

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Variabilidade genética, respostas fisiológicas e
morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata**

Raquel Bartz Kneib

Pelotas, 2019

Raquel Bartz Kneib

**Variabilidade genética, respostas fisiológicas e
morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (área de conhecimento: Fitomelhoramento)

Orientadora: Caroline Marques Castro, Dra. – Embrapa Clima Temperado

Coorientador: Arione da Silva Pereira, PhD. – Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

K68v Kneib, Raquel Bartz

Variabilidade genética, respostas fisiológicas e morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata / Raquel Bartz Kneib ; Caroline Marques Castro, orientadora ; Arione da Silva Pereira, coorientador. — Pelotas, 2019.

118 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Solanum tuberosum l.. 2. Caracteres morfoagronômicos. 3. Estresse abiótico. 4. Fenotipagem não invasiva. 5. Temperatura supraótima. I. Castro, Caroline Marques, orient. II. Pereira, Arione da Silva, coorient. III. Título.

CDD : 635.21

Raquel Bartz Kneib

Variabilidade genética, respostas fisiológicas e morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 25 de julho de 2019

Banca Examinadora:

.....
Dra. Caroline Marques Castro (Orientadora)
Doutora em Genética pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

.....
PhD. Antonio Costa de Oliveira
Ph.D. em Genetics pela Purdue University

.....
Dr. Giovani Olegário da Silva
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Dra. Maria do Carmo Bassols Raseira
Doutora em Plant Science pela University of Arkansas

.....
Dra. Cristiane Jovelina da Silva
Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais

Aos meus avós (*in memoriam*)

Dedico

Agradecimentos

A Deus, por sempre guiar meu caminho.

Aos meus pais, Rui e Vivânia, pelo exemplo de vida, apoio e incentivo.

À minha orientadora Caroline Castro, pela confiança na realização deste trabalho. Pela amizade, incentivo e conhecimento transmitido meu muito obrigado.

Ao meu coorientador Arione da Silva Pereira pelos ensinamentos transmitidos e auxílio para que tudo ocorresse da melhor forma possível.

À Embrapa Clima Temperado pela oportunidade e infraestrutura disponibilizada ao desenvolvimento deste trabalho.

À Capes/Embrapa (Edital14/2014) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de formação profissional.

A todos os professores que contribuíram para minha formação.

Ao pesquisador Dr. Giovani Greigh de Brito por todo auxílio, conhecimento compartilhado e dúvidas esclarecidas

Ao Janni André Haerter pelo auxílio durante as avaliações dos experimentos.

Ao professor Dr. Maicon Nardino pelo auxílio nas análises estatísticas com modelos mistos.

Aos colegas e amigos dos Laboratórios de Biologia Molecular e Recursos Genético da Embrapa Clima Temperado pela amizade e momentos de descontração.

A todos da equipe do Programa de Melhoramento Genético da Batata, pela amizade e pela colaboração prestada.

Aos meus irmãos Ricardo e Roberta, pelo incentivo e apoio durante essa etapa da minha formação.

Ao meu noivo, Marcio pela compreensão.

Aos familiares e aos amigos que sempre acreditaram em mim e me motivaram a seguir em frente

Enfim, a todos aqueles que acreditaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

KNEIB, Raquel Bartz. **Variabilidade genética, respostas fisiológicas e morfoagronômicas para tolerância ao calor em batata**. 2019. 118f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A batata é o terceiro principal cultivo para alimentação humana no mundo. É uma cultura originária dos Andes e é extremamente sensível ao aumento da temperatura. O calor é considerado o principal fator incontrollável que afeta a produtividade em um cultivo de batata. Frente ao cenário de mudanças climáticas, estudos das características relacionadas à tolerância à alta temperatura são primordiais para que os programas de melhoramento genético avancem no desenvolvimento de cultivares que atendam à crescente demanda por germoplasma mais adaptado ao estresse de calor. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da alta temperatura em genótipos que compõem a base genética do programa de melhoramento de batata da Embrapa, quanto às respostas fisiológicas e morfoagronômicas, e relaciona-las ao desempenho de genótipos contrastantes quanto à tolerância ao calor. Para isto foram desenvolvidos três estudos. O primeiro capítulo compreende um estudo do efeito da temperatura supraótima no estágio de início de tuberização, bem como em caracteres morfofisiológicos associados à produção de tubérculos. Genótipos de batata foram cultivados, desde o plantio, até o final do ciclo, em câmaras de crescimento, com fotoperíodo de 12 horas, sob duas condições de temperatura: controle (14-27°C) e supraótima (24-34°C). Como resultado deste primeiro capítulo pode-se observar que a temperatura não influenciou no início do estágio de tuberização, mas prolongou o período para a emergência, reduziu o número de plantas que atingiram o estágio de emergência, além de reduzir a produção de tubérculos e aumentar a ocorrência de tubérculos embonecados. O segundo capítulo aborda a utilização de metodologias de fenotipagem não invasiva como ferramenta na seleção de genótipos de batata tolerantes à temperatura supraótima. Alterações nos parâmetros de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila possibilitaram distinguir os genótipos com diferentes níveis de tolerância ao calor, resultando na identificação de uma metodologia para a avaliação rápida, e não destrutiva, do germoplasma de batata para, indiretamente, selecionar genótipos contrastantes quanto à tolerância ao calor. O terceiro capítulo aborda a caracterização de 18 genótipos de batata quanto às respostas fisiológicas e morfoagronômicas associadas à tolerância à temperatura supraótima. O germoplasma apresentou grande variabilidade quando exposto ao estresse de calor. A temperatura supraótima causou alterações em variáveis morfoagronômicas e fisiológicas, sendo que os genótipos que apresentaram as melhores respostas na condição supraótima foram os mesmos identificados como superiores na condição controle. Os resultados obtidos neste trabalho servirão de base para direcionar estudos futuros no melhoramento genético de batata visando a oferta de cultivares que contribuirão para mitigar os efeitos adversos do aquecimento global.

Palavras chave: *Solanum tuberosum* L.; caracteres morfoagronômicos; estresse abiótico; fenotipagem não invasiva; temperatura supraótima;

Abstract

KNEIB, Raquel Bartz. **Genetic variability, physiological and morphoagronomic responses to heat tolerance in potato**. 2019. 119p. Thesis (Doctorate) – Post-Graduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Potato is the third main crop for human consumption in the world. It is originated in the Andes and is extremely sensitive to increased temperature. Heat stress is considered the main uncontrollable factor affecting potato yield. With the climate change scenario, studies aiming to understand the traits related to heat tolerance are essential to the progress in the development of potato cultivars to attend the growing demand for germplasm more adapted this stress. The objective of this study was to evaluate the effect of high temperature on genotypes that compose the genetic basis of the Embrapa potato breeding program. Physiological and morphoagronomic parameters were analyzed. Three studies were developed. The first chapter comprises a study of the effect of supra-optimal temperature on the tuber initiation stage, as well as, on morphophysiological characters associated with tuber yield. Potato genotypes were cultivated during whole cycle in growth chambers, in a 12-hour photoperiod, under two temperature conditions: control (14-27°C) and supra-optimal (24-34°C). As a result, it was observed that the temperature did not influence the induction to the tuber initiation stage. However, it extended the period for plant emergence, reduced the number of plants that reached the emergency stage, as well as reduced tuber yield and quality. The second chapter deals with the use of non-invasive phenotyping methodologies as a tool in the selection of potato genotypes tolerant to supra-optimal temperature exposure. Changes in gaseous exchange and chlorophyll fluorescence parameters allowed distinguishing genotypes with different levels of heat tolerance. A methodology for a rapid and non-destructive selection of potato germplasm with heat tolerance was established. In the third chapter, 18 potato genotypes were exposed to optimal and supra-optimal temperatures. The germplasm was characterized based on physiological and morphoagronomic traits. Great variability was identified in the germplasm exposed to heat stress. The supra-optimal temperature caused changes in morphoagronomic and physiological traits. The genotypes with the best responses in the supra-optimal condition were the same ones identified as superior in the control condition. The results obtained in this work will contribute in the definition of future studies aiming to develop potato germplasm more adapted to the adverse effects of global warming.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; morphoagronomic characters; abiotic stress; noninvasive phenotyping; supra-optimal temperature.

Lista de Figuras

Capítulo I - Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: início de tuberização.

Figura 1	Estrutura utilizada para de cultivo das plantas de batata nas condições de temperatura controle e supraótima: emergência do broto de tubérculo sob tela anti-afídeo (A) e disposição dos sacos plástico em caixa (B).....	21
Figura 2	Rendimento quântico fotoquímico efetivo do FS II (Y(II)) aos 60 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	31
Figura 3	Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle (1) e na condição de temperatura supraótima (2): Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberização após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberização após a emergência (DITE), número de plantas (NP), estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA), ciclo vegetativo (CICLO), porcentagem de plantas que tuberizaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT), porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS), taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E). Barra de cores indica a magnitude da correlação.....	36

Capítulo II – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: desenvolvimento de protocolo não invasivo.

Figura 1	Taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A) em 10 genótipos de batata avaliadas nas condições de temperatura controle e supraótima aos 53 dias após o plantio e 17 dias após o início do tratamento.....	47
----------	---	----

Capítulo III – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: predição de valor genotípico

Figura 1	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima.....	65
Figura 2	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável condutância estomática (gs), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima.....	67
Figura 3	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável taxa de transpiração (E), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35	

	(D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima.....	69
Figura 4	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para o parâmetro eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima.....	71
Figura 5	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima.....	73
Figura 6	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável Índice de clorofila, com média de 28,69 na condição de temperatura controle e de 30,93 na condição de temperatura supraótima.....	74
Figura 7	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável ciclo, com média de nota de avaliação de 2,15 na condição de temperatura controle e de 3,16 na condição de temperatura supraótima em uma escala de 1 a 5.....	75
Figura 8	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável número de hastes (NH), com média de 2,38 hastes por planta na condição de temperatura controle e de 2,27 hastes por planta na condição de temperatura supraótima.....	75
Figura 9	Valores genotípicos preditos em 15 genótipos de batata para a variável Área foliar (AF), com média de 0,29m ² na condição de temperatura controle e de 0,17m ² na condição de temperatura supraótima.....	76
Figura 10	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável número total de tubérculos (NTT), com média de 12,02 tubérculos por planta na condição de temperatura controle e de 8,93 tubérculos por planta na condição de temperatura supraótima.....	76
Figura 11	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa total de tubérculos (MTT), com média de 240,65g de tubérculos por planta na condição de temperatura controle e de 113,25g de tubérculos por planta na condição de temperatura supraótima.....	77
Figura 12	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa média de tubérculos (MMT), com média de 24,15g por tubérculo na condição de temperatura controle e de 18,20g por tubérculo na condição de temperatura supraótima.....	77
Figura 13	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável teor de matéria seca (MS), com média de 21,89% na condição de temperatura controle e de 17,99% na condição de temperatura supraótima.....	78
Figura 14	Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), com média de 14,66g de MSPA por planta na condição de temperatura controle e de 13,09g de MSPA por planta na condição de temperatura supraótima.....	78

- Figura 15 Dispersão de 18 genótipos de batata pela análise de componentes principais na condição de temperatura controle (A) e supraótima (B) para as variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). 83
- Figura 16 Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle (A) e na condição de temperatura supraótima (B): massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), área foliar (AF), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). Barra de cores indica a magnitude da correlação. 86

Lista de Tabelas

Capítulo I - Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: início de tuberização.

Tabela 1	Identificação, genealogia e país de origem dos 11 genótipos de batata avaliados quanto ao início de tuberização sob condição de temperatura supraótima.....	20
Tabela 2	Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima durante o desenvolvimento das plantas.....	21
Tabela 3	Nível mínimo de significância das fontes de variação do experimento genótipo (Gen), temperatura (Temp) e interação genótipo x temperatura (Gen x Temp) para as variáveis: Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberização após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberização após a emergência (DITE), número de plantas por parcela (NP), estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA), ciclo vegetativo (CICLO), porcentagem de plantas estabelecidas que tuberizaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT), porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	25
Tabela 4	Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberização após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberização após a emergência (DITE), número de plantas por parcela (NP), avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	26
Tabela 5	Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA) e ciclo vegetativo (CICLO) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	28
Tabela 6	Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: porcentagem de plantas que tuberizaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	29
Tabela 7	Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	30
Tabela 8	Nível mínimo de significância das fontes de variação do experimento genótipo (Gen), temperatura (Temp) e interação genótipo x temperatura (Gen x Temp) para as variáveis: Taxa de	

	assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) avaliadas aos 62 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	32
Tabela 9	Valores médios para as variáveis: Taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) avaliadas aos 62 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima.....	33

Capítulo II – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: desenvolvimento de protocolo não invasivo.

Tabela 1	Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima durante o desenvolvimento das plantas.....	44
Tabela 2	Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	48
Tabela 3	Médias para taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	48
Tabela 4	Resumo da análise de variância para as variáveis: eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) e rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	49
Tabela 5	Médias para eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) e rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)) em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	50
Tabela 6	Resumo da análise de variância para as variáveis: ciclo de desenvolvimento vegetativo (Ciclo), massa seca da parte aérea (MSPA), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (%MS) e número de tubérculos embonecados (NTE), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	50
Tabela 7	Médias para ciclo de desenvolvimento vegetativo (Ciclo), massa seca da parte aérea (MSPA), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (%MS) e número de tubérculos embonecados (NTE), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima.....	52

Capítulo III – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: predição de valor genotípico

Tabela 1	Identificação, genealogia e país de origem dos 18 genótipos de batata avaliados quanto a resposta a temperatura supraótima.....	58
Tabela 2	Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima durante o desenvolvimento das plantas.....	59
Tabela 3	Redução relativa (RR%) de 18 genótipos de batata para as variáveis morfoagronômicas e fisiológicas avaliadas.....	80
Tabela 4	Valores de autovetores de 27 variáveis avaliadas na condição de temperatura controle e supraótima. CP1= primeiro componente principal; CP2= segundo componente principal.....	84

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. CAPÍTULO I - Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: início de tuberização.	18
2.1 Introdução.....	18
2.2 Material e Métodos	20
2.3 Resultados.....	25
2.4 Discussão	37
2.5 Conclusões.....	41
3. CAPÍTULO II – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: desenvolvimento de protocolo não invasivo	42
3.1 Introdução.....	42
3.2 Material e Métodos	43
3.3 Resultados.....	47
3.4 Discussão	53
3.5 Conclusões.....	55
4. CAPÍTULO III – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: predição de valor genotípico.....	56
4.1 Introdução.....	56
4.2 Material e Métodos	58
4.3 Resultados.....	64
4.4 Discussão	87
4.5 Conclusões.....	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICES	104

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um alimento básico em todo o mundo. Além de ser cultivada em todos os continentes, exceto na Antártida, é capaz de fornecer mais carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas por unidade de área e tempo que outras culturas alimentares, o que a torna fundamental para a segurança alimentar global. Atualmente é a terceira cultura alimentar mais importante, em termos de consumo humano, ficando atrás apenas do arroz (*Oryza sativa*) e do trigo (*Triticum* spp.) (HAMEED et al., 2018; TANG et al., 2018).

A produção mundial foi estimada em 388 milhões de toneladas em 2017, sendo a China o principal produtor mundial, com quase 100 milhões de toneladas, seguida pela Índia e Rússia. O Brasil ocupa a vigésima segunda posição em produção com 3,7 milhões de toneladas por ano (FAOSTAT, 2019). Em 2018, a produção de batata no Brasil foi superior a 3,8 milhões de toneladas sendo os principais estados produtores Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (IBGE, 2017).

As cultivares mais plantadas no Brasil são, em sua grande maioria, oriundas da Europa e, quando cultivadas em condições subtropicais e tropicais do país, apresentam um período vegetativo menor e, por conseguinte, têm uma menor produção de fotossintetizados, resultando em menor produtividade (SILVA et al., 2014). A média de produtividade de países como Estados Unidos e Holanda é superior a 46 t ha⁻¹, enquanto, no Brasil essa produtividade é de 31 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019).

Apesar da produção de batata estar aumentando nas últimas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento, a demanda crescente por alimentos devido ao aumento da população, associado a fatores como as mudanças climáticas e a limitação de terras disponíveis para expansão agrícola, desafiam a segurança alimentar global (BADAMI; RAMANKUTTY, 2015; MA et al., 2017; TANG et al., 2018).

O cenário de mudança climática global está submetendo as plantas a estresses abióticos, como o estresse térmico, que pode afetar os processos fisiológicos das plantas, alterando assim seu crescimento, desenvolvimento e produtividade (TANG et al., 2018). O aquecimento global é considerado uma questão séria para os sistemas agrícolas não apenas em regiões tropicais e subtropicais, mas também em regiões de clima temperado (TEIXEIRA et al., 2013).

A produção de batata no Brasil ocorre durante todos os meses do ano nas diferentes regiões de cultivo. Nas regiões tropicais, a safra das águas, com colheita nos meses de dezembro a março, corresponde a 43% do total produzido no Brasil. A safra da seca, colhida nos meses de abril a julho, é responsável por 30% da produção, e a safra de inverno, colhida nos meses de agosto a novembro, apesar da menor produção, 27% do total da produção, apresenta o maior rendimento, 35 t ha⁻¹, devido às temperaturas mais baixas durante os meses de cultivo. Em regiões com clima subtropical, a batata é plantada no outono, de janeiro a março, e na primavera, de julho a setembro (BISOGNIN; STRECK, 2009; GODOY, 2011; IBGE, 2017).

A temperatura atua de diferentes maneiras em cada uma das quatro principais fases de desenvolvimento da cultura da batata. Durante a brotação, baixas temperaturas causam atraso na emergência, devido à redução no metabolismo. Na fase vegetativa, temperaturas mais altas favorecem o desenvolvimento da parte aérea, no entanto, para a terceira fase, que compreende o início de tuberização e crescimento dos tubérculos, à alta temperatura tem efeito negativo, pois além de atrasar ou até inibir a indução da tuberização, o estímulo do desenvolvimento da parte aérea reduz a partição de fotoassimilados para os tubérculos, reduzindo a produtividade. A fase de senescência, última fase, é encurtada pela alta temperatura, havendo menor tempo para o direcionamento dos assimilados produzidos e as reservas da parte aérea para os tubérculos, reduzindo a produtividade da lavoura (BISOGNIN; STRECK, 2009; MENEZES et al., 1999).

O efeito da alta temperatura está relacionado com a intensidade, a duração, e a sensibilidade de cada fase específica de desenvolvimento da planta (WAHID et al., 2007). O impacto negativo das altas temperaturas sobre a produtividade comercial de tubérculos está associado à redução na produção total de tubérculos e no tamanho médio de tubérculos (KIM et al., 2017). A taxa de crescimento dos tubérculos é significativamente reduzida pela alta temperatura devido à inibição da conversão de açúcares em amido (STRUİK, 2007). Uma redução drástica na produção de tubérculos de batata, variando de 3 a 11% a cada aumento de 1 °C na temperatura, foi observada em diferentes locais (FLEISHER et al., 2017; KIM et al., 2017). A temperatura alta pode favorecer o crescimento da parte aérea e o aumento da área foliar, além de prolongar a fase vegetativa, alterando o equilíbrio das relações fonte e dreno devido à força do dreno (LEVY; VEILLEUX, 2007).

Na parte aérea da planta, o estresse térmico leva à redução da produtividade, devido a alterações na estrutura celular e funções de membrana, produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) e danos ao aparato fotossintético (TAIZ et al., 2015). Efeitos adversos foram relatados na fotossíntese, resultando na perda de clorofila e redução da fixação de CO₂ (TRAPERO-MOZOS et al., 2017). Segundo Bisognin e Streck (2009), com o aumento da temperatura em 5°C, acima da temperatura ótima, ocorre uma redução de até 25% da produção de assimilados na fotossíntese líquida.

A compreensão de respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares às temperaturas elevadas pode contribuir para facilitar o desenvolvimento de estratégias de melhoramento, visando obter avanços na seleção de genótipos de batata tolerantes a estas condições (NAVARRO et al., 2011; HANCOCK et al., 2014). Avanços têm sido obtidos pela utilização de análises fisiológicas não destrutivas de características vegetais, como a quantificação do desempenho fotossintético e fluorescência da clorofila *a* (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2013; MURCHIE; LAWSON, 2013). O uso de imagens de fluorescência da clorofila permite observar mudanças no rendimento do fotossistema II permitindo inferências sobre o estado fisiológico da planta em condições de estresse, em poucos segundos (FLOOD et al., 2016; PRINZENBERG et al., 2018).

Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da alta temperatura em genótipos de batata que compõem a base genética do programa de melhoramento de batata da Embrapa, quanto a respostas fisiológicas e morfoagronômicas que associam o desempenho de genótipos com a tolerância ao calor.

Como hipótese tem-se que, a alta temperatura causa alterações em respostas fisiológicas e morfoagronômicas de genótipos de batata que possibilitam identificar genótipos com tolerância ao calor.

A tese foi dividida em três capítulos, o primeiro compreende o efeito da temperatura supraótima no início de tuberização e caracteres morfofisiológicos associados. O segundo capítulo aborda a utilização de metodologias de fenotipagem não invasiva como ferramenta na seleção de genótipos de batata tolerantes à temperatura supraótima. E o terceiro capítulo, trata-se de uma caracterização de genótipos de batata quanto a respostas fisiológicas e morfoagronômicas associadas à tolerância à temperatura supraótima.

2. CAPÍTULO I - Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: início de tuberização.

2.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum*) se caracteriza pela formação de caules subterrâneos modificados denominados de estolões. O acúmulo de substâncias de reserva na extremidade do estolão promove o aumento do volume, formando os tubérculos. Esses órgãos são de extrema importância, pois são utilizados tanto para propagação vegetativa da cultura, quanto para o consumo (BEUKEMA; VAN DER ZAAG, 1979; FORTES; PEREIRA, 2003). O tubérculo é considerado uma excelente fonte energética, devido ao seu alto teor de carboidratos. Em termos de consumo humano, fica atrás somente do trigo, do arroz e do milho (MALDONADE; CARVALHO; FERREIRA, 2013).

O ciclo de desenvolvimento da cultura da batata é dividido em quatro fases, que compreendem: brotação dos tubérculos e germinação; vegetativa; tuberização e crescimento dos tubérculos; e senescência (BISOGNIN; STRECK, 2009). De modo geral, na fase de brotação, temperaturas baixas causam atraso na emergência, enquanto, na fase vegetativa, a temperatura alta favorece o crescimento da parte aérea. Na fase de tuberização, altas temperaturas não são desejadas, por atrasarem o início da formação do tubérculo, e favorecerem a força de dreno na parte aérea reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos. Por fim, na fase de senescência, onde os assimilados produzidos e as reservas da parte aérea são direcionados para os tubérculos, a alta temperatura causa um encurtamento do ciclo, havendo menor translocação dos assimilados e, conseqüentemente, redução da produtividade (BISOGNIN; STRECK, 2009; MENEZES et al., 1999; REYNOLDS et al., 1990).

A tuberização é influenciada por uma série de fatores além da temperatura, dentre eles a cultivar, o tamanho e idade fisiológica do tubérculo semente, o fotoperíodo, a umidade e a disponibilidade de nutrientes no solo (SOUZA, 2003).

Segundo a hipótese proposta por Gregory (1956), dias curtos, temperaturas frias e níveis relativamente baixos de fertilização nitrogenada favorecem a tuberização. No entanto, os efeitos negativos da temperatura na tuberização foram verificados por diversos autores, que citam a alta temperatura como responsável pelo atraso no início da tuberização, reduzindo assim o período de crescimento dos tubérculos, até a inibição da tuberização (EWING, 1981; HANCOCK et al., 2014; MENEZES et al., 1999; TRAPERO-MOZOS et al., 2017; WOLF et al., 1990).

A temperatura ótima para tuberização e crescimento do tubérculo é de 15 a 20°C, enquanto, para o crescimento da parte aérea a faixa ideal varia de 20 a 25°C, sendo que a 24°C a taxa fotossintética líquida foi ótima em plantas de batata (RYKACZEWSKA, 1993; TIMLIN et al., 2006; VAN DAM et al., 1996). Alta temperatura, tanto noturna, quanto diurna, tem efeito negativo no rendimento da cultura da batata. No entanto, a alta temperatura noturna tem maior efeito na iniciação e desenvolvimento dos tubérculos, por aumentar a taxa respiratória e, assim, esgotar as reservas e retardar o crescimento do tubérculo (GREGORY, 1956; LOVATO, 1993). Diversos autores relatam a redução da produção de tubérculos em consequência de altas temperaturas (AIEN et al., 2011; LEVY; VEILLEUX, 2007; MENEZES et al., 1999; RYKACZEWSKA, 2015).

Em muitas áreas agrícolas o estresse térmico devido ao aumento da temperatura já é considerado um problema (BIRCH et al., 2012). As perdas devido aos efeitos do aquecimento global estimados por Hijmans (2003) variam de 9 a 36,7% na produção de batata. A temperatura é considerada o mais importante fator incontrolável que afeta o crescimento e a produção em batata (LEVY; VEILLEUX, 2007). Devido à essa vulnerabilidade da cultura à alta temperatura, o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao estresse térmico é uma necessidade para assegurar a produção desta importante fonte de alimento no mundo (DAHALL et al., 2019)

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da temperatura supraótima no estágio de início de tuberização em batata, bem como em caracteres morfofisiológicos associados à produção de tubérculos.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Material vegetal

O experimento foi realizado na sede da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas/RS, entre os meses de julho e outubro de 2016. Foram avaliados 11 genótipos que fazem parte do Banco Ativo de Germoplasma de Batata da Embrapa (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação, genealogia e país de origem dos 11 genótipos de batata avaliados quanto ao início de tuberização sob condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019

Genótipo	Genitores		Origem
	Feminino	Masculino	
Agata	52/72/2206	Sirco	Holanda
Asterix	Cardinal	VE70-9	Holanda
Atlantic	Wauseon	Lenape	EUA
Baronesa	Loman	Loman	Brasil
BRS Ana	C-1750-15-95	Asterix	Brasil
BRS Clara	White Lady	Catucha	Brasil
BRSIPR Bel	Rioja	C1740-11-95	Brasil
C2337-18-02	White Lady	N-140	Brasil
C2406-03	Eliza	N-140	Brasil
Desiree	Urgenta	Depesche	Holanda
F88-01-05	Asterix	2CRI-1149-1-78	Brasil

2.2.2 Condições de cultivo das plantas

Os tubérculos de tamanho uniforme foram colocados sobre tela antiafídeo em sacos plásticos preenchidos com aproximadamente 3kg de substrato organo-mineral, e cobertos por uma camada do mesmo substrato (Figura 1). Imediatamente após o plantio, as plantas foram levadas para câmaras de crescimento e expostas a dois gradientes de temperatura, controle, com amplitude térmica de 14 a 27°C, e supraótima com amplitude de 24 a 34°C (Tabela 2). O fotoperíodo foi de 12 horas (7:00 às 19:00h) com intensidade de luz de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aproximadamente, onde permaneceram até o momento da colheita aos 88 dias após o plantio.

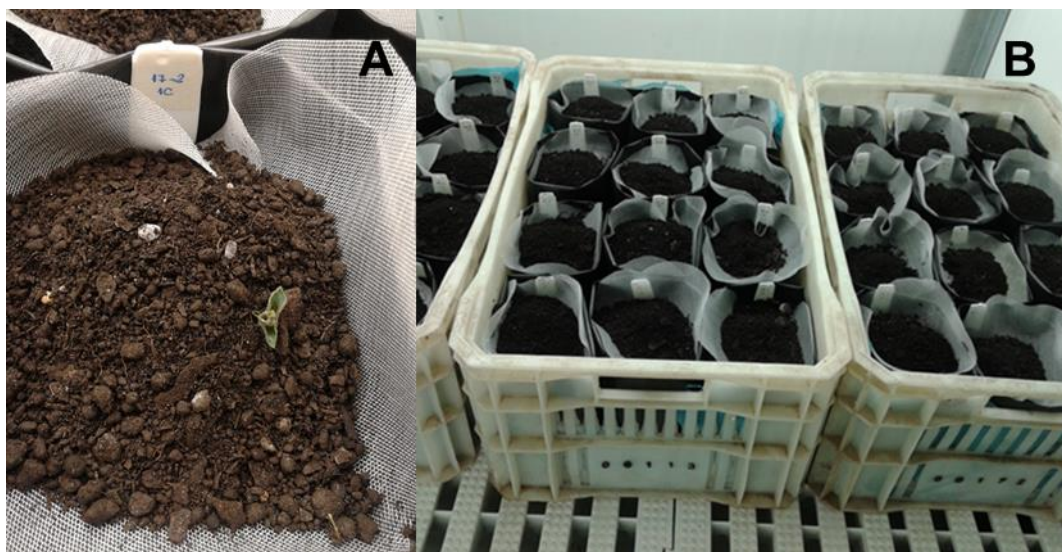


Figura 1. Estrutura utilizada para de cultivo das plantas de batata nas condições de temperatura controle e supraótima: emergência do broto de tubérculo sobre tela anti-afídeo (A) e disposição dos sacos plásticos em caixas (B).

Tabela 2. Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima durante o desenvolvimento das plantas. Pelotas, 2019.

Período (Horas)	Temperatura (°C)		UR (%)
	Controle	Supraótima	
00:00 – 04:00	19	27	65
04:00 – 06:00	15	26	65
06:00 – 09:00	14	25	65
09:00 – 10:00	16	24	50
10:00 – 11:00	19	27	50
11:00 – 12:00	23	30	50
12:00 – 14:00	25	31	50
14:00 – 18:00	27	34	50
18:00 – 21:00	26	31	50
21:00 – 00:00	23	28	65

O delineamento adotado foi de blocos completos ao acaso com quatro repetições e a parcela foi composta de quatro plantas por genótipo.

2.2.3 Avaliações morfo-agronômicas

Foram avaliados os dias após o plantio para emergir, dias para iniciar o período de tuberização, caracteres relacionados à produção de biomassa da parte aérea da planta e caracteres relacionados à produção de tubérculos para ambas condições de temperatura. A colheita foi realizada 88 dias após o plantio.

2.2.3.1 Dias para emergência (DE): Foi observado visualmente o número de dias necessários para o início do desenvolvimento da parte aérea a partir da data do plantio, sendo considerado a emergência quando o broto transpassou a camada de substrato.

2.2.3.2 Dias para iniciar a tuberização após plantio (DITP): Foi observado visualmente o número de dias necessários para o início da tuberização a partir da data do plantio, sendo considerado como o início da tuberização quando, no ápice do estolão, fosse identificado um tubérculo com aproximadamente 2,0mm de diâmetro.

2.2.3.3 Dias para iniciar a tuberização após a emergência (DITE)

Este dado foi obtido pela diferença entre o número de dias necessários para o início da tuberização e número de dias necessários para o início do desenvolvimento da parte aérea.

2.2.3.4 Número de plantas por parcela (NP): Foi contado o número de plantas que emergiram do total de tubérculos plantados por parcela.

2.2.3.5 Estatura da haste principal (EST): As plantas de três blocos foram medidas com auxílio de uma régua aos 40 dias após o plantio.

2.2.3.6 Número de hastes (NH): Foi contado o número de hastes das plantas de três blocos.

2.2.3.7 Porcentagem de plantas que tuberizaram (PT): Foi calculado a porcentagem de plantas que tuberizaram do total de plantas que emergiram por parcela (Item 2.2.3.4).

2.2.3.8 Ciclo vegetativo (CICLO): O ciclo vegetativo foi determinado através de avaliação visual atribuindo-se nota segundo o grau de senescência da planta no momento da colheita, aos 88 dias após o plantio. Onde a nota um (1) representa plantas completamente verdes (0% de senescência), nota dois 25% das plantas senescentes, nota três, 50% das plantas senescentes, nota quatro, 75% das plantas

senescentes e nota cinco, para plantas completamente senescidas (100% de senescência).

2.2.3.9 Massa seca da parte aérea (MSPA) (g planta^{-1}): Na colheita foi separada a parte aérea, das raízes e tubérculos, a qual foi seca em estufa com ar forçado à 65°C até atingir massa constante.

2.2.3.10 Produção de tubérculos: Na colheita foi contado o número de tubérculos por planta (NTP) e pesada a massa de tubérculos por planta em gramas (MTP). A partir destes dados foi calculada a massa média do tubérculo (MMT). Foi também contado o número de tubérculos com crescimento secundário e feita a porcentagem de tubérculos sem embonecamento em relação ao total de tubérculos produzidos por planta (TSE).

2.2.3.11 Teor de matéria seca (MS): A determinação da matéria seca dos tubérculos foi realizada utilizando uma amostra com os cinco maiores tubérculos da parcela, os quais foram triturados e homogeneizados. Uma amostra de 30g foi colocada em uma placa de metal e determinado a massa fresca (MF) exata da amostra. Após a amostra foi colocada em estufa com circulação de ar à 65°C para secagem até peso constante, quando então foi obtida a massa seca (MS). Estes dados foram utilizados para determinar a porcentagem de matéria seca através da fórmula:

$$\text{MS} = (\text{MS}/\text{MF}) \times 100$$

2.2.4 Análises fisiológicas

2.2.4.1 Análises da fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila de folhas de plantas adaptadas ao escuro foi mensurada aos 60 dias após o plantio usando um fluorômetro portátil (modelo PAM-2500 da Walz Heinz GmbH, Effeltrich, Alemanha). As folhas foram mantidas no escuro por pelo menos 30 minutos, e a temperatura de 24°C para plantas da condição de temperatura controle e 34°C para plantas da condição supraótima. A fluorescência foi induzida por um pulso de flash de saturação com $7000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e o

rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII ($Y(II)$) foi definido como $(F_m' - F_s)/F_m'$ (BAKER, 2008). As avaliações foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste.

2.2.4.2 Análises das trocas gasosas

Com base nos dados da análise de fluorescência da clorofila foram selecionados genótipos contrastantes para $Y(II)$ nos quais foram avaliados parâmetros das trocas gasosas. Foram mensurados a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), a condutância estomática (g_s) e a taxa de transpiração (E) nas plantas aos 62 dias após o plantio usando um analisador de gás no infravermelho IRGA (modelo LI-6400XT LI-COR, Inc., Lincoln, NE, EUA). As medições foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste em uma planta de cada genótipo previamente irrigada e adaptada por no mínimo 30 minutos à temperatura de 24°C para plantas da condição de temperatura controle, e 34°C para plantas da condição supraótima. A concentração de CO_2 utilizada na câmara foi de 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e uma densidade de fluxo de fótons de 400 $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, usando a fonte de luz da LI-COR anexada na câmara de medição.

2.2.5 Análise estatística

Os dados foram verificados quanto à distribuição normal dos resíduos (Shapiro-Wilk) e submetidos à análise de variância individual e conjunta, considerando na análise conjunta efeito aleatório para genótipo e fixo para ambiente, e agrupamento de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade, com a utilização do programa Genes (CRUZ, 2013).

2.2.5.1 Análise de correlações

Com base nos dados obtidos para cada genótipo foi realizada a análise de correlação de Pearson para cada condição de temperatura. Para realizar estas análises foi utilizado o pacote estatístico GenStat 11th edition. As correlações foram classificadas em: nula ($r=0$), fraca ($0 < |r| \leq 30$), média ($30 < |r| \leq 60$), forte ($60 < |r| \leq 90$), fortíssima ($90 < |r| < 1$) e perfeita ($|r|=1$), de acordo com Carvalho et al. (2004).

2.3 Resultados

2.3.1 Variáveis morfoagronômicas

Os resultados da análise de variância para os efeitos principais e interação para as variáveis morfoagronômicas encontram-se na tabela 3. Pela análise de variância foi significativo ($P \leq 0,05$) o efeito principal genótipo para a maioria das variáveis analisadas, exceto para a porcentagem de plantas que tuberizaram. O efeito principal temperatura foi significativo para as variáveis: dias para emergência, dias para iniciar a tuberização após o plantio, número de plantas por parcela, estatura, massa seca da parte aérea e porcentagem de tubérculos sem embonecamento. O efeito da interação genótipo x temperatura foi significativo apenas para as variáveis número de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos sem embonecamento e teor de matéria seca dos tubérculos.

Tabela 3. Nível mínimo de significância das fontes de variação do experimento genótipo (Gen), temperatura (Temp) e interação genótipo x temperatura (Gen x Temp) para as variáveis: Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberização após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberização após a emergência (DITE), número de plantas por parcela (NP), estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA), ciclo vegetativo (CICLO), porcentagem de plantas estabelecidas que tuberizaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT), porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Fonte de variação	Variáveis						
	DE	DITP	DITE	NP	EST	NH	MSPA
Genótipo	0,033*	0,000*	0,000*	0,027*	0,007*	0,000*	0,000*
Temperatura	0,000*	1,000	0,003*	0,026*	0,003*	0,094*	0,001*
Gen x Temp	1,000	1,000	0,428	1,000	0,214	1,000	1,000
	CICLO	PT	NTP	MTP	MMT	TSE	MS
Genótipo	0,000*	1,000	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
Temperatura	1,000	0,167	1,000	1,000	0,242	0,001*	0,160
Gen x Temp	0,087	1,000	0,001*	0,385	0,127	0,026*	0,020*

*Valores inferiores ou iguais a 0,05 foram considerados significativos.

Na condição controle a média para número de dias para emergência foi de 15,05, enquanto na condição supraótima foi de 19,40 (Tabela 4). Apesar do teste de agrupamento não ter detectado diferença na comparação entre genótipos, Agata apresentou o menor número de dias para emergência, cerca de 14 dias. Por outro

lado os genótipos C2406-03 e F88-01-05 foram os que mais demoraram para emergir, quase 20 dias.

Tabela 4. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberação após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberação após a emergência (DITE), número de plantas por parcela (NP), avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	DE			DITP		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	12,81	15,38	14,09 a	40,06	37,42	38,74 d
Asterix	15,13	18,75	16,94 a	48,81	46,31	47,56 c
Atlantic	14,75	20,08	17,42 a	61,13	64,36	62,74 a
Baronesa	14,06	18,96	16,51 a	51,13	55,56	53,34 b
BRS Ana	16,31	16,67	16,49 a	60,94	61,81	61,38 a
BRS Clara	15,81	19,44	17,63 a	53,50	57,54	55,52 b
BRSIPR Bel	15,06	17,63	16,34 a	55,00	55,44	55,22 b
C2337-18-02	15,79	19,67	17,73 a	56,04	50,58	53,31 b
C2406-03	16,94	22,94	19,94 a	52,19	49,94	51,06 b
Desiree	12,75	20,63	16,69 a	44,25	46,50	45,38 c
F88-01-05	16,17	23,31	19,74 a	53,54	54,94	54,24 b
Média geral	15,05 B	19,40 A		52,42	52,76	
CV (%)	18,34	17,76		2,73	2,19	

Genótipo	DITE			NP		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	27,25	22,04	24,65 d	4,00	4,00	4,00 a
Asterix	33,69	27,56	30,63 c	4,00	4,00	4,00 a
Atlantic	47,06	43,65	45,36 a	4,00	3,50	3,75 a
Baronesa	37,06	36,61	36,83 b	4,00	3,75	3,88 a
BRS Ana	44,94	47,15	46,04 a	4,00	3,75	3,88 a
BRS Clara	38,31	38,11	38,21 b	4,00	3,75	3,88 a
BRSIPR Bel	41,06	38,06	39,56 b	4,00	4,00	4,00 a
C2337-18-02	40,25	30,92	35,58 c	3,75	3,75	3,75 a
C2406-03	35,25	27,56	31,41 c	4,00	4,00	4,00 a
Desiree	31,50	25,88	28,69 d	4,00	4,00	4,00 a
F88-01-05	37,38	31,63	34,50 c	3,50	3,00	3,25 b
Média geral	37,61 A	33,56 B		3,93 A	3,77 B	
CV(%)	14,68	12,30		5,69	14,95	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

As diferentes condições de temperatura não influenciaram o número de dias para iniciar a tuberação após o plantio, havendo apenas diferenças entre os genótipos, sendo que o genótipo Agata foi o mais precoce, enquanto os genótipos Atlantic e BRS Ana foram os mais tardios. Quando o período para emergência é

levado em consideração na contagem de dias para tuberação, a média na condição controle foi superior à média na condição supraótima, 37,61 e 33,56 dias, respectivamente. Os genótipos Agata e Desiree apresentam um menor período entre a emergência e o início da tuberação e os genótipos Atlantic e BRS Ana apresentaram o maior número de dias para iniciar a tuberação após a emergência.

O número de plantas por parcela que emergiram e se desenvolveram na condição controle foi superior, 3,93, em comparação com à condição supraótima, 3,77. Quando comparados os genótipos, apenas F88-01-05 ficou isolado do agrupamento dos demais genótipos avaliados com o menor número de plantas.

A temperatura supraótima reduziu significativamente a média de estatura da haste principal das plantas, 22,17 cm, enquanto na condição controle a média para estatura foi de 25,8 cm (Tabela 5). Na comparação entre genótipos, houve a separação em dois grupos, um deles com os genótipos Agata, Asterix, C2337-18-02 e Desiree com a maior estatura, e outro com os demais genótipos apresentando as menores médias para esta variável. Com relação ao número de hastes, apenas o efeito do genótipo foi significativo, com a cultivar Desiree apresentando o maior número de hastes, em média 4,38.

