⁻¹)	378,26	510,92	388,73	633,76	659,89	825,64
Custo operacional total (R\$.ha ⁻¹)	450,61	594,22	435,62	720,83	738,83	942,70

Na análise da demanda de mão-de-obra, é importante considerar não apenas a quantidade, mas também a sua distribuição ao longo do ano. Na modalidade Tração Animal, ocorrem dois picos de utilização da mão-de-obra (Figura 6.2). O primeiro ocorre em julho, para o preparo do solo, demandando, em média, 34,0 h.ha⁻¹. O segundo pico ocorre na colheita. Entre essas duas operações, a mais crítica é a colheita, pois esta é realizada em uma época em que há competição por esse recurso para atividades como colheita do feijão e colheita do fumo (ARAÚJO, 1990). Apesar da alta demanda de mão-de-obra para o preparo do solo, no período em que este é realizado, há disponibilidade desse fator. No outro extremo, a modalidade Totalmente

Mecanizado demanda entre 4,0 a 5,5 h.ha⁻¹. Desse total, 1,42 h.ha⁻¹ é utilizada para a operação de colheita.

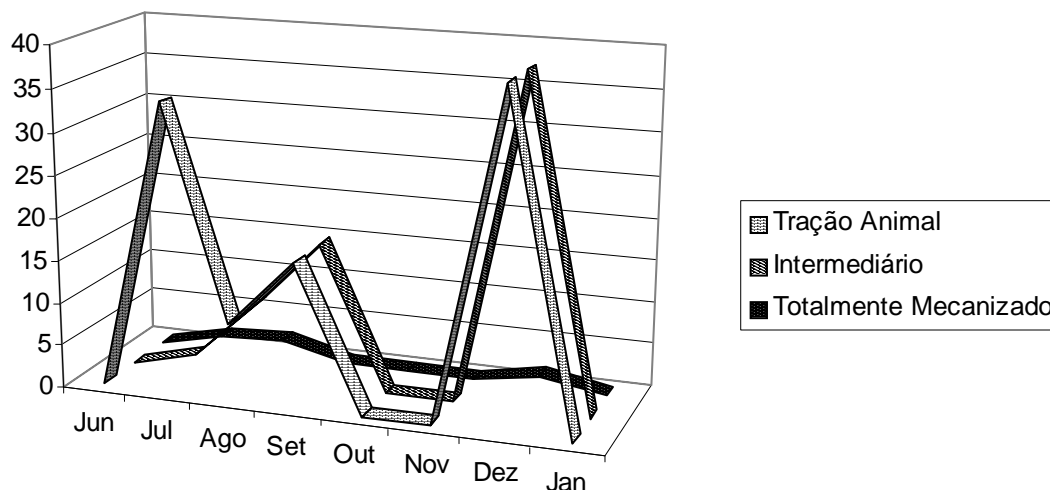


FIGURA 6.2. DISTRIBUIÇÃO DO USO DA MÃO-DE-OBRA PARA O CULTIVO DE 1 HECTARE DE GIRASSOL, NAS MODALIDADES TRAÇÃO ANIMAL, INTERMEDIÁRIO E TOTALMENTE MECANIZADO. MÉDIAS DAS SAFRAS DE 2007 E 2008.

O custo operacional total variou entre R\$ 451 para a modalidade Tração Animal, e R\$ 943, para a modalidade Totalmente Mecanizado (Tabela 6.3). Em Santa Catarina, Borsuk (2008) avaliou os custos relativos ao cultivo do girassol na safrinha em 2007, implantada e conduzida por meio de operações motomecanizadas e com colheita manual (equivalente à modalidade Intermediário), por uma cooperativa de agricultores familiares. Para a produção de 1 hectare de girassol, o custo operacional total variou de R\$ 502 a R\$ 610. No presente trabalho, para esta modalidade, obteve-se valores de custo operacional total entre R\$ 436 e R\$ 721.