A matéria seca da parte aérea foi significativamente superior na condição supraótima (11,56 g planta⁻¹) em comparação com à condição controle (9,6 g planta⁻¹). Na comparação entre genótipos tem-se nos extremos o genótipo Agata com a menor massa seca da parte aérea e os genótipos Atlantic e C2337-18-02 com as maiores.

Com relação ao ciclo vegetativo, o efeito da temperatura não foi significativo. Na comparação entre os genótipos, a cultivar Agata foi a mais precoce, e os genótipos C2406-03, C2337-18-02, juntamente com a cultivar BRS Ana, os mais tardios.

Tabela 5. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA) e ciclo vegetativo (CICLO) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	EST (cm)			NH		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	27,46	28,50	27,98 a	2,75	2,92	2,83 c
Asterix	28,75	25,34	27,05 a	2,25	1,83	2,04 c
Atlantic	24,63	17,50	21,06 b	3,00	2,47	2,74 c
Baronesa	25,71	18,84	22,27 b	3,25	3,06	3,15 b
BRS Ana	22,88	22,54	22,71 b	2,25	2,81	2,53 c
BRS Clara	27,05	21,46	24,25 b	2,75	3,33	3,04 b
BRSIPR Bel	23,54	20,17	21,86 b	3,00	3,83	3,42 b
C2337-18-02	25,75	26,88	26,31 a	2,19	2,33	2,26 c
C2406-03	24,29	18,82	21,56 b	1,50	1,92	1,71 c
Desiree	27,38	22,96	25,17 a	4,00	4,75	4,38 a
F88-01-05	26,35	20,88	23,61 b	1,86	2,42	2,14 c
Média geral	25,80	22,17		2,62	2,88	
CV(%)	3,13	5,69		25,03	30,28	

Genótipo	MSPA (g planta-1)			CICLO		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	4,87	5,18	5,02 d	4,94	4,13	4,53 a
Asterix	8,33	8,26	8,30 c	2,88	2,69	2,78 b
Atlantic	13,34	14,68	14,01 a	1,94	2,88	2,41 b
Baronesa	9,39	11,57	10,48 b	2,75	3,00	2,88 b
BRS Ana	10,05	12,98	11,51 b	1,69	1,50	1,59 c
BRS Clara	10,05	13,76	11,91 b	2,25	2,69	2,47 b
BRSIPR Bel	9,81	10,78	10,30 b	2,52	2,81	2,67 b
C2337-18-02	10,92	15,03	12,98 a	2,19	2,00	2,09 c
C2406-03	9,76	10,56	10,16 b	1,81	2,13	1,97 c
Desiree	9,44	12,91	11,17 b	2,50	3,25	2,88 b
F88-01-05	9,67	11,46	10,57 b	2,46	2,31	2,39 b
Média geral	9,60	11,56		2,54	2,67	
CV(%)	17,56	18,74		17,31	23,32	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

A porcentagem de plantas que tuberculizaram não apresentou diferença significativa entre as condições de temperaturas avaliadas e nem para os genótipos (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: porcentagem de plantas que tuberizaram (PT), número de tubérculos por planta que emergiu (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média do tubérculo (MMT) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	PT(%)			NTP		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	100,00	93,75	96,88 a	13,38 B a	19,06 A a	16,22
Asterix	100,00	100,00	100,00 a	6,50 A b	4,50 A c	5,50
Atlantic	100,00	93,75	96,88 a	5,19 A b	4,44 A c	4,81
Baronesa	100,00	100,00	100,00 a	7,50 A b	7,92 A b	7,71
BRS Ana	100,00	100,00	100,00 a	4,63 A b	4,17 A c	4,40
BRS Clara	100,00	100,00	100,00 a	6,63 A b	4,88 A c	5,75
BRSIPR Bel	100,00	100,00	100,00 a	7,19 A b	8,19 A b	7,69
C2337-18-02	100,00	100,00	100,00 a	6,86 A b	3,31 B c	5,08
C2406-03	100,00	100,00	100,00 a	9,00 A b	9,50 A b	9,25
Desiree	100,00	100,00	100,00 a	9,00 A b	6,75 A b	7,88
F88-01-05	100,00	100,00	100,00 a	6,36 A b	6,50 A b	6,43
Média geral	100,00	98,86		7,47	7,20	
CV(%)	0,06	7,29		26,76	24,52	

Genótipo	MTP (g planta ⁻¹)			MMT (g)		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	55,62	77,72	66,67 b	4,30	4,22	4,26 d
Asterix	78,80	82,75	80,78 a	12,45	18,99	15,72 a
Atlantic	52,94	39,40	46,17 c	10,13	8,82	9,48 b
Baronesa	53,13	51,70	52,41 c	7,19	7,01	7,10 c
BRS Ana	49,04	50,64	49,84 c	10,74	12,81	11,78 b
BRS Clara	74,31	51,91	63,11 b	12,00	10,90	11,45 b
BRSIPR Bel	68,76	68,27	68,51 b	9,91	8,42	9,17 b
C2337-18-02	85,97	86,79	86,38 a	13,27	27,45	20,36 a
C2406-03	89,89	90,28	90,09 a	10,14	9,52	9,83 b
Desiree	95,15	95,72	95,44 a	10,73	14,75	12,74 b
F88-01-05	54,26	54,62	54,44 c	8,65	9,00	8,83 b
Média Geral	68,90	68,16		9,96	11,99	
CV(%)	21,53	20,62		13,42	13,65	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para o número de tubérculos produzidos por planta, a interação genótipo x temperatura foi significativa. Em ambas condições, a cultivar Agata apresentou o maior número de tubérculos por planta, diferindo dos demais genótipos. Na condição controle, não houve diferença entre os demais genótipos. Por outro lado, na condição supraótima, foram formados três grupos.

Com relação à massa de tubérculos produzidos por planta, apenas foi significativa a diferença entre os genótipos, com a formação de três grupos. As maiores médias foram de Asterix, C2337-18-02, C2406-03 e Desiree, enquanto Atlantic, Baronesa, BRS Ana e F88-01-05 apresentaram as menores médias.

Com relação à massa média de tubérculos, apenas o fator genótipo foi significativo. Os genótipos foram divididos em quatro grupos, sendo o clone C2337-18-02 e a cultivar Asterix, com os maiores valores, enquanto a cultivar Agata, apresentou a menor média para esta variável.

Para a porcentagem de tubérculos sem embonecamento houve interação significativa. Na condição controle, não houve diferença significativa entre os genótipos. Por outro lado, na condição supraótima, os genótipos foram distintos, com a formação de quatro grupos (Tabela 7). Para os genótipos Asterix, Baronesa, BRS Clara, C2337-18-02 e C2406-03 a porcentagem de tubérculos sem embonecamento reduziu na condição supraótima.

Tabela 7. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis: porcentagem de tubérculos sem embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS) avaliadas em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	TSE (%)			MS (%)		
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral
Agata	100,00 A a	94,85 A a	97,43	15,05 A c	14,93 A b	14,99
Asterix	90,59 A a	62,81 B c	76,70	19,10 A b	17,76 A b	18,43
Atlantic	100,00 A a	90,83 A a	95,42	24,16 A a	22,94 A a	23,55
Baronesa	99,08 A a	83,89 B b	91,48	18,45 A b	18,04 A b	18,24
BRS Ana	98,22 A a	92,86 A a	95,54	19,60 A b	22,20 A a	20,90
BRS Clara	97,61 A a	84,12 B b	90,86	22,57 A a	20,02 A a	21,29
BRSIPR Bel	98,04 A a	97,17 A a	97,60	18,49 A b	21,23 A a	19,86
C2337-18-02	96,69 A a	45,87 B d	71,28	21,07 A b	17,63 B b	19,35
C2406-03	96,32 A a	81,20 B b	88,76	20,26 A b	18,76 A b	19,51
Desiree	97,71 A a	90,76 A a	94,24	24,36 A a	17,85 B b	21,10
F88-01-05	99,14 A a	92,53 A a	95,84	19,00 A b	19,19 A b	19,09
Média Geral	97,58	83,35		20,19	19,14	
CV (%)	7,87	15,68		4,80	3,51	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Com relação ao teor de matéria seca dos tubérculos, a interação genótipo x temperatura foi significativa. No controle, os genótipos foram separados em três grupos, enquanto na condição supraótima em dois grupos. Os genótipos C2337-18-02 e Desiree reduziram significativamente o teor de matéria seca quando cultivados

na condição supraótima. Na condição controle a cultivar Agata apresentou o menor teor de matéria seca, enquanto Atlantic, BRS Clara e Desiree os maiores teores. Na condição supraótima os genótipos Agata, Asterix, Baronesa, C2337-18-02, C2406-03, Desiree e F88-01-05 ficaram agrupados com os menores teores de matéria seca e os demais genótipos (Atlantic, BRS Ana, BRS Clara e BRSIPR Bel) formaram outro grupo com teor de matéria seca mais elevado.

2.3.2 Variáveis fisiológicas

Com base nos dados de rendimento quântico efetivo do FS II ($Y(II)$) (Figura 2), cinco genótipos foram selecionados para realização de análises dos parâmetros de trocas gasosas. Os genótipos Atlantic e BRSIPR Bel com valores mais altos de $Y(II)$ na condição supraótima, o genótipo F88-01-05 que manteve resultados semelhantes em ambas condições de temperatura, e Agata e BRS Clara com os menores valores de $Y(II)$ na condição supraótima.

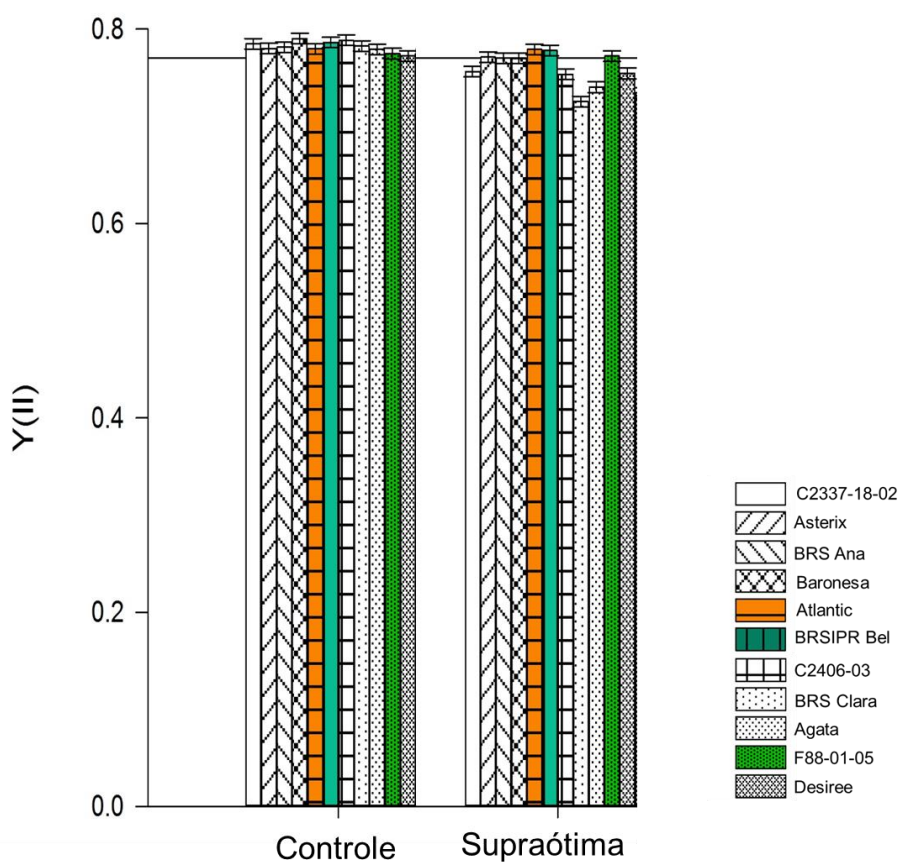


Figura 2. Rendimento quântico fotoquímico efetivo do FS II ($Y(II)$) aos 60 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle (14 a 27°C), e supraótima (24 a 47°C).

Os genótipos selecionados foram avaliados quanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*) e taxa de transpiração (*E*). Os resultados da análise de variância para os efeitos principais e interação para as variáveis fisiológicas encontram-se na tabela 8. Pela análise de variância o efeito principal genótipo foi significativo ($P \leq 0,05$) para todas as variáveis analisadas. Assim como a interação genótipo x temperatura para a condutância estomática e taxa de transpiração.

Tabela 8. Nível mínimo de significância das fontes de variação do experimento genótipo (Gen), temperatura (Temp) e interação genótipo x temperatura (Gen x Temp) para as variáveis: Taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*) e taxa de transpiração (*E*) avaliadas aos 62 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Fonte de variação	Variáveis		
	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>
Genótipo	0,019*	0,001*	0,000*
Temperatura	0,201	0,192	0,261
Gen x Temp	0,161	0,012*	0,007*

*Valores inferiores ou iguais a 0,05 foram considerados significativos.

Pelo teste de médias (Tabela 9), apesar do efeito significativo do fator genótipo para taxa de assimilação líquida de CO₂, o teste de agrupamento não distinguiu as médias. Para as variáveis condutância estomática e taxa de transpiração, em que houve interação genótipo x temperatura, na condição controle, os genótipos não diferiram entre si, enquanto na supraótima, os mesmos foram divididos em três grupos.

Tabela 9. Valores médios para as variáveis: Taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*) e taxa de transpiração (*E*) avaliadas aos 62 dias após o plantio em plantas de batata cultivadas nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	<i>A</i> (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)			<i>gs</i> (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)			<i>E</i> (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)											
	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral	Controle	Supraótima	Média geral									
Agata	13,10	12,95	13,03	a	0,33	B	a	0,99	A	a	0,66	4,86	B	a	9,45	A	a	7,15
Atlantic	13,58	14,03	13,80	a	0,13	A	a	0,49	A	b	0,31	2,01	B	a	5,74	A	b	3,88
BRS Clara	14,10	9,38	11,74	a	0,38	A	a	0,08	A	c	0,23	5,20	A	a	2,00	B	c	3,60
BRSIPR Bel	16,03	15,35	15,69	a	0,59	A	a	0,91	A	a	0,75	6,99	A	a	8,95	A	a	7,97
F88-01-05	15,00	13,10	14,05	a	0,22	A	a	0,41	A	b	0,32	3,79	A	a	5,56	A	b	4,68
Média geral	14,36	12,96			0,33			0,57				4,57			6,34			
CV (%)	13,57	19,94			46,79			55,48				32,12			38,97			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

2.3.3 Correlações

O gráfico na figura 3 apresenta as correlações entre as variáveis na condição de temperatura controle e supraótima (Apêndices A e B). A variável dias para emergência apresentou correlação positiva de moderada a fraca com dias para iniciar tuberização, para ambas condições de temperatura, forte correlação negativa com número de hastes na condição controle, e com ciclo, condutância estomática e taxa de transpiração na condição supraótima. O número de dias para iniciar a tuberização após plantio e após emergência apresentaram altas correlações positivas quando avaliados tanto da condição controle quanto na supraótima.

O número de plantas na condição supraótima apresentou correlação moderada e positiva com as variáveis massa de tubérculos, condutância estomática e taxa de transpiração para ambas condições de temperatura. Ainda na condição supraótima, a porcentagem de plantas que tuberizaram teve forte correlação positiva com a taxa de assimilação de CO₂ e moderada com condutância estomática e taxa de transpiração na condição controle. Por outro lado, houve correlação negativa da porcentagem de plantas que tuberizaram com as variáveis número de tubérculos na condição supraótima e ciclo para ambas condições de temperatura.

O ciclo vegetativo apresentou correlações semelhantes para ambas condições de temperatura, mas, de modo geral, estas correlações foram mais fortes na condição controle. A massa seca da parte aérea e a massa média de tubérculos correlacionaram-se negativamente com o ciclo, enquanto o número de tubérculos por planta, a condutância estomática e a taxa de transpiração apresentaram correlações positivas. Além da correlação com o ciclo, o número de tubérculos apresentou correlação negativa de moderada a forte com os variáveis dias para emergência na condição controle, dias para iniciar a tuberização e massa seca da parte aérea em ambas condições de temperatura.

Observou-se ainda forte correlação positiva do teor de matéria seca dos tubérculos na condição supraótima com as variáveis de início de tuberização e moderada a forte com a matéria seca da parte aérea para ambas condições de temperatura. Enquanto com as variáveis ciclo, estatura e número de tubérculos por planta para ambas condições de temperatura e com massa de tubérculos por planta apenas na condição supraótima, que houve correlação negativa de moderada a forte com teor de matéria seca dos tubérculos.

As variáveis fisiológicas apresentaram correlações positivas entre si, sendo que a taxa de assimilação líquida de CO₂ com condutância estomática e taxa de transpiração foram moderadas na condição controle e fortes na condição supraótima. As correlações entre condutância estomática e taxa de transpiração foram fortíssimas quando avaliadas nas mesmas condições de temperatura.

A variável número de hastes na condição supraótima apresentou correlação positiva moderada com a taxa de assimilação líquida de CO₂ e fortíssima com condutância estomática e taxa de transpiração na condição controle. A massa seca da parte aérea apresentou correlação negativa moderada na condição controle e forte na condição supraótima com condutância estomática e taxa de transpiração na condição supraótima.

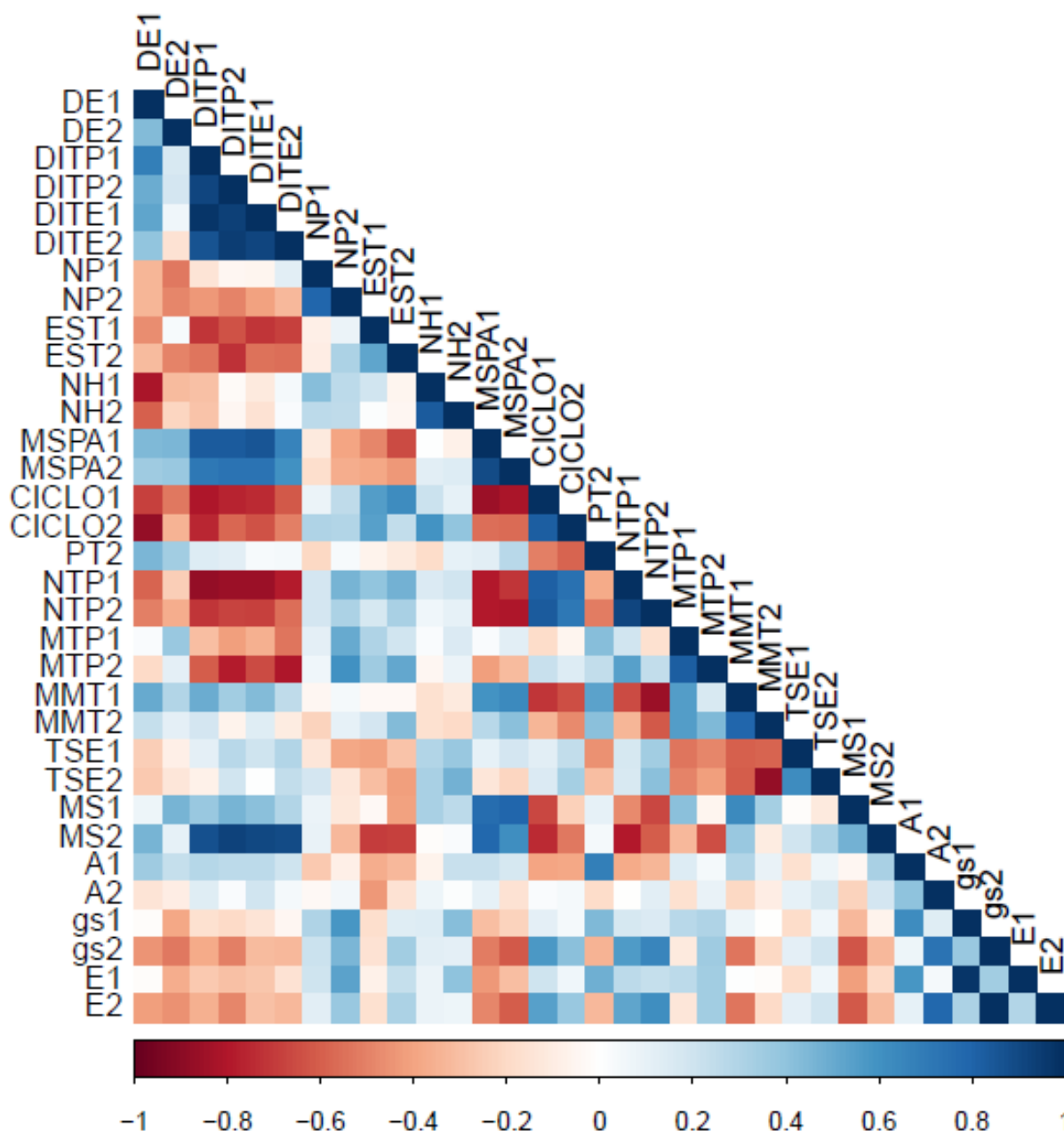


Figura 3. Correlações entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle (1) e na condição de temperatura supraótima (2): Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberação após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberação após a emergência (DITE), número de plantas (NP), estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA), ciclo vegetativo (CICLO), porcentagem de plantas que tuberezaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT), porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E). Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2019.

2.4 Discussão

Um dos principais problemas relacionados ao estresse por temperatura supraótima em batata é quanto à indução à formação dos tubérculos (MENEZES et al., 1999; VAN DAM et al., 1996). No presente estudo, para as variáveis avaliadas, o efeito da temperatura supraótima foi significativo para os dias para iniciar a tuberização após a emergência, acelerando este processo, mas, por outro lado, para os dias após o plantio para iniciar a tuberização, não houve influência por efeito da temperatura. Lyra (2014) ao avaliar as cultivares Agata e Asterix quanto ao início de tuberização, em condição de temperatura variando entre 19°C e 35°C, obtiveram valores entre 29 e 33 dias, respectivamente, para o início da tuberização, valores superiores aos encontrados no presente estudo, 22 e 27 dias, respectivamente, mas seguindo uma mesma tendência.

Os genótipos avaliados neste experimento apresentaram efeito da temperatura sob a emergência das plantas, sendo mais rápida na condição controle, onde a média de temperatura foi de aproximadamente 20°C, em relação à condição supraótima, cuja média foi superior a 28°C. Para a emergência, de modo geral temperaturas mais baixas não são desejáveis por causarem atraso na mesma, provavelmente, devido ao metabolismo e crescimento mais lentos (LEVY; VEILLEUX, 2007). No entanto, os resultados do presente estudo, demonstram que há um limite no qual o aumento da temperatura deixa de contribuir para acelerar o início do estágio de emergência. Fato que corrobora com o estudo realizado por Struik (2007) onde foi observado que a temperatura do solo em torno de 20°C promove o crescimento do broto, porém quando superiores a 25°C podem atrasar ou até impedir a emergência.

O efeito da temperatura também foi significativo no estabelecimento das plantas, havendo, na condição supraótima, uma redução no número de plantas estabelecidas por parcela. Reduções no estande, como observado na cultivar Atlantic e no clone F88-01-05, na condição supraótima, podem ser a razão da menor produtividade a nível de campo, pois um baixo estande reduz o rendimento em relação ao potencial da cultivar (BISOGNIN; STRECK, 2009; SILVA et al., 2007).

Por outro lado, para as plantas estabelecidas por parcela, ou seja, considerando apenas aquelas que emergiram, o efeito da temperatura não foi significativo quanto ao percentual de plantas que iniciaram o estágio de tuberização,. Segundo Streck et al. (2007), a cultura da batata é de dia curto para tuberização, e o

fotoperíodo é um dos elementos do clima que mais afeta o desenvolvimento das plantas, podendo ser o fator que causa atraso na tuberização encontrado por outros autores.

Diversos autores afirmam que há maior desenvolvimento da parte aérea das plantas em temperatura acima da considerada a ideal (STRUIK et al. 1989; KOOMAN; HAVERKORT 1995; VAN DAM et al., 1996; RYKACZEWSKA, 2013; RYKACZEWSKA, 2015; DEMIREL et al. 2017). A estatura da haste principal de plantas cultivadas em condição supraótima foi inferior ao da condição controle. Ainda assim, a massa seca da parte aérea foi superior na condição supraótima. O genótipo Agata apresentou elevada estatura, no entanto a massa seca da parte aérea foi a mais baixa entre os genótipos avaliados, enquanto o genótipo Atlantic apresentou comportamento contrário, alta massa seca da parte aérea e baixa estatura. Estes dados sugerem que o aumento da estatura não tem relação com o aumento da massa seca da parte aérea. Demirel et al. (2017) observaram valores médios de índice de área foliar superior sob condições de alta temperatura em 17 genótipos de batata, fato que justificaria a maior massa da parte aérea.

A média para a variável ciclo não apresentou diferença significativa para as condições de temperatura. Apesar do ciclo da cultivar Agata ter alongado na condição supraótima, esta se manteve como o mais precoce, enquanto os genótipos com ciclo mais longo foram BRS Ana, C2337-18-02 e C2406-03. O comportamento dos genótipos quanto ao ciclo está de acordo com as características descritas para as cultivares disponíveis em bases de dados (EUROPOTATO) e catálogo de cultivares (PEREIRA et al., 2015). Para os produtores o ciclo vegetativo mais curto é uma característica interessante devido ao retorno mais rápido, além do menor tempo de exposição às condições climáticas, e ocorrência de pragas e doenças (RIBEIRO, 2010, SILVA et al., 2014). No entanto, Lyra et al. (2015) concluíram que genótipos com tuberização precoce e ciclo vegetativo longo são mais produtivos em condição de estresse por calor, devido ao período prolongado de enchimento dos tubérculos, que favorece a mobilização de maior quantidade de fotoassimilados. Com base nestas informações, o genótipo C2406-03 merece destaque, por ter início de tuberização, aqui classificado como intermediário, mas um dos valores mais baixos, e ciclo vegetativo tardio.

Com relação à análise de correlação, os genótipos avaliados com ciclo vegetativo mais longo apresentaram início de tuberização mais tardio, maior massa

seca da parte aérea e menor número de tubérculos. Além disto, a massa de tubérculos por planta em condição supraótima é menor em genótipos com início de tuberização tardio. No entanto, a matéria seca de tubérculos na condição supraótima apresentou correlação com ciclo, sendo maior em genótipos com ciclo mais longo e maior massa seca da parte aérea devido ao maior acúmulo de fotoassimilados por dia (MENEZES et al., 1999).

A interação genótipo x temperatura indica que os genótipos avaliados apresentam resposta diferencial dependendo da condição de temperatura (CARVALHO et al., 2001). Para o número de tubérculos esta interação foi significativa, o genótipo Agata apresentou um aumento no número de tubérculos na condição supraótima como já havia sido verificado por Demirel et al. (2017) para este mesmo genótipo e por Levy (1986) para as cultivares Desiree e Cara. O clone C2337-18-02 reduziu o número de tubérculos na condição supraótima. Os genótipos que produzem alto número de tubérculos geralmente têm tubérculos menores. É necessário buscar um equilíbrio entre o número e a massa de tubérculos pois influenciam diretamente o rendimento final (SILVA et al., 2012).

A massa média do tubérculo é um indicativo do tamanho dos tubérculos produzidos. As cultivares Asterix e Desiree, e o clone C2337-18-02 correspondem aos genótipos com maior massa média de tubérculos, no entanto, Asterix e C2337-18-02 apresentaram um grande número de tubérculos embonecados, como pode ser observado pela correlação negativa entre porcentagem de tubérculos sem embonecamento com massa total e massa média de tubérculos. Desta forma, o rendimento total não deve ser o único indicador de tolerância da batata a temperatura supraótima pela grande ocorrência de defeitos fisiológicos como o embonecamento (RYKACZEWSKA, 2015).

O embonecamento ou crescimento secundário, é um distúrbio fisiológico que ocorre em períodos de estresses de água ou de temperatura, as áreas protuberantes que se formam, além de prejudicar a aparência do tubérculo, são mais facilmente danificadas por esfolamento e despelamento durante a colheita e beneficiamento, tornando-se assim, importantes pontos de infecção (TAVARES et al., 2002; LOPES; LANA, 2015).

No mercado *in natura* a aparência do tubérculo é de suma importância, enquanto na indústria, características que conferem qualidade de fritura, como alto teor de matéria seca, baixo teor de açúcares redutores e ausência de distúrbios

fisiológicos são importantes (SILVA et al., 2014). O teor de matéria seca varia de acordo com o genótipo e é influenciado pelas condições de cultivo. Em condições de temperatura elevada há estímulo do desenvolvimento da parte aérea, reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos, produzindo tubérculos menores e com baixo teor de matéria seca (MENEZES et al., 1999; MENEZES et al., 2001).

As cultivares Atlantic, BRS Ana, BRSIPR Bel e BRS Clara mantiveram o teor de matéria seca acima de 20% na condição supraótima, o qual é um valor aceito pela indústria de batata pré-frita (PEREIRA et al., 2007). Esta é uma característica interessante, considerando que a grande maioria dos genótipos reduz o teor de matéria seca nestas condições, como mencionado acima.

O rendimento quântico efetivo do FS II (Y(II)) é parâmetro de fluorescência da clorofila a que tem sido utilizado para monitorar o estado fisiológico das plantas após período de tratamento à alta temperatura (RYKACZEWSKA, 2015). Para as folhas não estressadas valores acima 0,80 são considerados ótimos (MURCHIE; LAWSON, 2013). Com base nos dados de Y(II) foram selecionados genótipos contrastantes para condição de temperatura supraótima, nos quais foram então avaliados os parâmetros de trocas gasosas.

O genótipo BRS Clara apresentou os valores mais baixos em todos os parâmetros quando avaliados na condição supraótima (Tabela 6). As reduções nas taxas de fotossíntese em plantas cultivadas sob condições de alta temperatura podem estar associadas a redução no estado de ativação de Rubisco, danos ao FS II e aumento nas taxas de fotorrespiração em muitas espécies de plantas (DAHALL et al., 2019). No entanto, neste caso, o baixo valor encontrado para condutância estomática ($0,08 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) pode estar limitando a taxa de assimilação de CO_2 , pois valores inferiores a $0,15 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ são considerados limitantes (KIM; LEE, 2019).

O aumento da condutância estomática associada à taxa de transpiração em plantas com boa disponibilidade de água é uma forma de reduzir a temperatura foliar quando sob condição supraótima (AIEN et al., 2011). Com exceção do genótipo BRS Clara, este comportamento foi observado em todos os genótipos nos quais foram avaliados parâmetros de trocas gasosas, com aumento mais acentuado nos genótipos Agata e Atlantic.

A cultivar Atlantic apresentou valores intermediários para condutância estomática e taxa de transpiração, e alto rendimento quântico efetivo do FSII, no entanto, a maior massa seca da parte aérea dentre os genótipos avaliados e menores

rendimentos de tubérculo, demonstrando que esta cultivar direciona maior parte de seus assimilados para parte aérea (LEVY; VEILLEUX, 2007).

A correlação negativa entre o ciclo e a porcentagem de plantas que tuberizaram na condição supraótima, indica que plantas com ciclo precoce tem maior tendência de não tuberizar em condição supraótima. Os genótipos precoces geralmente são menos afetados devido à fuga do estresse pelo início de tuberização ocorrer antes do estresse térmico (DEMIREL et al., 2017), mas neste experimento os genótipos foram avaliados em condições de estresse de temperatura desde o início do ciclo.

A condutância estomática e a taxa de transpiração na condição supraótima foram negativamente correlacionadas com o início de tuberização, principalmente devido aos resultados obtidos para cultivar Agata. Esta cultivar, que apresentou o menor período para iniciar a tuberização, produziu alto número de tubérculos e com baixo tamanho médio, enquanto a cultivar BRSIPR Bel, que demonstrou resultados semelhantes para os parâmetros de trocas gasosas, produziu número de tubérculos inferior, porém de tamanho maior. Portanto, a eficiência fotossintética se manteve na condição de temperatura supraótima, como demonstrado pela não significância deste fator para a variável taxa de assimilação de CO₂, assim, a maior condutância estomática e taxa de transpiração estão apenas contribuindo para o resfriamento da temperatura foliar (AIEN et al., 2011).

2.5 Conclusões

A temperatura supraótima não afeta o início do estágio de tuberização porém, prolonga o período entre o plantio e o estágio de emergência. Há também uma redução no estande final de plantas estabelecidas. Entre os genótipos avaliados, Asterix e C2337-18-02 apresentaram bons rendimentos de tubérculos, no entanto, mostram grande número de tubérculos embonecados quando cultivados na condição de temperatura supraótima.

3. CAPÍTULO II – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: desenvolvimento de protocolo não invasivo.

3.1 Introdução

Frente a um cenário de mudanças climáticas globais, onde os prejuízos na produção agrícola devido a estresses abióticos são estimados em 120 bilhões de dólares, juntamente com o crescimento populacional, novas estratégias de pesquisa são fundamentais para superar as perdas de rendimento e garantir a segurança alimentar para a população em crescimento (MAHALINGAM et al., 2014).

Estratégias visando a exploração de caracteres adaptativos e morfofisiológicos e a fenotipagem de genótipos sob condições de estresse e não-estressados, constituem novas esperanças para avanços na avaliação e seleção de genótipos com maior tolerância às altas temperaturas (JHA; BOHRA; SINGH, 2014).

Avanços no melhoramento da cultura da batata enfrentam alguns desafios ao buscar selecionar simultaneamente caracteres de qualidade, para atender as necessidades do mercado consumidor, e de desempenho agrônômico satisfatório, para atender o setor produtivo (LEVY; VEILLEUX, 2007). O elevado número de indivíduos a serem avaliados dificulta a utilização de técnicas tradicionais de fenotipagem que apesar de simples, demandam tempo, recursos financeiros e mão-de-obra, além de impossibilitar a distinção de características fenotípicas complexas (MATSUDA et al., 2012; SOUSA et al., 2015).

Para enfrentar tais desafios, os programas de melhoramento genético de plantas precisam buscar meios para a mensuração de novos caracteres fenotípicos (SOUSA et al., 2015). Avanços neste sentido têm sido obtidos por análises fisiológicas não destrutivas de características vegetais, como a quantificação do desempenho fotossintético e fluorescência da clorofila *a* (FRITSCHÉ-NETO; BORÉM, 2013; MURCHIE; LAWSON, 2013). Este tipo de análise vem sendo utilizado em estudos relacionados à tolerância à alta temperatura em batata (AHN et al., 2004;

HANCOCK et al., 2013; KIM et al., 2017; MOREIRA et al., 2015; STRUIK, 2007; TANG et al., 2018; TRAPERO-MOZOS et al., 2017).

A utilização deste tipo de análise parte do princípio de que temperaturas acima do ótimo tenha impacto em múltiplos processos na fisiologia das plantas de batata, os quais estão diretamente relacionados tanto à produção e qualidade dos tubérculos, como o crescimento e partição de fotoassimilados, a iniciação da formação do tubérculo e crescimento, taxa fotossintética e síntese de hormônios, enzimas e outros metabolitos (LEVY; VEILLEUX, 2007). A alta temperatura tem grande efeito sobre a atividade fotossintética (BERRY; BJORKMAN, 1980) devido à redução da atividade da Rubisco, reduzindo a assimilação de CO₂ (KIM; PORTIS, 2005).

A fluorescência da clorofila *a* está relacionada à atividade fotoquímica do fotossistema II (FSII) (JHA; BOHRA; SINGH, 2014) e, apesar de métodos de detecção de fluorescência serem utilizados para avaliar respostas fisiológicas de plantas há alguns anos, há pouca informação sobre a fluorescência da clorofila *a* em folhas de plantas de batata, principalmente com relação as respostas das cultivares ao efeito da alta temperatura (RYKACZEWSKA, 2015).

O objetivo deste capítulo foi utilizar análises não invasivas para verificar respostas fisiológicas e sua relação com variáveis morfoagronômicas de genótipos contrastantes para taxa de assimilação líquida de CO₂ em condição de temperatura supraótima comparado com à condição controle.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi realizado na plataforma de fenotipagem na sede da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas/RS, entre os meses de agosto a novembro de 2017. Foram avaliados 10 genótipos que fazem parte do seu Banco Ativo de Germoplasma. Os genótipos selecionados compreendem nove cultivares (Agata, Asterix, Atlantic, BRS Ana, BRS Clara, BRS F63 “Camila”, BRS Pérola, BRSIPR Bel e Ludmilla) e um clone avançado do programa de melhoramento de batata da Embrapa Clima Temperado (F183-08-01).

Tubérculos de tamanhos uniformes foram alocados em esponjas fenólicas e, após 29 dias, foram transplantados para sacos plásticos previamente preenchidos com aproximadamente 5kg de substrato organo-mineral. As plantas foram mantidas

em casa de vegetação até os 36 dias, quando atingiram o estágio de emergência (BISOGNIN; STRECK, 2009). Posteriormente, foram levadas para câmaras de crescimento e expostas a dois gradientes de temperatura: controle, com amplitude térmica de 14 a 27°C, e supraótima, com amplitude de 24 a 34°C (Tabela 1). O fotoperíodo foi de 12 horas (7:00 às 19:00h) com intensidade de luz de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aproximadamente, onde permaneceram até o momento da colheita aos 103 dias após o plantio, totalizando 67 dias de exposição ao tratamento de temperatura.

Tabela 1. Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima durante o desenvolvimento das plantas. Pelotas, 2019.

Período (Horas)	Temperatura (°C)		UR%
	Controle	Supraótima	
00:00 – 04:00	19	27	65
04:00 – 06:00	15	26	65
06:00 – 09:00	14	25	65
09:00 – 10:00	16	24	50
10:00 – 11:00	19	27	50
11:00 – 12:00	23	30	50
12:00 – 14:00	25	31	50
14:00 – 18:00	27	34	50
18:00 – 21:00	26	31	50
21:00 – 00:00	23	28	65

O delineamento adotado foi blocos completos ao acaso, com três repetições e a parcela foi composta de três plantas por genótipo.

3.2.2 Seleção de genótipos contrastantes

Genótipos contrastantes foram selecionados com base na taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) aos 53 dias após o plantio, usando um analisador de gás no infravermelho IRGA (modelo LI- 6400XT LI-COR, Inc., Lincoln, NE, EUA). As medições foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste, com a unidade de observação sendo uma planta por parcela. As plantas foram previamente irrigadas e adaptadas por no mínimo 30 minutos à temperatura de 24°C, para plantas da condição de temperatura controle, e 34°C para plantas da condição supraótima. A concentração de CO_2 utilizada na câmara foi de 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e uma densidade de fluxo de fótons de 400 $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, usando a fonte de luz da LI-COR anexada na câmara de medição.

3.2.3 Análises de trocas gasosas

Os genótipos selecionados foram avaliados aos 55 dias após o plantio onde foram mensuradas a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), a condutância estomática (g_s) e a taxa de transpiração (E), em duas plantas por parcela nas mesmas condições da primeira avaliação.

3.2.4 Análise de fluorescência da clorofila

As análises de fluorescência da clorofila foram realizadas usando o fluorômetro PAM-2500 (Walz Heinz GmbH, Effeltrich, Alemanha). Antes das medidas, as plantas foram adaptadas ao escuro dentro de cada câmara de crescimento por no mínimo 30 minutos. A fluorescência inicial (F_o) nos centros abertos do fotossistema II (FSII) foi determinada por luz de medição (inferior a 30 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), enquanto a fluorescência máxima (F_m) em centros fechados ou em estado reduzido do FSII foi avaliado após a aplicação de um pulso de 0,8 segundos de luz de saturação (7000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

A eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m) foi definida como $(F_m - F_o)/F_m$. As curvas de indução foram feitas por pulso de luz de saturação aplicada a cada 20 segundos até alcançar o estado estacionário. Durante as medições, a luz actínica (luz vermelha) foi ativada para quantificar o estado estacionário da fluorescência da clorofila. Em plantas no estado adaptado à luz, a F_m' foi analisada através da aplicação de pulso saturante, enquanto F_o' foi avaliado desligando a luz actínica durante 2 segundos após o pulso de saturação e acendendo a luz vermelho-distante. O rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII ($Y(II)$) foi definido como $(F_m' - F_s)/F_m'$ (BAKER, 2008), para a média dos valores obtidos na luz 281, 336, 396 e 461 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.2.5 Variáveis morfoagronômicas

O ciclo vegetativo foi determinado aos 88 dias após o plantio através de avaliação visual atribuindo-se notas segundo o grau de senescência da planta. Onde a nota um (1) representa plantas completamente verdes (0% de senescência), nota dois 25% das plantas senescentes, nota três 50% das plantas senescentes, nota quatro 75% de plantas senescentes e nota cinco para plantas completamente senescentes (100% de senescência).