Para um sistema totalmente mecanizado de implantação e condução da cultura do girassol no Mato Grosso do Sul, Richetti (2006) estimou um custo operacional efetivo de R\$ 610. Para a safra de 2008, Richetti (2008) estimou um custo operacional total de R\$ 737.ha⁻¹. Conforme relatos apresentados na XII Reunião Nacional de Pesquisa em Girassol (ALMEIDA, 2009), na safrinha de 2008 o custo variável para a produção de 1 ha de girassol no Estado de Goiás situou-se entre R\$ 600 e R\$ 926, e no Estado do Mato Grosso, entre R\$ 525 e R\$ 680.

No Rio Grande do Sul, em sistemas de produção familiar, Dornelles e Sampaio (2009)

determinaram um custo total de produção de R\$ 1158.ha⁻¹ na safra 2008. Nesse último caso, os altos valores obtidos foram devidos à alta dos preços nos fertilizantes em 2008, principalmente quando os insumos foram adquiridos no início da safra agrícola. Resguardadas as diferenças relacionadas à alta dos preços dos fertilizantes ocorrida em 2008, os valores determinados no presente trabalho estão próximos dos obtidos por outros autores.

O custo com fertilizantes foi o item mais importante na composição do custo operacional efetivo. Por outro lado, o custo com operações agrícolas tornou-se importante na modalidade Totalmente Mecanizado, devido ao alto custo da colheita, proveniente de serviços de terceiros. Nesta modalidade de mecanização, o custo da colheita correspondeu a 71% do custo total das operações agrícolas (Figura 6.3).

Dentre os fatores que compõem o custo operacional efetivo, o custo com agrotóxicos e o custo com sementes apresentaram menor participação percentual (Tabela 6.4). O uso de agrotóxicos resumiu-se ao tratamento da semente com inseticida, pois não houve ocorrência de outras pragas. Além disso, o uso de fungicidas não é preconizado para o controle das principais doenças, sendo este feito principalmente através do manejo cultural (LEITE, 2005).

O custo com sementes foi o item com a segunda menor participação percentual no custo operacional efetivo, variando de R\$ 20,19 para as variedades de polinização aberta (CATISSOL e BRS 122) a R\$ 93,30 para o híbrido Helio 250 (Tabela 6.4).

TABELA 6.4. VALORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DE PARTICIPAÇÃO DOS FATORES NO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO PARA AS MODALIDADES DE MECANIZAÇÃO TRAÇÃO ANIMAL, INTERMEDIÁRIO E TOTALMENTE MECANIZADO, SAFRAS 2007 E 2008.

Modalidade de Mecanização		Participação dos fatores no custo operacional efetivo							
		Agrotóxicos		Sementes		Fertilizantes		Operações	
		(R\$.ha ⁻¹)	(%)	(R\$.ha ⁻¹)	(%)	(R\$.ha ⁻¹)	(%)	(R\$.ha ⁻¹)	(%)
Tração animal	Mín.	10,00	2,67	20,19	5,39	323,78	86,45	20,58	5,49
	Máx.	11,40	1,94	93,30	15,86	427,46	72,68	55,94	9,51
Intermediário	Mín.	10,00	3,07	20,19	6,19	234,06	71,79	61,77	18,95
	Máx.	11,40	1,71	93,30	13,96	427,46	63,98	135,98	20,35
Tot. Mecanizado	Mín.	10,00	1,63	20,19	3,3	290,39	47,47	291,18	47,6
	Máx.	11,40	1,25	93,30	10,21	426,48	46,69	382,33	41,85

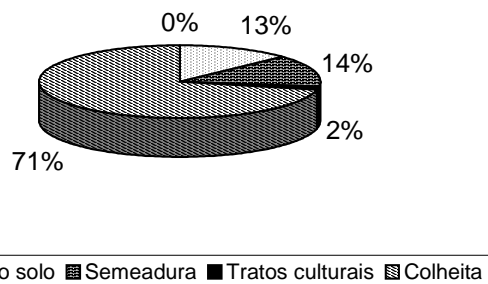


FIGURA 6.3. PARTICIPAÇÃO DE CADA OPERAÇÃO NO CUSTO TOTAL COM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS PARA O SISTEMA TOTALMENTE MECANIZADO.