A colheita foi realizada aos 103 dias após o plantio. A parte aérea da planta foi separada das raízes, estolões e tubérculos, e colocadas em estufa com circulação de ar à 65°C até atingir peso constante, quando foi realizada a pesagem para determinar a massa seca da parte aérea (g planta⁻¹).

Quanto aos tubérculos, foi verificado o número total de tubérculos por planta, bem como o número de tubérculos com crescimento secundário (embonecamento) e a massa dos tubérculos produzidos por planta (g planta⁻¹). A massa média de tubérculos (g) foi calculada pela divisão da massa dos tubérculos por planta pelo número total de tubérculos por planta.

A determinação da matéria seca dos tubérculos foi realizada utilizando uma amostra com cinco maiores tubérculos da parcela, os quais foram triturados e homogeneizados. Uma amostra de 30 g foi colocada em uma placa de metal e determinado a massa fresca (MF) exata da amostra. Após a amostra foi colocada em estufa com circulação de ar à 65°C para secagem até peso constante, quando então foi obtida a massa seca (MS). Estes dados foram utilizados para determinar a percentagem de matéria seca através da fórmula:

$$MS = (MS/MF) \times 100$$

3.2.6 Análise estatística

Os dados foram verificados quanto à distribuição normal dos resíduos (Shapiro-Wilk) e submetidos à análise de variância individual e conjunta, considerando efeito fixo para genótipo e ambiente. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = m + G_i + A_j + B/A_{jk} + (GA)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado para o i -ésimo genótipo, no k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente;

m : média geral do ensaio;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

A_j : efeito do j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$);

$(GA)_{ij}$: efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente;

B/A_{jk} : efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente ($k = 1, 2, \dots, k$);

ε_{ijk} : erro experimental associado a Y_{ijk}

Constatando-se significância estatística, os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey com a utilização do programa Genes (CRUZ, 2013).

3.3 Resultados

Os resultados da taxa de assimilação líquida de CO₂ são apresentados na figura 1. Com base nestes dados, as cultivares Asterix, BRS F63 e BRS Pérola foram selecionadas para as análises subseqüentes, conforme descrito na metodologia.

A cultivar Asterix foi selecionada por ter apresentado as maiores médias para taxa de assimilação líquida de CO₂ em ambas condições de temperatura, além de ser a principal cultivar utilizada para indústria de batata pré-frita congelada no Brasil. BRS F63 é uma cultivar para o mercado de consumo fresco, que foi lançada em 2015 e apresenta alto potencial produtivo, com elevada percentagem de tubérculos comerciais. Na condição supraótima, este genótipo reduziu significativamente a taxa de assimilação em relação à condição controle. Além destes genótipos que são de ciclo intermediário, a cultivar BRS Pérola, de ciclo precoce, foi incluída nas análises por ter a menor taxa de assimilação na condição controle, mas manter resposta semelhante na condição supraótima.

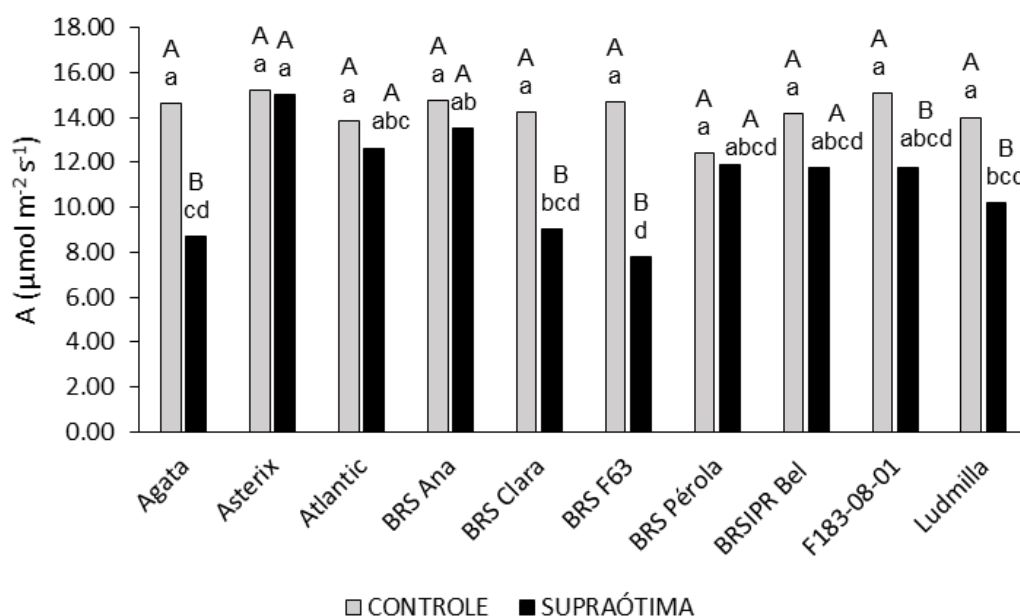


Figura 1. Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) em 10 genótipos de batata avaliadas nas condições de temperatura controle e supraótima aos 53 dias após o plantio e 17 dias após o início do tratamento. Letras maiúsculas diferem tratamentos, e letras minúsculas os genótipos. Pelotas, 2019.

A análise de variância conjunta para os parâmetros das trocas gasosas das cultivares Asterix, BRS F63 e BRS Pérola revelou significância ($p \leq 0,05$) para os efeitos principais genótipo, temperatura, assim como para interação genótipo x temperatura para todas as variáveis avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		A	gs	E
Bloco/Temperatura	4	0,42	0,11	0,12
Genótipo (G)	2	22,91*	0,97*	9,17*
Temperatura (T)	1	49,01*	2,61*	127,41*
G x T	2	7,91*	0,87*	8,38*
Média	-	21,52	0,61	3,74
CV (%)	-	5,49	60,32	20,32

*Significativo a 5% de probabilidade de erro.

A taxa de assimilação líquida de CO₂ na condição de temperatura controle foi semelhante para os três genótipos, enquanto na condição supraótima, houve uma redução significativa para a cultivar BRS F63 (Tabela 3). Assim como para taxa de assimilação de CO₂, a condutância estomática na condição controle não apresentou diferença entre os genótipos. Porém na condição de temperatura supraótima a cultivar Asterix apresentou um aumento na condutância em relação à condição controle, diferindo significativamente dos demais genótipos.

Tabela 3. Médias para taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)							
	Controle	Supraótima	Controle	Supraótima	Controle	Supraótima						
Asterix	24,68	A ¹ a ²	22,62	A a	0,25	B a	1,84	A a	1,14	B a	8,91	A a
BRS F63	22,78	A a	16,83	B b	0,21	A a	0,30	A b	1,03	B a	4,09	A c
BRS Pérola	22,05	A a	20,17	A a	0,22	A a	0,82	A b	1,07	B a	6,19	A b
Média	23,17		19,87		0,23		0,99		1,08		6,40	
CV (%)	2,65		7,83		20,10		52,23		14,73		16,60	

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação a taxa de transpiração, na condição controle os genótipos mantiveram valores muito próximos, variando entre 1,03 e 1,14. Na condição

supraótima houve aumento na taxa de transpiração em todos os genótipos, no entanto estes aumentos foram distintos de modo que as médias foram significativamente diferentes para os três genótipos, sendo que a maior média foi da cultivar Asterix (8,91), seguido por BRS Pérola (6,19) e BRS F63 com a menor (4,09).

Quanto às análises de fluorescência da clorofila, para a variável eficiência quântica máxima do FSII, a análise de variância revelou significância para os efeitos principais, genótipo e temperatura. Para variável rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII, houve significância para genótipo e interação genótipo x temperatura (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis: eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) e rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		FV/Fm	Y(II)
Bloco/Temperatura	10	0.001	0.002
Genótipo (G)	2	0.004*	0.016*
Temperatura (T)	1	0.006*	0.002
G x T	2	0.002	0.011*
Média	-	0.74	0.19
CV(%)	-	3.15	18.54

*Significativo a 5% de probabilidade.

Na condição supraótima, a eficiência quântica máxima do FSII foi inferior à condição controle. Na comparação entre as cultivares, Asterix e BRS Pérola não diferiram entre si, e BRS F63 apresentou o menor valor, diferindo das demais (Tabela 5). Com relação ao rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII, onde a interação foi significativa, a cultivar Asterix apresentou maior valor na condição controle, enquanto para a cultivar BRS Pérola foi observada redução na condição supraótima.

Tabela 5. Médias para eficiência quântica máxima do FSII (Fv/Fm) e rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)) em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	Fv/Fm			Y(II)		
	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média
Asterix	0,744	0,746	0,745 a ¹	0,208 A ² a	0,135 B b	0,172
BRS F63	0,736	0,693	0,714 b	0,168 A a	0,150 A b	0,159
BRS Pérola	0,763	0,730	0,747 a	0,204 B a	0,252 A a	0,228
Média	0,748 A	0,723 B		0,193	0,179	
CV (%)	3,80	2,14		19,38	17,32	

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ²Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação as variáveis morfoagronômicas, a análise de variância revelou significância para o efeito principal genótipo para todos os caracteres, para o efeito temperatura, apenas para a massa de tubérculos por planta, massa média de tubérculo, teor de matéria seca e número de tubérculos embonecados. Com relação a interação genótipo x temperatura, esta foi significativa para massa seca da parte aérea, número de tubérculos por planta, massa média de tubérculos e número de tubérculos embonecados (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis: ciclo de desenvolvimento vegetativo (Ciclo), massa seca da parte aérea (MSPA), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (%MS) e número de tubérculos embonecados (NTE), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Ciclo	MSPA	NTP	MTP	MMT	%MS	NTE
Bloco/Temperatura	4	0,08	3,34	6,24	1487,86	23,41	0,07	0,25
Genótipo (G)	2	2,73 *	62,5 *	38,33 *	8545,4 *	68,8 *	44,18 *	4,68 *
Temperatura (T)	1	0,35	0,51	1,5842	89738 *	1284 *	31,13 *	23,3 *
G x T	2	0,23	27,9 *	11,549 *	4889 *	225,6 *	0,931	4,04 *
MÉDIA	-	2,03	21,57	10,41	189,86	19,96	19,52	1,21
CV (%)	-	28,45	4,25	13,00	11,94	13,66	4,81	39,98

*Significativo a 5 % de probabilidade.

Em relação ao ciclo de desenvolvimento vegetativo, na comparação entre genótipos, a cultivar BRS Pérola confirmou a sua precocidade em relação aos outros dois genótipos avaliados, não havendo efeito das temperaturas avaliadas (Tabela 7).

Para a variável massa seca da parte aérea na condição controle, não houve diferença entre os genótipos, enquanto na condição supraótima Asterix e BRS Pérola diferiram significativamente da cultivar BRS F63, que reduziu a massa seca da parte

aérea. Com relação ao efeito da temperatura, a cultivar Asterix manteve a produção de parte aérea, enquanto a cultivar BRS Pérola aumentou a massa seca da parte aérea na condição supraótima e a BRS F63 reduziu.

Com relação ao número total de tubérculos, as cultivares Asterix e BRS F63 não diferiram entre si na condição controle, com médias de 10 e 7 tubérculos por planta, respectivamente, enquanto BRS Pérola produziu em média 13 tubérculos. Na condição supraótima, a cultivar Asterix aumentou para cerca de 13 tubérculos por planta, não diferindo significativamente de BRS Pérola, que produziu 11 tubérculos por planta nesta condição e BRS F63 manteve cerca de 7 nas duas condições.

Em relação à massa de tubérculos por planta, na condição controle não houve diferença entre os genótipos. Entretanto, na condição supraótima, apesar de todos apresentarem redução nesta variável, a cultivar BRS F63 foi a mais afetada, produzindo apenas 47,26 g, diferindo significativamente das cultivares Asterix e BRS Pérola que produziram, respectivamente, 165,80 e 144,69g por planta.

Para massa média de tubérculos, na condição controle, a cultivar BRS Pérola apresentou o menor valor, diferindo significativamente dos demais genótipos. Porém, na condição supraótima as cultivares Asterix e BRS F63 reduziram a massa média de tubérculo, enquanto BRS Pérola não apresentou redução significativa. A temperatura supraótima causou maior efeito na massa média do tubérculo para a cultivar BRS F63, que diferiu significativamente das demais cultivares.

Com relação ao teor de matéria seca dos tubérculos na condição supraótima, na comparação entre as cultivares, as médias dos três genótipos diferiram significativamente, sendo que BRS Pérola apresentou o maior teor de matéria seca (20,33%), seguido por Asterix (19,31%) e, com menor teor, BRS F63 (16,92%).

Quanto ao número de tubérculos embonecados, na condição controle não houve diferença significativa entre os genótipos. No entanto, houve um aumento significativo do número de tubérculos embonecados para as cultivares Asterix e BRS Pérola quando avaliados na condição supraótima, de modo que a média destes genótipos, nesta condição, diferiu significativamente da média da cultivar BRS F63, que não apresentou diferença significativa nas duas condições.

Tabela 7. Médias para ciclo de desenvolvimento vegetativo (Ciclo), massa seca da parte aérea (MSPA), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (%MS) e número de tubérculos embonecados (NTE), em três genótipos de batata cultivados nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	Ciclo			MSPA (g planta ⁻¹)			NTP			MTP (g planta ⁻¹)			
	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média	
Asterix	1,78	1,89	1,83 b ¹	21,77 A ²	a	22,07 A b	21,92	9,67 B b	13,22 A a	11,45	285,07 A a	165,80 B a	225,43
BRS F63	1,11	1,83	1,47 b	20,16 A a		16,20 B c	18,18	7,44 A b	7,61 A b	7,53	253,29 A a	47,26 B b	150,28
BRS Pérola	2,78	2,78	2,78 a	22,27 B a		26,94 A a	24,61	13,22 A a	11,28 A a	12,25	243,04 A a	144,69 B a	193,87
Média	1,89	2,17		21,40		21,74		10,11	10,70		260,47	119,25	
CV (%)	29,69	27,36		2,62		5,38		14,45	11,53		10,11	15,36	

Genótipo	MMT (g)			%MS			NTE							
	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média	Controle	Supraótima	Média					
Asterix	31,12	A a	15,00	B a	23,06	20,20	18,43	19,31	b	0,22	B a	3,33	A a	1,78
BRS F63	35,23	A a	5,71	B b	20,47	18,31	15,52	16,92	c	0,00	A a	0,39	A b	0,19
BRS Pérola	18,86	A b	13,83	A a	16,35	23,99	20,67	22,33	a	0,00	B a	3,33	A a	1,67
Média geral	28,40		11,51		20,84A	18,21B		0,07			2,35			
CV (%)	11,44		18,05		3,32	6,22		150,00			27,86			

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ²Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na horizontal não são significativamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.4 Discussão

Os resultados obtidos confirmam o efeito do aumento da temperatura sobre a taxa de assimilação líquida de CO₂ e mostram que há diferenças entre os genótipos avaliados.

A eficiência fotossintética está entre os mecanismos fisiológicos relacionados com a tolerância ao calor em batata (WOLF et al., 1990). Em tomate, alterações na atividade fotossintética demonstram claramente a suscetibilidade à alta temperatura (CAMEJO et al., 2005). Em espécies como o trigo, bom rendimento sob estresse térmico está associado a manutenção da taxa de fotossíntese, conteúdo de clorofila e condutância estomática em temperaturas elevadas (YANG et al., 2002).

Em batata, a temperatura ótima para fotossíntese é em torno de 24°C, acima desta, ocorre redução da eficiência do FSII, aumento na respiração de manutenção e há redução da área foliar (AIEN et al., 2011; PRANGE et al., 1990). Segundo Burton (1981), o aumento de 5°C na temperatura ótima causa diminuição de cerca de 25% na taxa fotossintética. Em outros estudos, com temperaturas mais elevadas, os autores observaram reduções na taxa fotossintética que variam de 37% a 45% em genótipos sensíveis ao calor, quando avaliados após tratamento térmico de 40°C em comparação com a taxa à 20°C (HAMMES; DE JAGER, 1990; REYNOLDS et al., 1990). No entanto, Hancock et al. (2013) avaliando plantas de batata expostas a temperaturas levemente elevadas, 30 e 20°C (dia/noite), observaram aumento da taxa líquida de assimilação de carbono, estando de acordo com resultados observados anteriormente por Dwelle et al. (1981), que sugerem que temperaturas de crescimento moderadamente altas, até aproximadamente 30°C, tem impacto positivo na fotossíntese de cultivares descritas como tolerantes ao calor.

A temperatura supraótima de 34°C utilizada neste experimento não afetou significativamente a taxa de assimilação líquida de CO₂ das cultivares Asterix e BRS Pérola em relação à temperatura da condição controle, no entanto estes genótipos aumentaram a condutância estomática e a taxa de transpiração. O aumento na condutância estomática observado, principalmente na cultivar Asterix, também foi observado por outros autores em diversos genótipos de batata (DEMIREL et al., 2017; DWELLE et al., 1981; HANCOCK et al., 2013). Segundo Demirel et al. (2017), o aumento da condutância estomática sob condições de calor pode estar relacionado

ao mecanismo de resfriamento transpiracional em condições de alta temperatura, favorecido pela boa disponibilidade hídrica em que as plantas se encontram.

A taxa de assimilação líquida de CO₂ da cultivar BRS F63 reduziu significativamente na condição de temperatura supraótima, no entanto a condutância estomática não variou entre as temperaturas utilizadas na análise. O declínio na assimilação de carbono devido à alta temperatura pode não ser atribuído às mudanças na condutância estomática (DWELLE et al., 1981).

A redução na taxa de assimilação líquida de CO₂ do genótipo BRS F63 na condição de temperatura supraótima possivelmente está relacionada a danos nos centros de reação do FSII, como pode ser confirmado pela resposta para eficiência quântica máxima do FSII para este genótipo. Alterações na emissão de fluorescência da clorofila *a* em organismos fotossintetizantes são resultados de modificações na atividade fotossintética, principalmente alterações na capacidade do mesófilo, que dependem da atividade da Rubisco e da capacidade de transporte de elétrons fotossintéticos para regenerar Rubisco (BAKER; ROSENQVIST, 2004; FELLER et al., 1998).

O genótipo Asterix quando cultivado em condição de temperatura supraótima teve uma redução significativa no rendimento quântico efetivo do FSII Y(II), quando confrontado com à condição controle, indicando que a temperatura influenciou negativamente na eficiência fotoquímica deste genótipo. Portanto, a dissipação da energia luminosa captada pela clorofila direcionada para a fotossíntese é menor, havendo maior dissipação na forma de calor (CHAVES, 2015).

O efeito da temperatura supraótima na atividade fotossintética do genótipo BRS F63 refletiu em reduções tanto na parte aérea, quanto no rendimento de tubérculos, bem como no teor de matéria seca. A redução da área fotossinteticamente ativa devido à redução da eficiência do FSII em plantas sob estresse por calor afeta diretamente a produção final de tubérculos (FAGUNDES et al., 2010; PRANGE et al., 1990). Além de declínio na fotossíntese, o aumento na condutância estomática e na transpiração sob condições de alta temperatura resultam em uma diminuição na produção de tubérculos (DEMIREL et al., 2017). Estes dados demonstram a sensibilidade deste genótipo à alta temperatura e corroboram com as recomendações de cultivo da cultivar BRS F63 na região Sul e nas demais regiões produtoras do Brasil apenas nas épocas mais frias (BISOGNIN; STRECK, 2009).

O embonecamento dos tubérculos ocorre após um período de condições ambientais desfavoráveis. A ocorrência de tubérculos embonecados é favorecida por temperaturas do solo acima de 27°C, além de estar associado à disponibilidade irregular de nutrientes de solo e à desfolha da planta (HOOKER, 1981). Guedes (2018) observou um aumento de 33,5% em média desta desordem fisiológica em genótipos cultivados na safra das águas, que corresponde a mais de 45% da produção total brasileira. A maioria das cultivares utilizadas no Brasil apresentam problemas com embonecamento (FELTRAN; LEMOS, 2005). Estes autores observaram que para a cultivar Asterix, 18% da produtividade total é comprometida pelo crescimento secundário quando cultivado em condições de campo com temperatura média de 26°C.

Os genótipos Asterix e BRS Pérola apresentaram um elevado número de tubérculos embonecados, demonstrando maior suscetibilidade a este problema na condição supraótima. A frequência do aparecimento de tubérculos com este distúrbio, além de um fator ambiental, também tem forte influência genética (HIRANO; LOPES, 2015).

Hancock et al. (2014) concluíram que as plantas de batata, cultivadas em temperaturas moderadamente elevadas, não exibem sintomas clássicos de estresse abiótico, mas que o desenvolvimento do tubérculo responde através de uma diversidade de sinais bioquímicos e moleculares. Segundo Demirel et al. (2017), características fisiológicas e de crescimento vegetativo podem ser utilizadas para selecionar genótipos de batata tolerantes ao calor com alto rendimento em condições de campo. Em programas de melhoramento vegetal onde grande número de genótipos precisa ser avaliado, a utilização de avaliações fisiológicas não destrutivas pode contribuir na seleção de genótipos com maior tolerância ao calor, fornecendo informações diretamente ligadas ao rendimento final precocemente (LEVY; VEILLEUX, 2007; SOUSA et al., 2015).

3.5 Conclusões

Em condições supraótimas, genótipos com maiores taxas de assimilação de CO₂, taxas de transpiração e eficiência quântica máxima do fotossistema II apresentam maior rendimento de tubérculo. Portanto, estas variáveis podem ser utilizadas para seleção indireta para tolerância ao calor em batata.

4. CAPÍTULO III – Efeito da temperatura supraótima em genótipos de batata: predição de valor genotípico.

4.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é considerada um alimento básico em todo o mundo por ser capaz de fornecer mais carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas por unidade de área e menor tempo de cultivo do que outras culturas alimentares, o que a torna fundamental para a segurança alimentar global. Atualmente é a terceira cultura alimentar mais importante em termos de consumo humano, ficando atrás apenas do arroz (*Oryza sativa*) e do trigo (*Triticum* spp.) (HAMEED et al., 2018; TANG et al., 2018).

A cultura da batata tem sua origem nas terras altas dos Andes e necessita de clima ameno para que ocorra a tuberização (LOPES et al., 2011). De maneira geral, a temperatura ideal para o crescimento da parte aérea da planta é de 20 a 25°C e, para a formação de tubérculos, entre 15 e 20°C (LEVY; VEILLEUX, 2007). Segundo Lovato (1993), um diferencial entre as temperaturas diurnas e noturnas é tão importante quanto as médias de temperatura para cultura da batata. Enquanto as temperaturas noturnas afetam o início da tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, as temperaturas diurnas têm maior efeito no desenvolvimento da parte aérea (BOADLEANDER et al., 1963).

No Brasil, a média de produtividade em 2017 foi de 30 t ha⁻¹, enquanto países como Alemanha e Bélgica produziram mais de 45 t ha⁻¹ de batata (FAOSTAT, 2019). As cultivares de batata mais plantadas no Brasil foram desenvolvidas em regiões temperadas, e, quando submetidas ao clima tropical, não conseguem expressar todo seu potencial produtivo, além de apresentarem problemas na qualidade do tubérculo (GUEDES, 2018).

A expansão da produção de batata nos países em desenvolvimento, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, e o cenário de mudança climática global, o qual, segundo estimativas, pode causar uma redução de 18 a 32% na produtividade de batata até 2050, faz com que o desenvolvimento de genótipos de

batata tolerantes à alta temperatura seja considerado uma das prioridades na maioria dos programas de melhoramento genético, a fim de garantir a sustentabilidade da produção de batata (DEMIREL et al., 2017; HAVERKORT; VERHAGEN, 2008; HIJMANS, 2003; TANG et al., 2018).

Estudos das características relacionadas à tolerância à alta temperatura em batata vem sendo desenvolvidos por grupos de pesquisa de diversas partes do mundo, e ganharam ênfase atualmente frente ao cenário de mudanças climáticas (EWING, 1981; BASU; MINHAS, 1991; AHN et al., 2004; STRUIK, 2007; SCHAFLEITNER et al., 2011; HANCOCK et al., 2014; MOREIRA et al., 2015; KIM et al., 2017; TRAPERO-MOZOS et al., 2017; TANG et al., 2018). Nestes estudos estão incluídas variáveis relacionadas a atividade fotossintética devido à sensibilidade deste sistema à temperatura (BERRY; BJORKMAN, 1980).

A alta temperatura causa um desequilíbrio entre a fotossíntese e a respiração. Em geral, a elevação da temperatura reduz as taxas fotossintéticas e aumenta a fotorrespiração, levando a um gasto energético e prejudicando o rendimento de tubérculos (WAHID et al., 2007). Assim, o desenvolvimento da parte aérea e mudanças na alocação de biomassa em detrimento do tubérculo, são indicativos da magnitude do efeito da alta temperatura na planta (LOVATO, 1993).

Desta forma, a compreensão de respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares às temperaturas elevadas podem contribuir para facilitar o desenvolvimento de estratégias de melhoramento, visando obter avanços na seleção de genótipos de batata tolerantes a estas condições (NAVARRO et al., 2011; HANCOCK et al., 2014).

O estresse por calor é uma função complexa da intensidade, da duração, da taxa de aumento da temperatura e da sensibilidade de cada fase específica de desenvolvimento da planta (WAHID et al., 2007). A seleção direta em condições de campo é geralmente difícil, visto que, o controle das condições ambientais é muito difícil de ser obtido. Uma alternativa é a seleção em ambientes controlados, pois possibilitam controlar a temperatura e isolar o efeito do estresse por alta temperatura dos demais fatores externos (SOUZA et al., 2011).

Considerando que características fisiológicas e de desenvolvimento da planta são diretamente afetados pelo aumento da temperatura acima do ótimo, estas podem ser utilizadas para identificar os genótipos de batata com maior tolerância à alta temperatura. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos de batata

com base em caracteres morfoagronômicos e fisiológicas quando cultivados sob condições de temperatura supraótima em relação à condição ótima, a fim de identificar quais são as variáveis resposta mais influenciadas pela temperatura supraótima, bem como a relação entre os caracteres e o comportamento dos genótipos perante esta condição.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Material vegetal

O experimento foi realizado na plataforma de fenotipagem na sede da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas/RS, entre os meses de março e junho de 2018. Foram avaliados 18 genótipos de batata que fazem parte do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa. O germoplasma avaliado foi selecionado com base em dados de genealogia, estrutura de população e resultados em outros experimentos do programa de melhoramento de batata, buscando maior representatividade da variabilidade genética de *Solanum tuberosum* conservada no BAG (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação, genealogia e país de origem dos 18 genótipos de batata avaliados quanto à resposta à temperatura supraótima. Pelotas, 2019

Genótipo	Genitor		Origem
	Feminino	Masculino	
Cruza 148	Desconhecido	Desconhecido	México
Iporá	Achirana	7XY.1	Uruguai
WA.077/320	CR93.221	C93.154	Peru
Yagana	Hydra	904/61	Chile
Achirana	MPI61.375/23	B25.65	Argentina
Cota	Santo Amor	Santo Amor	Brasil
F31-05-08	Rioja	C1316-8-82	Brasil
RM9825-05	Atzimba	81M47.8	Peru
C2076-2-00	Santo Amor	C92.187	Brasil
Desiree	Urgenta	Depesche	Holanda
F50-08-01	Rioja	C1316-8-82	Brasil
Granola	3333/60	267.04	Alemanha
Agata	52/72/2206	Sirco	Holanda
Asterix	Cardinal	VE70-9	Holanda
BRS Ana	C1750-15-95	Asterix	Brasil
BRSIPR Bel	Rioja	C1740-11-95	Brasil
F183-08-01	BRS Ana	C2372-02-02	Brasil
BRS Pérola	2CRI-1149-1-78	Granola	Brasil

4.2.2 Condições de cultivo das plantas

Tubérculos de tamanhos uniformes foram alocados em esponjas fenólicas e após 20 dias foram transplantados para sacos plásticos previamente preenchidos com aproximadamente 5 kg de substrato organo-mineral. As plantas foram mantidas em casa de vegetação até os 27 dias, quando atingiram o estágio de emergência. Posteriormente, foram levadas para câmaras de crescimento e expostas a dois gradientes de temperatura, controle, com amplitude térmica de 14 a 27°C, e supraótima com amplitude de 24 a 34°C (Tabela 2). O fotoperíodo foi de 12 horas (7:00 às 19:00h) com intensidade de luz de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aproximadamente, onde permaneceram até o momento da colheita, aos 89 dias após o plantio.

Tabela 2. Gradiente de temperatura e umidade relativa (UR%) programados nas câmaras de crescimento para condição de temperatura controle e supraótima, durante o desenvolvimento das plantas. Pelotas, 2019.

Período (Horas)	Temperatura (°C)		UR%
	Controle	Supraótima	
00:00 – 04:00	19	27	65
04:00 – 06:00	15	26	65
06:00 – 09:00	14	25	65
09:00 – 10:00	16	24	50
10:00 – 11:00	19	27	50
11:00 – 12:00	23	30	50
12:00 – 14:00	25	31	50
14:00 – 18:00	27	34	50
18:00 – 21:00	26	31	50
21:00 – 00:00	23	28	65

O delineamento adotado foi blocos aumentados. Os genótipos Agata, Asterix, BRS Ana, BRSIPR Bel, F183-08-01 e BRS Pérola, foram utilizados como tratamentos comuns, repetidos em três blocos. A parcela foi composta por três plantas.

4.2.3 Análises fisiológicas

4.2.3.1 Análises de trocas gasosas

Parâmetros das trocas gasosas foram mensurados nas plantas aos 14, 21, 28 e 35 dias após início do tratamento (DAIT) usando um analisador de gás no

infravermelho IRGA (modelo LI- 6400XT LI-COR, Inc., Lincoln, NE, EUA). As medições foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste, em uma planta de cada genótipo, previamente irrigada e adaptada por no mínimo 30 minutos à temperatura de 24°C, para plantas da condição de temperatura controle, e 34°C, para plantas da condição supraótima. A concentração de CO₂ utilizada na câmara foi de 400 µmol mol⁻¹ e uma densidade de fluxo de fótons de 400 µmol de fótons m⁻² s⁻¹, usando a fonte de luz da LI-COR, anexada na câmara de medição. Foram mensuradas a taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), a condutância estomática (*g_s*) e a taxa de transpiração (*E*).

4.2.3.2 Análises da fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila foi mensurada aos 14, 21, 28 e 35 dias após início do tratamento (DAIT) usando um fluorômetro PAM-2500 (Walz Heinz GmbH, Effeltrich, Alemanha). Previamente as mensurações, as plantas foram irrigadas e adaptadas ao escuro por no mínimo 30 min e a temperatura de 24°C para plantas da condição de temperatura controle, e 34°C, para plantas da condição supraótima. A fluorescência inicial (*F_o*) nos centros abertos do fotossistema II foi determinada por luz de medição (menos de 30 µmol m⁻² s⁻¹), enquanto a fluorescência máxima (*F_m*) em centros fechados ou em estado reduzido do FSII foi avaliada após a aplicação de um pulso de 0,8 segundos de luz de saturação (7000 µmol m⁻² s⁻¹).

As curvas de indução foram feitas por pulso de luz de saturação, aplicada a cada 20 segundos, até alcançar o estado estacionário. Durante as medições, a luz actínica (luz vermelha) foi ativada para quantificar o estado estacionário da fluorescência da clorofila. Em plantas no estado adaptado à luz, a fluorescência máxima (*F_m'*) foi analisada através da aplicação de pulso saturante, enquanto a fluorescência inicial (*F_o'*) foi avaliada desligando a luz actínica durante 2 segundos, após o pulso de saturação e acendendo a luz vermelho-distante.

A eficiência quântica máxima do fotossistema II (*F_v/F_m*) foi definida como (*F_m*-*F_o*)/*F_m*, e o rendimento quântico fotoquímico efetivo do fotossistema II (*Y(II)*) foi definido como (*F_m'*-*F_s*)/*F_m'* 281 µmol m⁻² s⁻¹ (BAKER, 2008). As avaliações foram realizadas na terceira folha expandida a partir do topo da haste, nas mesmas plantas avaliadas na análise de trocas gasosas.

4.2.3.3 Índice de clorofila (IC)

As medições foram realizadas com o auxílio de um clorofilômetro portátil Soil plant analysis development (SPAD) (Minolta SPAD 502 Osaka, Japan). Os dados foram coletados na terceira e quarta folhas totalmente expandida a partir do ápice da planta, em seis pontos de cada folha, e calculada a média aritmética.

4.2.4 Avaliações morfoagronômicas

As análises morfoagronômicas foram realizadas no momento da colheita dos tubérculos, aos 89 dias após o plantio e com 61 dias de exposição aos tratamentos, com exceção do ciclo de desenvolvimento que foi avaliado aos 82 dias após o plantio. Foram avaliadas as seguintes variáveis:

4.2.4.1 Ciclo vegetativo (CICLO)

O ciclo vegetativo foi determinado através de avaliação visual atribuindo-se nota segundo o grau de senescência da planta antes da colheita, onde a nota um (1) representa plantas completamente verdes (0% de senescência), nota dois 25% da planta senescente, nota três, 50% da planta senescente, nota quatro 75% da planta senescente e nota cinco, para plantas completamente senescentes (100% de senescência).

4.2.4.2 Número de hastes por planta (NH)

Foram contados o número total de hastes de cada planta.

4.2.4.3 Área foliar (AF) (m²)

Para determinação da AF, as folhas foram separadas das hastes e passadas em um medidor de área foliar (modelo LI-3000 LI-COR).

4.2.4.4 Número total de tubérculos (NTT)

O número total de tubérculos que cada planta produziu foi contado.

4.2.4.5 Massa total de tubérculos (MTT) (g.planta⁻¹)

A massa total dos tubérculos produzidos por planta foi determinada utilizando balança de precisão.

4.2.4.6 Massa média dos tubérculos (MMT)

A massa média foi calculada pela divisão da massa total de tubérculos pelo número total de tubérculos.

4.2.4.7 Teor de matéria seca (MS)

A determinação da matéria seca dos tubérculos foi realizada utilizando uma amostra composta por cinco tubérculos, os quais foram triturados e homogeneizados. Uma amostra de 30 g foi colocada em uma placa de metal e determinado a massa fresca (MF) exata da amostra. Após a amostra foi colocada em estufa com circulação de ar à 65°C para secagem até peso constante, quando então foi obtida a MS. Estes dados foram utilizados para determinar a percentagem de MS através da fórmula:

$$MS = (MS/MF) \times 100$$

4.2.4.8 Massa seca da parte aérea (MSPA) (g.planta⁻¹)

A parte aérea composta por folhas e hastes da planta foi colocada em estufa com circulação de ar à 65°C até atingir peso constante, quando foi realizada a pesagem.

4.2.5 Análise dos dados

Foram estimados os valores genotípicos para todas as variáveis mensuradas. As análises estatísticas foram realizadas usando a metodologia de modelo linear misto (RESENDE, 2007; RESENDE, 2016).

Considerando o delineamento de blocos incompletos aumentados, foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y = Xf + Zg + Wb + Ti + e,$$

onde: “y” é o vetor de dados, “f” é o vetor dos efeitos assumidos como fixos, “b” é o vetor dos efeitos ambientais de blocos assumidos como aleatórios, “g” é o vetor dos efeitos genotípicos assumidos como aleatórios, “i” é vetor dos efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatórios) e E o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). X, Z, W e T representam a matriz de incidência para os respectivos efeitos.

Os valores genotípicos preditos para cada genótipo, por local, foram dados por $u+g+ge$, que se refere aos valores genotípicos capitalizando a interação com o ambiente. Todas as análises foram realizadas utilizando o software Selegen-REML/BLUP.

4.2.5.1 Ranqueamento dos genótipos

Os genótipos foram ordenados para cada variável mensurada de acordo com o valor genotípico estimado, com base no modelo, utilizando a abordagem REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada).

4.2.5.2 - Redução relativa (RR%)

A RR% foi calculada para as variáveis avaliadas, com exceção do ciclo, pela relação entre os valores obtidos na condição de temperatura controle e supraótima, conforme a equação descrita por Anithakumari et al. (2012).

$$RR\% = (\text{Controle-Supraótima})/(\text{Controle}) * 100$$

4.2.5.3 Análise de componentes principais

Com base no valor genotípico predito para cada genótipo, em cada condição de temperatura, controle e supraótima, foi realizada a análise de componentes principais para as variáveis morfoagronômicas, com exceção da área foliar na condição supraótima, e para as variáveis fisiológicas, com exceção da Fv/Fm aos 21 e 28 DAIT e Y(II) aos 21 DAIT para ambas condições de temperatura, e ainda, Y(II) aos 28 DAIT na condição controle. Para realizar estas análises foi utilizado o pacote estatístico GenStat 11th edition.

4.2.5.4 Análise de correlações

Com base no valor genotípico estimado para cada genótipo foi realizada a análise de correlação de Pearson para cada condição de temperatura. As variáveis Fv/Fm21 e Y(II)21 não foram incluídas na análise na condição supraótima e, além destas, na condição controle, a Y(II)28 também não foi incluído devido a problemas nas leituras dos dados de alguns genótipos. Para realizar estas análises foi utilizado o pacote estatístico GenStat 11th edition. As correlações foram classificadas em: nula ($r=0$), fraca ($0 < |r| \leq 30$), média ($30 < |r| \leq 60$), forte ($60 < |r| \leq 90$), fortíssima ($90 < |r| < 1$) e perfeita ($|r|=1$), de acordo com Carvalho et al. (2004).

4.3 Resultados

4.3.1 Ranqueamento dos genótipos

Os genótipos foram ranqueados, para cada variável avaliada, em cada uma das condições de temperatura, de acordo com o seu valor genotípico predito. Os valores genotípicos preditos e a classificação dos genótipos são mostrados no material suplementar (Apêndices C e D).

4.3.1.1 Análises fisiológicas

4.3.1.1.1 Análise de trocas gasosa

Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A): A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) foi avaliada, aos 14, 21, 28 e 35 dias após as plantas serem expostas à condição de temperatura supraótima. Quando avaliadas aos 14 DAIT a A média na condição de temperatura controle foi de 21,64 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição supraótima foi de 22,95 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 1). A amplitude de variação foi de 20,54 a 22,44 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle, para BRS Pérola e BRSIPR Bel, respectivamente, e de 22,37 a 23,72 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima, para Achirana e BRS Pérola, respectivamente.

Aos 21 DAIT, a média para A na condição de temperatura controle foi de 20,23 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição supraótima 21,23 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de 19,74 a 21 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle e de 20,72 a 21,94 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima. O genótipo RM9825-05 apresentou a menor A e o genótipo BRSIPR Bel a maior em ambas condições de temperatura.

Na avaliação aos 28 DAIT a média de A no controle foi 19,40 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na supraótima para 19,87 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de 18,66 a 19,88 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle e de 19,03 a 20,84 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima. O genótipo BRSIPR Bel apresentou maior A enquanto o genótipo F183-08-01 apresentou os valores mais baixos nas condições controle e supraótima.

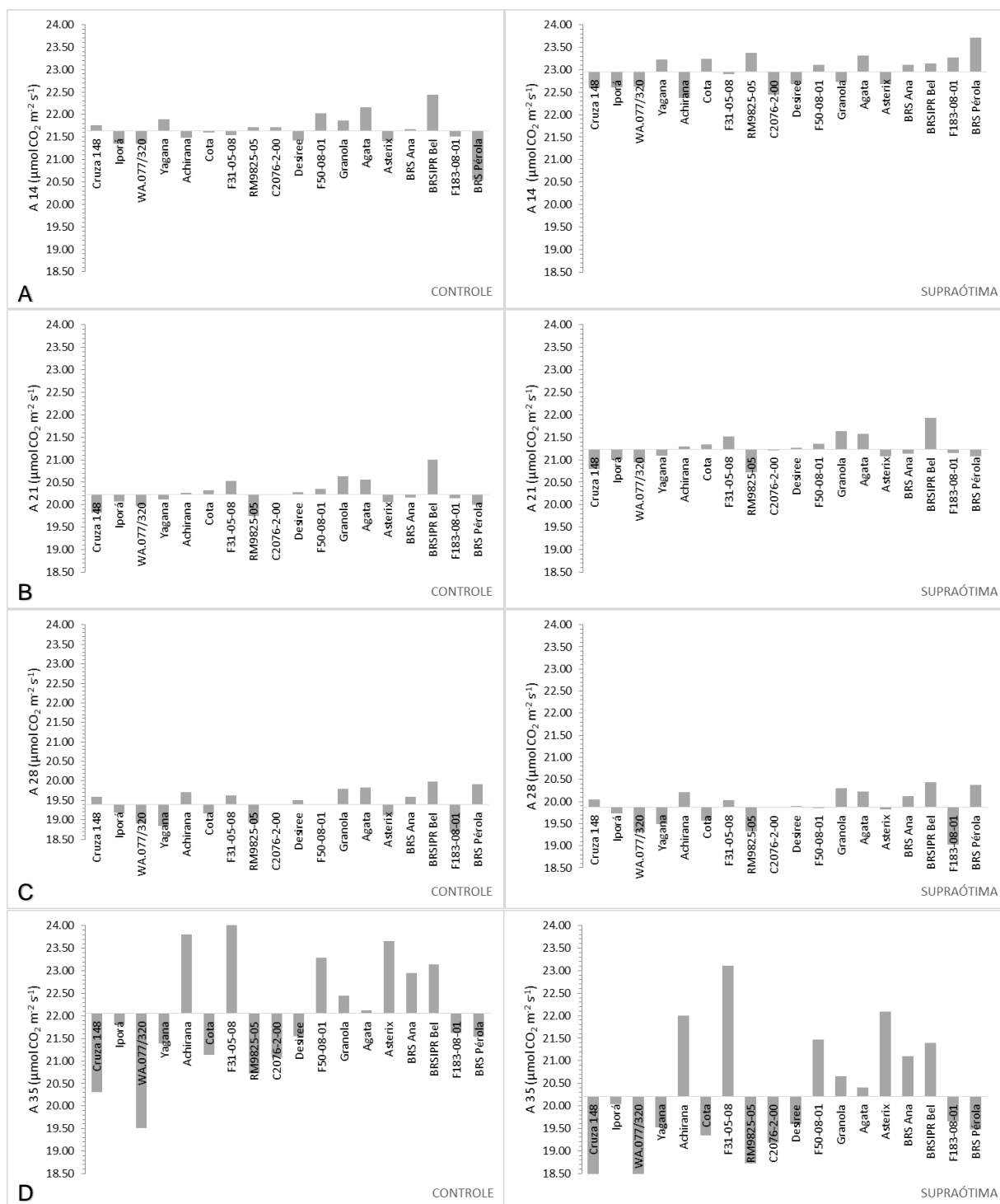


Figura 1. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Aos 35 DAIT a média dos valores genotípicos para A na condição controle foi de $22,05 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição supraótima foi de $20,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de 19,5 a $24,79 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle e de 17,61 a $23,11 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima. O genótipo WA.077/320

apresentou os valores mais baixos de A e o genótipo F31-05-08 os maiores valores nas duas condições de temperatura.