6.5.2. Relações entre variáveis de desempenho econômico

Da matriz de correlação, foram selecionadas três componentes principais, as quais explicam 89,74% da variância total do dados (Tabela 6.5).

TABELA 6.5. PORCENTAGEM TOTAL DA VARIÂNCIA E VARIÂNCIA ACUMULADA OBTIDAS A PARTIR DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS ORIGINAIS, SAFRAS 2007 E 2008.

	Componentes Principais		
	F1	F2	F3
Porcentagem da variância total	41,53	28,56	19,65
Variância acumulada (%)	41,53	70,09	89,74

A Tabela 6.6 indica que a componente F1 está positivamente correlacionada com o custo com as operações agrícolas ($r=0,94$) e negativamente correlacionada com a demanda de mão-de-obra ($r=-0,88$). Esta componente será denominada “intensidade de uso de mecanização”.

A componente F2 está negativamente correlacionada com o custo com fertilizantes ($r=-0,81$), positivamente correlacionada com o rendimento de aquênios ($r=0,66$) e é a que mais explica a variabilidade dos valores de margem bruta ($r=0,77$). Esta componente será denominada “margem bruta”. Como as componentes principais são ortogonais e portanto, não correlacionadas, conclui-se que a variabilidade das margens brutas não é explicada pela variabilidade na intensidade de uso de mecanização (componente principal F1).

A componente F3 está positivamente correlacionada com o custo com sementes ($r=0,94$).

Da mesma forma, a Análise de Componentes Principais mostra que a variabilidade nas margens brutas não é explicada pela variabilidade no custo com sementes.

TABELA 6.6. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS ORIGINAIS E AS COMPONENTES PRINCIPAIS, SAFRAS 2007 E 2008

	Componentes Principais		
	F1	F2	F3
Custo com fertilizantes (R\$.ha ⁻¹)	-0,27	-0,81	0,30
Custo com sementes (R\$.ha ⁻¹)	0,03	0,32	0,94
Custo com operações (R\$.ha ⁻¹)	0,94	-0,26	0,06
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	0,58	0,66	-0,05
Demanda de mão-de-obra (h.ha ⁻¹)	-0,88	0,42	-0,02
Margem bruta (R\$.ha ⁻¹)	0,10	0,77	-0,37

A distribuição das observações no eixo F1-F2, os quais respondem por 70,09% da variância total dos dados, é apresentada na Figura 6.4. Por meio da Análise de Cluster, as 26 situações foram agrupadas em quatro classes, delimitadas conforme ilustrado na Figura 6.4 e descritas na Tabela 6.7.

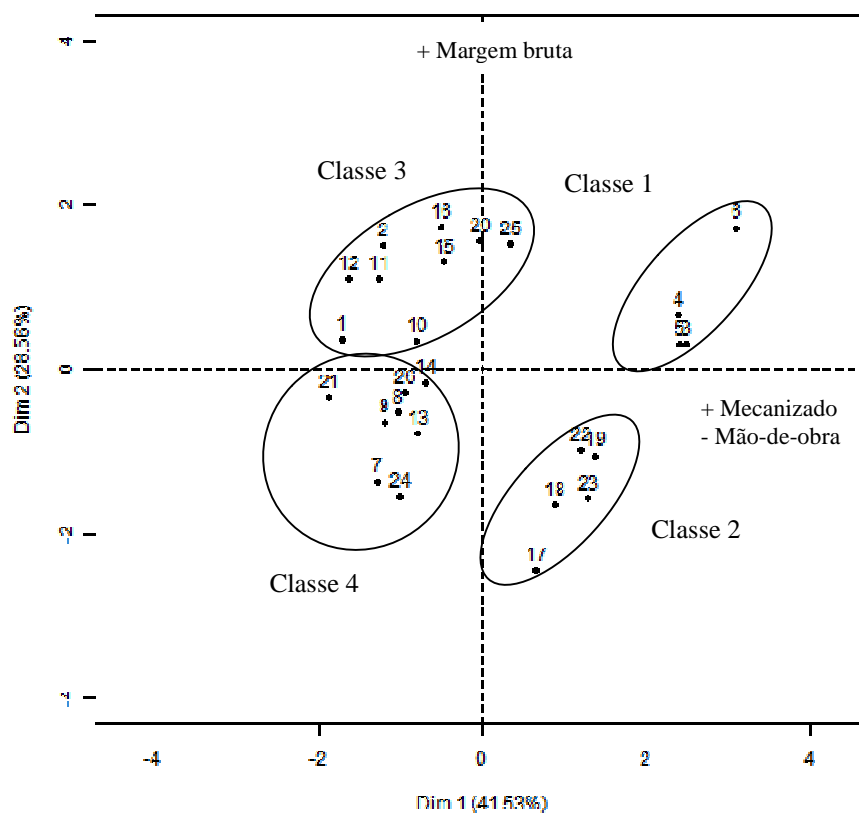


FIGURA 6.4. DISTRIBUIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES NO ESPAÇO F1 (INTENSIDADE DE USO DE MECANIZAÇÃO) – F2 (MARGEM BRUTA)

A Classe 1 apresenta o segundo maior valor de margem bruta (média de R\$ 553.ha⁻¹), o menor custo com fertilizantes (R\$ 307.ha⁻¹) e o maior rendimento de aquênios (média de 2044 kg.ha⁻¹). É constituída em 100% por sistemas da modalidade Totalmente Mecanizado.

A Classe 2 apresenta a menor margem bruta (R\$ 180.ha⁻¹) e é constituída pelas situações com alta intensidade de uso de mecanização, sendo todas as situações pertencentes à modalidade Totalmente Mecanizado. O rendimento de aquênios desta classe foi de 1324 kg.ha⁻¹.

A Classe 3 é constituída pelas situações com baixa a média intensidade de uso de mecanização em sua maior parte. Apresentou o maior valor de margem bruta (R\$ 636.ha⁻¹) e rendimento médio de 1602 kg.ha⁻¹.

A Classe 4 é constituída pelas situações com baixas margens brutas e média intensidade de uso de mecanização, na qual predominam os baixos rendimentos.

TABELA 6.7. DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE DESEMPENHO ECONÔMICO SEGUNDO A ANÁLISE DE CLUSTER, SAFRAS 2007 E 2008.

Variáveis	Classe			
	1	2	3	4
Custo com fertilizantes (R\$.ha ⁻¹)	307,09	394,23	307,02	384,50
Custo com operações (R\$.ha ⁻¹)	370,05	297,13	65,66	92,21
Rendimento de aquênios (kg.ha ⁻¹)	2044,30	1323,95	1602,00	1211,84
Demanda de mão-de-obra (h.ha ⁻¹)	4,75	4,16	81,43	62,36
Margem bruta (R\$.ha ⁻¹)	552,88	180,28	635,96	288,49

Comparando-se as Classes 1 e 2, verifica-se que, no sistema Totalmente Mecanizado, as altas margens brutas foram condicionadas aos altos rendimentos e ao menor custo com fertilizantes. Porém, verifica-se que na Classe 3, também foi possível auferir altas margens brutas em situações de média produtividade, com a condição de baixo custo com fertilizantes e com as operações agrícolas. Entretanto, a demanda de mão-de-obra nesse sistema é alta, podendo haver competição por esse recurso para a colheita do girassol e a colheita de outras culturas como feijão e fumo. Portanto, mesmo considerando-se a possibilidade de maiores margens brutas em situações de médios níveis de produtividade, a mecanização da colheita, sem que esta incorra em custos elevados aos agricultores é um aspecto a ser considerado no estudo de opções tecnológicas que viabilizem a cultura do girassol em sistemas de produção com baixo uso de capital.

6.6. CONCLUSÕES

A variabilidade nas margens brutas esteve positivamente correlacionada com o rendimento de aquênios e negativamente correlacionada com o custo com fertilizantes, e não esteve correlacionada com o custo com sementes.

As 26 situações culturais implantadas durante as safras de 2007 e 2008 foram agrupadas em quatro classes de desempenho econômico, discriminadas segundo os valores médios de margem bruta e segundo a intensidade de uso de mecanização.