Condutância estomática (g_s): a média dos valores genotípicos para g_s aos 14 DAIT na condição de temperatura controle foi de $0,71 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,92 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima (Figura 2). A amplitude de variação foi de $0,64$ a $0,78 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle e de $0,84$ a $1,02 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima. O genótipo Cruza 148 apresentou os valores mais baixos de g_s e F31-05-08 os maiores valores tanto no controle quanto na supraótima.

Aos 21 DAIT a média dos valores de g_s na condição de temperatura controle foi de $0,76 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na condição supraótima $0,82 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de $0,68$ a $0,95 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle, para Cruza 148 e BRSIPR Bel, respectivamente, e de $0,71$ a $1 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima, para Cruza 148 e Asterix, respectivamente.

Na avaliação seguinte, aos 28 DAIT, as médias para g_s das duas condições de temperatura foram iguais, $0,85 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de $0,7$ a $0,9 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para ambas condições. O genótipo BRSIPR Pérola apresentou maior valor de g_s no controle, enquanto a Asterix a maior na supraótima. Os menores valores de g_s foram dos genótipos Yagana na condição de temperatura controle e F183-08-01 na supraótima.

Na avaliação com 35 DAIT a média da condição controle foi de $0,77 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e na supraótima foi $0,71 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A amplitude de variação foi de $0,41$ a $0,99 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição controle e de $0,48$ a $0,93 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condição supraótima. Na condição controle o genótipo WA.077/320 apresentou o menor valor de g_s e Desiree o maior. Na condição supraótima o genótipo Cruza 148 apresentou o menor de g_s e RM9825-05 o maior.

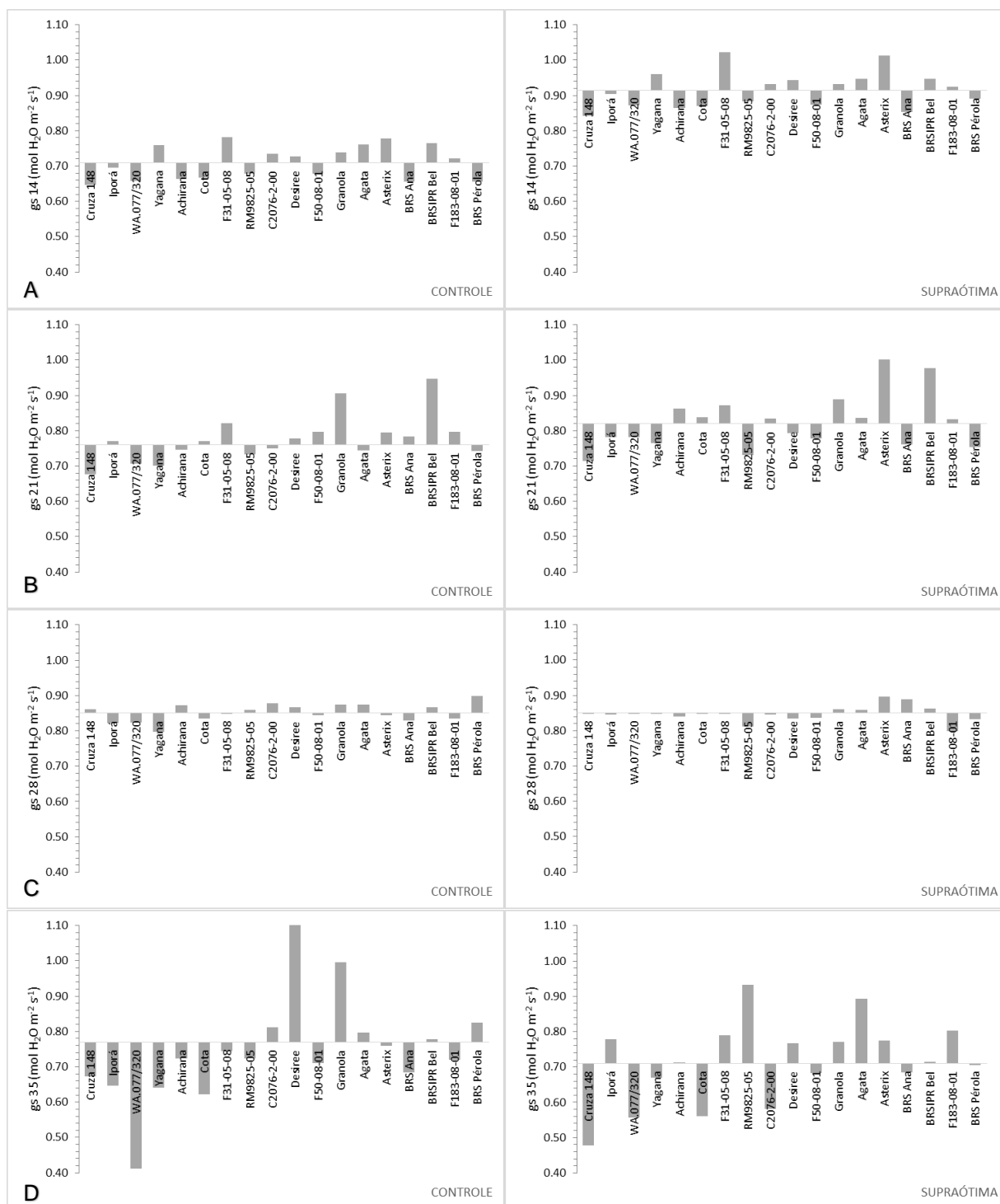


Figura 2. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável condutância estomática (gs), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Taxa de transpiração (*E*): aos 14 DAIT a média para *E* na condição de temperatura controle foi de 6,65 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ enquanto na condição supraótima foi de 12,81 mmol H₂O m⁻²s⁻¹ (Figura 3). A amplitude de variação foi de 6,21 a 7,03 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição controle, para BRS Pérola e BRSIPR Bel, respectivamente, e de 12,2 a 13,36 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição supraótima, para Cruza 148 e Asterix, respectivamente.

Na avaliação aos 21 DAIT a média na condição controle foi de 6,58 mmol H₂O m⁻²s⁻¹, e na condição supraótima, 11,69 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. A amplitude de variação foi de 6,31 a 7 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição controle e de 11,18 a 12,33 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição supraótima. O genótipo BRSIPR Bel apresentou a maior *E* na condição controle e também na condição supraótima, e Cruza 148 as menores *E* em ambas condições de temperatura.

Na avaliação aos 28 DAIT a média para *E* na condição de temperatura controle a média foi de 6,03 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ e na condição supraótima foi de 10,47 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. A amplitude de variação foi de 5,58 a 6,23 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição controle, para Yagana e Desiree, respectivamente, e de 9,84 a 10,98 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição supraótima, para F183-08-01 e Asterix, respectivamente.

Na avaliação, aos 35 DAIT, a média para *E* na condição controle foi 7,31 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ e na condição supraótima a média foi de 11,65 mmol H₂O m⁻² s⁻¹. A amplitude de variação foi de 5,49 a 8,27 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição controle e de 9,76 a 12,71 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ na condição supraótima. Em ambas condições, controle e supraótima, o genótipo Granola apresentou os maiores valores para *E* e o genótipo WA.077/320 os menores.

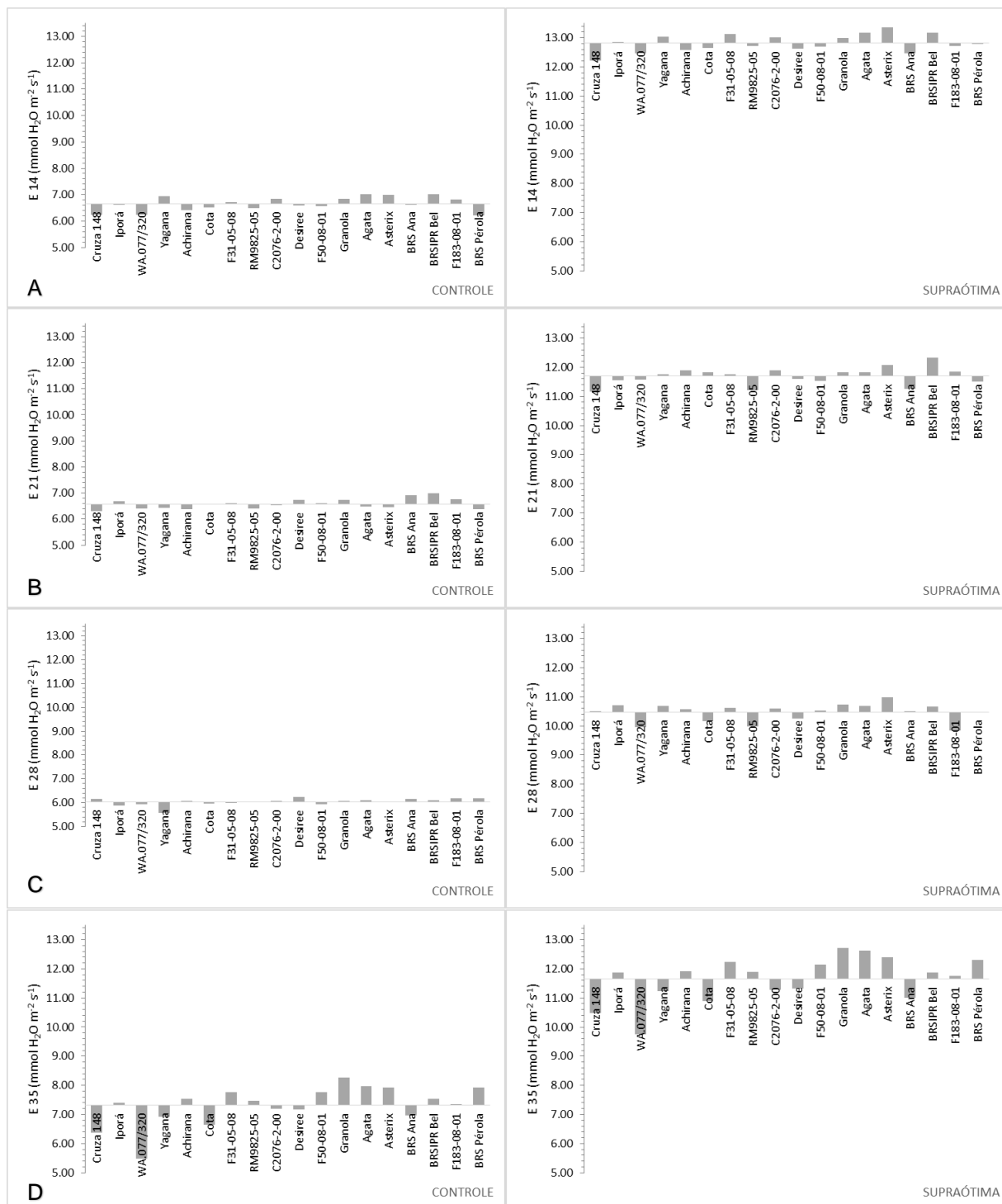


Figura 3. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável taxa de transpiração (E), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

4.3.1.1.2 Fluorescência da clorofila

Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm): na condição de temperatura controle a média para Fv/Fm aos 14 DAIT foi de 0,66 e na condição supraótima foi de 0,76 (Figura 4). O genótipo Agata apresentou os maiores valores de Fv/Fm no controle (0,68) e na condição supraótima (0,74), enquanto o genótipo RM9825-05 apresentou os valores mais baixos, 0,61 e 0,67 nas condições controle e supraótima, respectivamente. Aos 21 DAIT a média na condição controle foi de 0,76 e na supraótima foi 0,74. Na condição controle o maior valor para Fv/Fm foi 0,76 do genótipo BRS Ana e o menor valor 0,75 para o genótipo Agata. Na condição supraótima F50-08-01 teve maior Fv/Fm e F183-08-01 a menor.

Na avaliação aos 28 DAIT a média na condição controle foi de 0,77 e na condição supraótima foi de 0,75. O genótipo F50-08-01 apresentou maior valor de Fv/Fm na condição controle (0,78) e Yagana o menor valor (0,74), enquanto na condição supraótima BRS Ana apresentou o maior valor para Fv/Fm (0,77) e RM9825-05 o menor (0,72). Na avaliação aos 35 DAIT, a média na condição controle foi de 0,76 e na condição supraótima foi de 0,74. Em ambas condições de temperatura o genótipo F50-08-01 apresentou os maiores valores de Fv/Fm, 0,78 e 0,76 no controle e supraótima, respectivamente, e o genótipo Cota os valores mais baixos 0,73, no controle e 0,71 na condição supraótima.

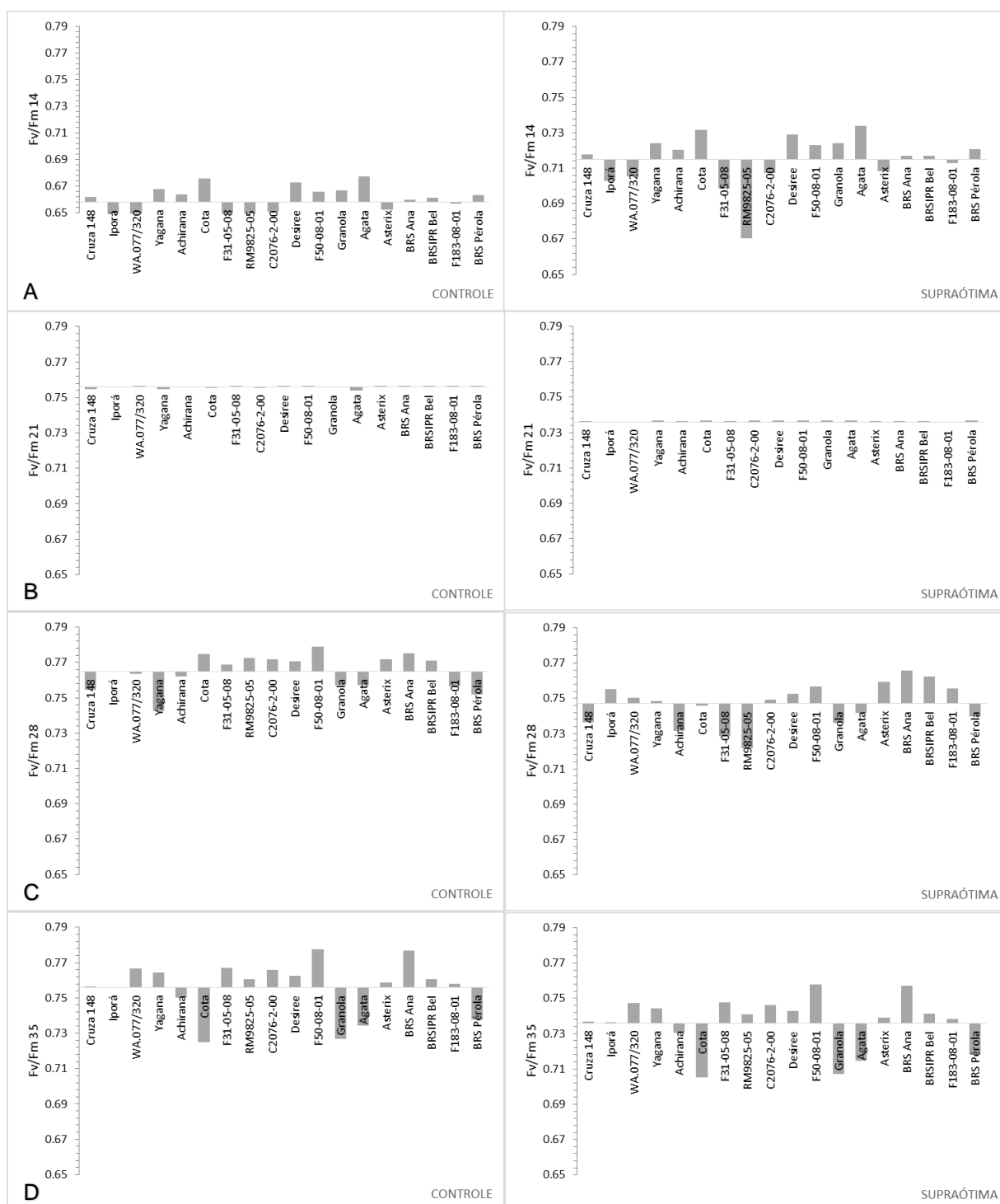


Figura 4. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para o parâmetro eficiência quântica máxima do FSII (F_v/F_m), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y(II)): na avaliação aos 14 DAIT na condição controle a média para o Y(II) foi de 0,096, enquanto na supraótima a média foi de 0,218 (Figura 5). O genótipo Agata apresentou o maior valor de Y(II) no controle e na supraótima, 0,157 e 0,284, respectivamente. O genótipo RM9825-05 apresentou valor mais baixo tanto na condição controle, quanto na supraótima, 0,05 e 0,171, respectivamente. Aos 21 dias de tratamento a média na condição controle foi de 0,289 e na condição supraótima 0,246. Na condição controle o genótipo com maior valor para o Y(II) foi Granola (0,35) e o menor valor foi de 0,24 do genótipo Cota. Na condição supraótima BRS Pérola apresentou o maior Y(II) 0,32, e WA.077/320 o menor valor, 0,093.

Quando avaliados aos 28 DAIT a média do Y(II) na condição controle foi de 0,133 e na supraótima foi de 0,143. O genótipo com maior Y(II) no controle foi C2076-2-00 (0,17) e na supraótima foi o genótipo Agata (0,189). Em ambas condições o genótipo com menor Y(II) foi WA.077/320, 0,09 no controle, e 0,111 na condição supraótima. Na avaliação, aos 35 DAIT, a média na condição controle foi de 0,132 e na supraótima 0,166. Em ambas condições de temperatura, controle e supraótima, o genótipo com maior valor de Y(II) foi F50-08-01, 0,2 e 0,233, respectivamente, e o com menor valor foi Yagana, 0,1 e 0,134.