As classes com menores margens brutas apresentaram os maiores custos com fertilizantes e os menores rendimentos de aquênios. Dentre estas, a Classe 2, constituída por sistemas com colheita mecanizada, apresentou margem bruta de R\$ 180.ha⁻¹ e a Classe 4, constituída por sistemas com colheita manual, apresentou margem bruta de R\$ 288.ha⁻¹.

As classes com maiores margens brutas apresentaram os menores custos com fertilizantes e altos a médios rendimentos de aquênios. Dentre as classes com maiores margens brutas, a Classe 1, constituída por sistemas com colheita mecanizada, apresentou margem bruta de R\$ 553.ha⁻¹ e a Classe 3, constituída pelos sistemas com colheita manual, apresentou margem bruta de R\$ 695.ha⁻¹. Entretanto, apesar dos valores de margem bruta relativamente altos nesta última classe, a alta demanda de mão-de-obra para a colheita manual (38,8 h.ha⁻¹) constitui-se em fator restritivo em função da competição com outras atividades na mesma época, como a colheita do feijão e do fumo.

6.7. REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, supl. especial, p. 260-268, 2008.

ARAUJO, A. G. Definindo prioridades para a pesquisa em máquinas e mecanização agrícola adaptadas aos sistemas predominantes do centro-sul do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBEA, 1990. p.631-43.

BENASSI, D. A. **Percepção e uso dos solos: o caso dos agricultores familiares da região centro-sul do Paraná**. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BRASIL. **Instrução Normativa de 5 de julho de 2005**. Dispõe sobre os procedimentos e critérios relativos à concessão de uso do Selo Combustível Social. Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/Minuta1.pdf>. Acesso em: 10/10/2009.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 163-210.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 317-373.

DORNELLES, M. A.; SAMPAIO, N. Avaliação do girassol na propriedade de tabaco como diversificação. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO GIRASSOL, 18.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 6., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

LAZZAROTTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 500-546.

LEITE, R. M. V. B. C. Manejo de doenças do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 500-546.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

MUZILLI, O. et al. Análise de solos: interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. **IAPAR: Circular**, Londrina, n. 9, p. 1-49, 1978.

OLEYNIK, J. et al. Análises de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. 3. ed. **EMATER: Informe Técnico**, Curitiba, n. 31, p. 1-65, 1995.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V. Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa. **EMBRAPA: Documentos**, Londrina n. 237, p. 1-27, 2004.

RADOMSKI, M. I. et al. Caracterização Regional. In : AHRENS, D. C. (Coord.). Rede de propriedades familiares agroecológicas : uma abordagem sistêmica no Centro-Sul do Paraná. **IAPAR: Boletim Técnico**, Londrina, n. 68, p.15-39, nov. 2006.

RIBEIRO, M. F. S. et al. Do smallholders in Southern Brazil practice Conservation Agriculture as recommended or as suits them? Preliminary evidence from Central-Southern Parana, Brazil. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 3., 2005, Nairobi. **Proceedings...** Nairobi: African Conservation Tillage Network , 2005. 1 CD-ROM.

RICHETTI, A. Estimativa de custo de produção de girassol em Mato Grosso do Sul, safra 2008 **EMBRAPA Agropecuária Oeste: Comunicado Técnico**, Dourados, n. 142, página 1-2, mar. 2008.

RICHETTI, A. Estimativa do custo de produção de girassol em Mato Grosso do Sul, safra 2007. **EMBRAPA Agropecuária Oeste: Comunicado Técnico**, Dourados, n. 130, página 1-2, dez. 2006.

SANTOS, A. X. et al. Torta de girassol na dieta de vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA, C. A. Produção de biodiesel a partir de óleo bruto de girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BODIESEL, 2., 2005, Varginha. **Anais...** Varginha: UFLA, 2005. 1 CD-ROM.

SOARES JUNIOR, D.; SALDANHA, A. N. K. Indicadores econômicos propostos para a análise de sistemas de produção e propriedades agropecuárias trabalhadas nas Redes de Referências para a Agricultura Familiar. In: SEMINÁRIO ESTADUAL DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5.; SEMINÁRIO SUL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 1. Itajaí: Associação Brasileira de Administração Rural, 2000. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/a_indic_econo.pdf. Acesso em: 20/04/2010.

TELLES, M. M. **Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol e estabilidade de óleo bruto**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TILLMANN, C. A. C. et al. Análise dos parâmetros de qualidade através das curvas de destilação do B100 a partir do óleo vegetal de girassol. In: Simpósio Estadual de Agroenergia. **Anais...**Pelotas, RS: EMBRAPA, 2007.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com o presente trabalho evidenciaram uma grande variabilidade no desempenho agrônomo e econômico da cultura do girassol, implantada nas condições edafoclimáticas e sócio-econômicas dos sistemas de produção familiar do sudeste paranaense. O uso combinado das diversas técnicas de diagnóstico agrônomo permitiu explorar e compreender essa variabilidade, no sentido de identificar e hierarquizar as variáveis de ordem edafoclimática e de manejo da cultura correlacionadas ao desempenho agrônomo, e as variáveis de ordem sócio-econômica correlacionados ao desempenho econômico.

O rendimento de aquênios variou entre 1995 kg.ha⁻¹ e 961 kg.ha⁻¹, estando os valores máximos próximos aos obtidos em ensaios em parcelas experimentais conduzidos na mesma região de abrangência deste trabalho. Verificou-se, através da Análise de Componentes Principais, que os rendimentos estiveram correlacionados à deficiência hídrica e aos teores de B, Ca e P no tecido foliar. A ocorrência de deficiência hídrica mostrou-se central no presente trabalho, uma vez esta condiciona não apenas os processos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos da planta, mas também a absorção de nutrientes. Este último aspecto ficou evidenciado pelos resultados da análise de tecido foliar, os quais indicaram deficiência nos referidos nutrientes, mesmo realizando-se a adubação em todas as áreas.

Por outro lado, o aprofundamento radicular, que constitui-se em um dos mecanismos mais importantes que permitem ao girassol expressar o seu potencial em adaptar-se a períodos de seca, foi limitado pela alta saturação por alumínio na camada subsuperficial, conforme mostraram os resultados das análises de solo. Os resultados da análise de sensibilidade, realizada com o uso do módulo de balanço hídrico Bhcult, indicaram que, a partir de uma profundidade do sistema radicular pivotante de 0,6 m, não haveria ocorrido estresse hídrico na cultura, em nenhum dos subperíodos críticos à elaboração do rendimento. Assim, o manejo do solo visando a eliminação do alumínio em subsuperfície, parece ser uma opção tecnológica prioritária para estudos posteriores na região. Obviamente, o favorecimento do aprofundamento radicular é importante para todas as culturas, porém para a cultura do girassol este aspecto reveste-se de maior importância, visto a sua capacidade diferenciada de aprofundamento do sistema radicular e o padrão de extração da água disponível no solo em profundidade, que é diferente de outras

culturas como a soja e o milho, conforme constatado por autores citados neste estudo.

As principais implicações econômicas referem-se ao custo de produção, às margens brutas e aos impactos da inclusão da cultura no calendário de uso da mão-de-obra. A colheita manual do girassol demanda uma quantidade considerável de mão-de-obra e coincide com a colheita de outras culturas importantes na região, como feijão e fumo. Por outro lado, a colheita mecanizada proveniente de serviços de terceiros tem custo alto, justificando-se apenas em situações com altos rendimentos. Dessa forma, necessita-se de opções de colheita mecanizada que incorram em menores custos aos agricultores.

Os resultados indicam que é possível a inserção da cultura do girassol em sistemas de culturas praticados pelos agricultores familiares do sudeste paranaense, porém esta iria substituir a cultura principal na safra das águas, tendo em vista que a colheita geralmente estende-se até o final de dezembro. Dessa forma, a cultura do girassol iria ocupar o lugar das culturas de feijão, milho e soja. Entretanto, devido ao seu ciclo relativamente mais curto em relação às culturas de milho e soja, após a colheita do girassol, seria possível o cultivo do feijão na safrinha ou do milheto em sucessão. É importante destacar que as secas frequentes têm desestimulado os agricultores no cultivo do feijão na safra das águas. Portanto, essa opção merece estudos posteriores, em vista também da alta ciclagem de nutrientes, sobretudo de potássio e cálcio, promovida por esta oleaginosa.

Mesmo constatando-de a possibilidade de obtenção de margens brutas de até R\$ 635,96.ha⁻¹, necessita-se de estudos econômicos que verifiquem a atratividade da cultura do girassol com relação às culturas praticadas pelos agricultores.

Ainda no aspecto econômico, ressalta-se que a presente tese apresenta apenas uma das opções de comercialização da produção, sendo necessários estudos que contemplem a agregação de valor e as possibilidades alternativas de utilização e comercialização do óleo e dos co-produtos, como o uso para alimentação humana, e o uso da torta na alimentação animal.

ANEXOS

ANEXO 1. Descrição dos estádios fenológicos da cultura do girassol (CASTRO e FARIAS, 2005).

Período vegetativo: tem início com a emergência das plântulas e termina com o início do aparecimento do botão floral. Após a emergência, os estádios são definidos em função do número de folhas:

- VE (emergência): o hipocótilo se eleva e os cotilédones emergem na superfície do solo, finalizano com o primeiro par de folhas verdadeiras menores que 4 cm de comprimento.
- V (N): caracteriza-se pelo aparecimento de folhas verdadeiras e pode ser definido pelo número de folhas, com o mínimo de 4 cm de comprimento, começando com V1, V2, V3, V4, VN. Em caso de senescência foliar, para efeito de contagem e caracterização do estádio, deve-se levar em consideração, também, o número de folhas ausentes.

Período reprodutivo: tem início com o aparecimento do botão floral e termina com a maturação da planta:

- R1: a inflorescência circundada pela bráctea imatura torna-se visível. Nesse momento, olhando a planta de cima, as brácteas imaturas apresentam muitas pontas, parecidas com uma estrela (estádio estrela).
- R2: o internódio imediatamente abaixo da base da inflorescência alonga-se de 0,5 a 2,0 m acima da folha mais próxima da inflorescência., inserida no caule. Algumas plantas podem ter brácteas adventícias na base do capítulo, as quais devem ser desconsideradas na descrição dessa fase.
- R3: o internódio imediatamente abaixo do botão reprodutivo continua a se alongar, distendendo-se mais de 2,0 cm acima da folha mais próxima da inflorescência, inserida no caule.
- R4: A inflorescência começa a abrir. As flores liguladas são visíveis e, frequentemente, amarelas.
- R5: Este estádio caracteriza-se pelo início da antese. As flores liguladas estão completamente expandidas e todo o disco das flores está visível. Este estádio pode ser dividido em sub-estádios, dependendo da área do capítulo, com a fecundação das flores tubulares completas ou em antese. Por exemplo, se 50% das flores do disco estão fecundadas ou em antese, é o estádio R 5.5.
- R6: a antese está completa e as flores liguladas perderam a turgidez e estão murchando. As flores liguladas podem não murchar e a abscisão ocorrer imediatamente.

- R7: o dorso do capítulo torna-se amarelo-claro. O amarelecimento pode iniciar pelo centro do dorso do capítulo, próximo à base do receptáculo ou pelas bordas, adjacente às brácteas.
- R8: o dorso do capítulo torna-se amarelo, porém as brácteas permanecem verdes. Alguns pontos castanhos podem aparecer no dorso do capítulo.
- R9: as brácteas adquirem a coloração entre amarela a castanha. Nesse ponto, grande parte do dorso do capítulo torna-se castanho. Esta fase é, geralmente, considerada como maturação fisiológica.

ANEXO 2. Faixas de interpretação das concentrações de nutrientes nas folhas de girassol coletadas no início do florescimento (CASTRO e OLIVEIRA, 2005)

Nutriente	Baixo	Suficiente ou médio	Alto
	-----g.kg-1-----		
N	<35	35 a 50	>50
P	<2,9	2,9 a 4,5	>4,5
K	<31	31 a 45	>45
Ca	<19	19 a 32	>32
Mg	<5,1	5,1 a 9,4	>9,4
	-----mg.kg-1-----		
B	<35	35 a 80	>80