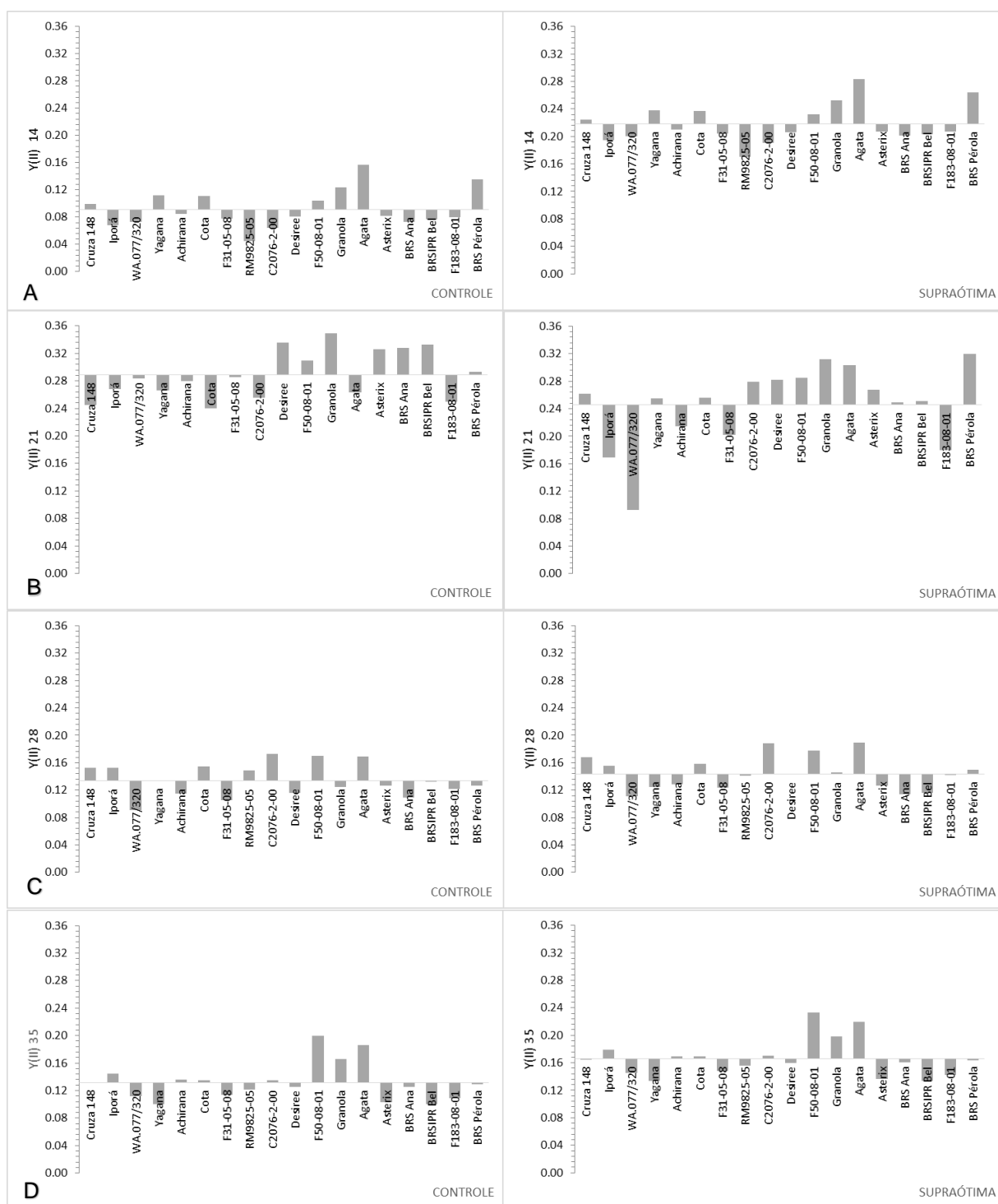


Figura 5. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII (Y(II)), aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) dias após o início dos tratamentos nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

4.3.1.1.3 Índice de clorofila (IC)

Em média o índice de clorofila foi de 28,69 na condição de temperatura controle e 30,93 na condição supraótima (Figura 6). A amplitude de variação foi de 22,99 a 33,84 no controle, e de 25,17 a 36,13 na supraótima. Os genótipos Cruza 148, F31-05-08, WA.077/320, RM9825-05, BRSIPR Bel, Asterix, F183-08-01 e F50-08-01 foram superiores à média em ambas condições de temperatura. Em ambas condições de temperatura o genótipo Agata apresentou o menor IC, enquanto Cruza 148 o maior IC.

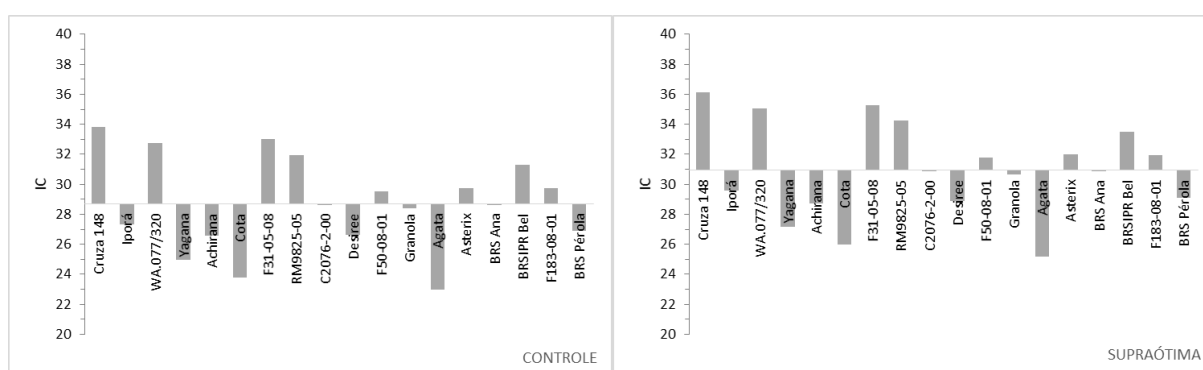


Figura 6. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável Índice de clorofila, com média de 28,69 na condição de temperatura controle e de 30,93 na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

4.3.1.2 Avaliações morfoagronômicas

Ciclo: a média dos valores genotípicos preditos para a nota na avaliação do ciclo no controle foi de 2,15, e na condição supraótima, foi de 3,16 (Figura 7). A amplitude de variação foi de 1,64 a 2,89 no controle e 2,65 a 3,39 na supraótima. Os genótipos Agata e BRS Pérola foram os mais precoces, apresentaram notas acima de 2,5 na condição controle e acima de 3,5 na condição supraótima. O genótipo RM9825-05 foi o mais tardio, apresentado os valores mais baixos para nota atribuída ao ciclo, 1,6 e 2,7 nas condições controle e supraótima, respectivamente.

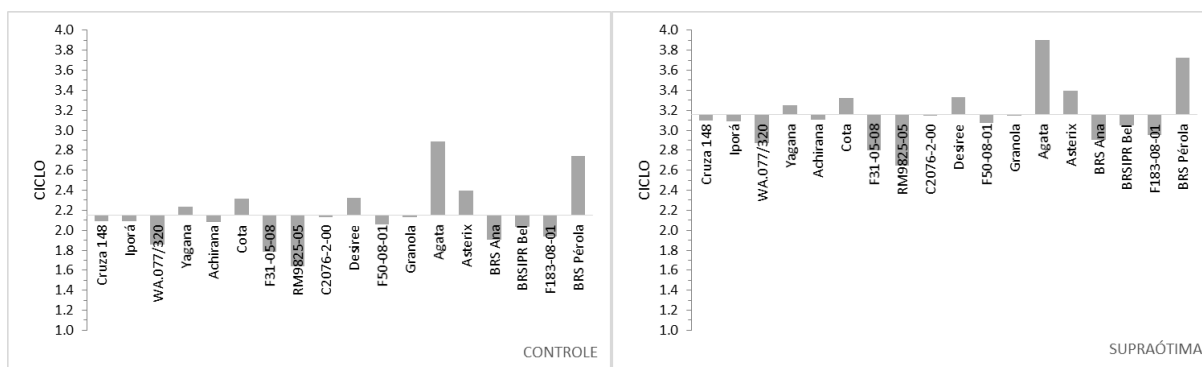


Figura 7. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável ciclo, com média de nota de avaliação de 2,15 na condição de temperatura controle e de 3,16 na condição de temperatura supraótima em uma escala de 1 a 5. Pelotas, 2019.

Número de hastes (NH): Os valores genotípicos preditos para NH por planta apresentaram valor médio de 2,38 hastes no controle, e 2,27 na condição supraótima (Figura 8). O genótipo Cruza 148 apresentou o menor NH em ambas condições de temperatura, 1,48 no controle e 1,37 na supraótima, enquanto o genótipo BRS Pérola apresentou o maior valor, 3,30 e 3,19 hastes no controle e na supraótima, respectivamente.

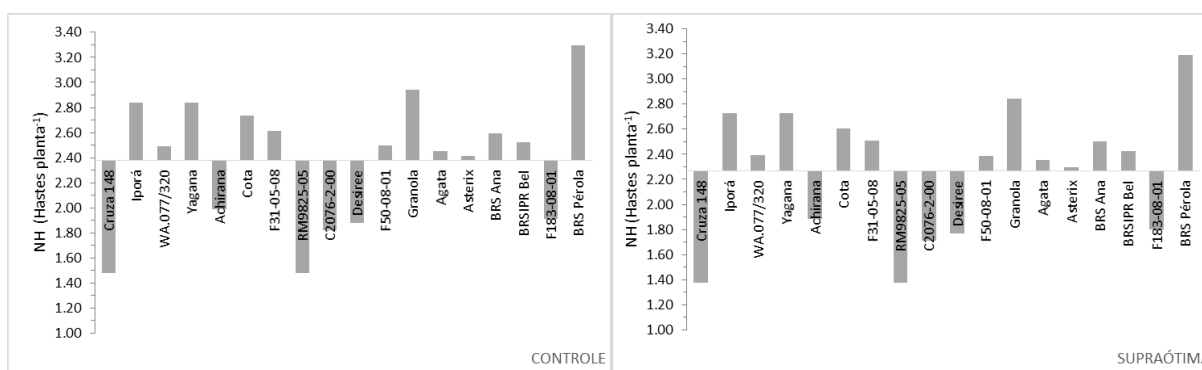


Figura 8. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável número de hastes (NH), com média de 2,38 hastes por planta na condição de temperatura controle e de 2,27 hastes por planta na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Área foliar (AF): Para os genótipos Desiree, Granola e Agata não foi possível estimar a variável AF na condição de temperatura supraótima em função destes genótipos apresentarem avançado estágio de senescência no momento da colheita.

Os valores genotípicos preditos para AF apresentaram valor médio de 0,29m² na condição controle, e de 0,17m² na supraótima (Figura 9). A amplitude de variação foi de 0,23m² a 0,36m² no controle e de 0,12m² a 0,21m² na condição supraótima. Em

ambas as condições de temperatura o genótipo BRS Pérola apresentou a menor área foliar, e BRS Ana a maior.

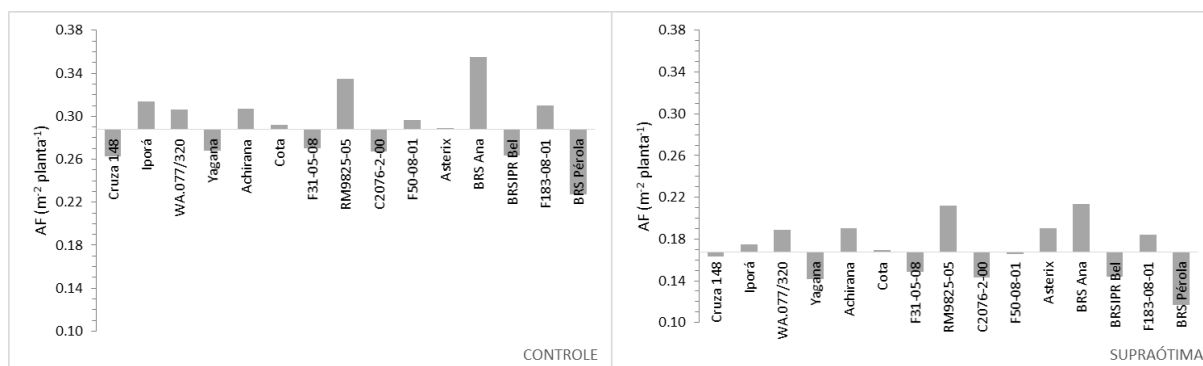


Figura 9. Valores genotípicos preditos em 15 genótipos de batata para a variável Área foliar (AF), com média de 0,29m² na condição de temperatura controle e de 0,17m² na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Número total de tubérculos (NTT): Os valores genotípicos preditos para NTT apresentaram valor médio de 12,02 na condição controle e de 8,93 na supraótima (Figura 10). A amplitude de variação foi de 6,40 a 21,21 no controle e de 2,05 a 22,30 na supraótima. O genótipo C2076-2-00 apresentou o menor NTT em ambas condições de temperatura, enquanto o genótipo Yagana apresentou o maior valor de NTT na condição controle e Agata o maior na condição supraótima.

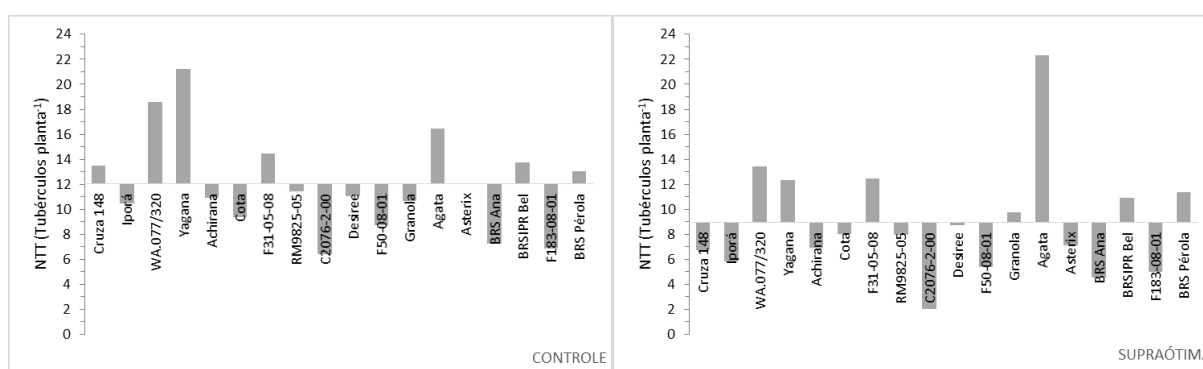


Figura 10. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável número total de tubérculos (NTT), com média de 12,02 tubérculos por planta na condição de temperatura controle e de 8,93 tubérculos por planta na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Massa total de tubérculos (MTT): A média dos valores genotípicos preditos para MTT na condição de temperatura controle foi de 240,65g por planta e na condição supraótima foi de 113,25g por planta (Figura 11). A amplitude de variação foi de 188,41g a 240,65g no controle e de 62,55g a 113,25g na supraótima, sendo o genótipo

WA.077/320 com menor MTT e Agata com maior MTT em ambas as condições de temperatura.

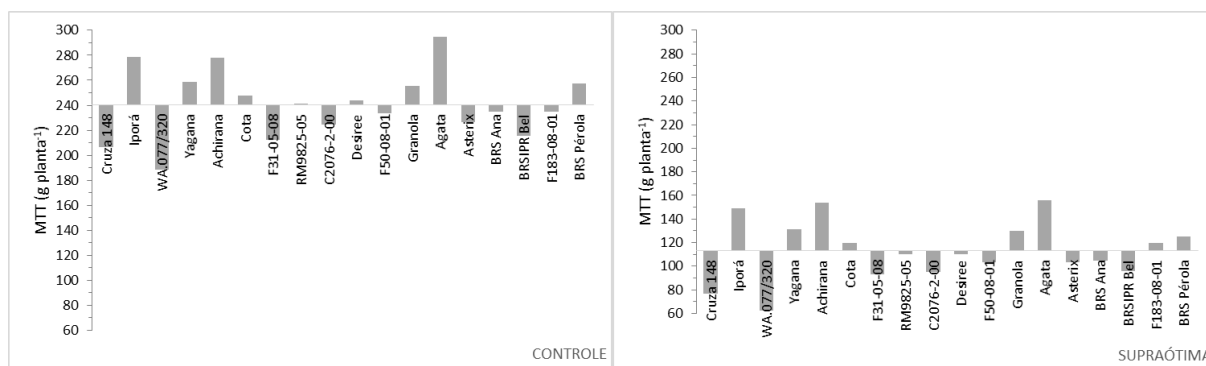


Figura 11. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa total de tubérculos (MTT), com média de 240,65g de tubérculos por planta na condição de temperatura controle e de 113,25g de tubérculos por planta na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Massa média de tubérculo (MMT): a média para MMT na condição controle foi de 24,15g por tubérculo e, na condição supraótima, foi de 18,20g (Figura 12). O genótipo F183-08-01 apresentou em média os maiores tubérculos tanto na condição controle, como na supraótima, 37,41g e 31,74g, respectivamente. As menores MMT foram do genótipo WA.077/320 em ambas condições de temperatura, 13,82g no controle e 7,88g na supraótima.

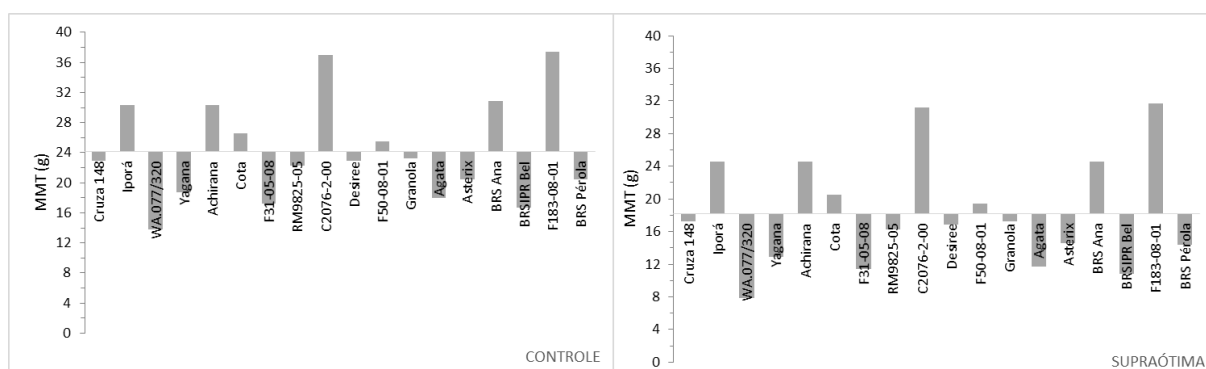


Figura 12. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa média de tubérculos (MMT), com média de 24,15g por tubérculo na condição de temperatura controle e de 18,20g por tubérculo na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Teor de Matéria seca (MS): em média o teor de matéria seca de tubérculos na condição de temperatura controle, foi de 21,89% e, na condição supraótima, de 17,99% (Figura 13). O genótipo que apresentou o maior MS na condição controle foi Cota (24,82%) e na condição supraótima foi BRS Pérola (21,75%). Os menores

valores de MS foram apresentados por WA.077/320 (16,34%) no controle e na condição supraótima foi Agata (12,51%).

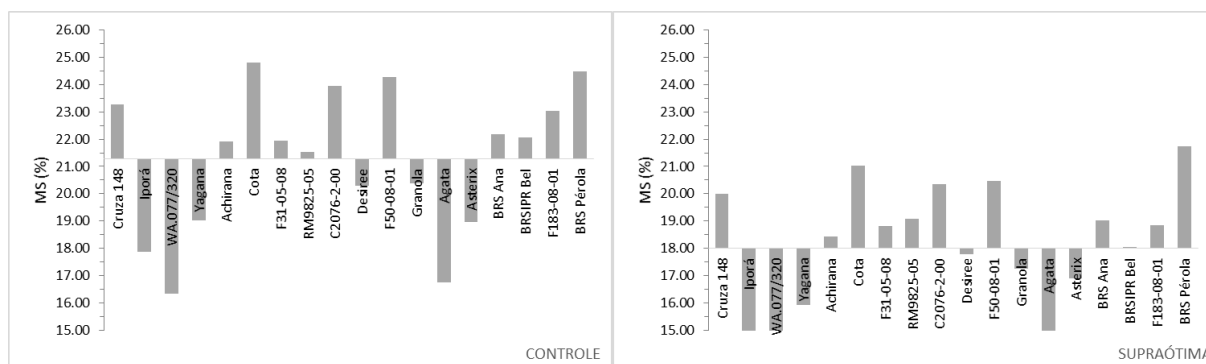


Figura 13. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável teor de matéria seca (MS), com média de 21,89% na condição de temperatura controle e de 17,99% na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

Massa seca da parte aérea (MSPA): Os valores genotípicos preditos para MSPA apresentaram valor médio de 14,66g na condição controle e de 13,09g na supraótima. A amplitude de variação foi de 8,46g a 23,64g no controle e de 6,89g a 22,15g na supraótima, sendo o genótipo Granola com menor MSPA e Cruza148 com maior MSPA em ambas as condições de temperatura. Dos 18 genótipos avaliados, oito ficaram acima da média (Cruza 148, WA.077/320, F50-08-01, C2076-2-00, BRS Ana, RM9825-05, F183-08-01 e Cota) em ambas as condições experimentais, apresentando apenas inversão de posição no ranqueamento entre os genótipos F183-08-01 e Cota para condição de temperatura supraótima (Figura 14).

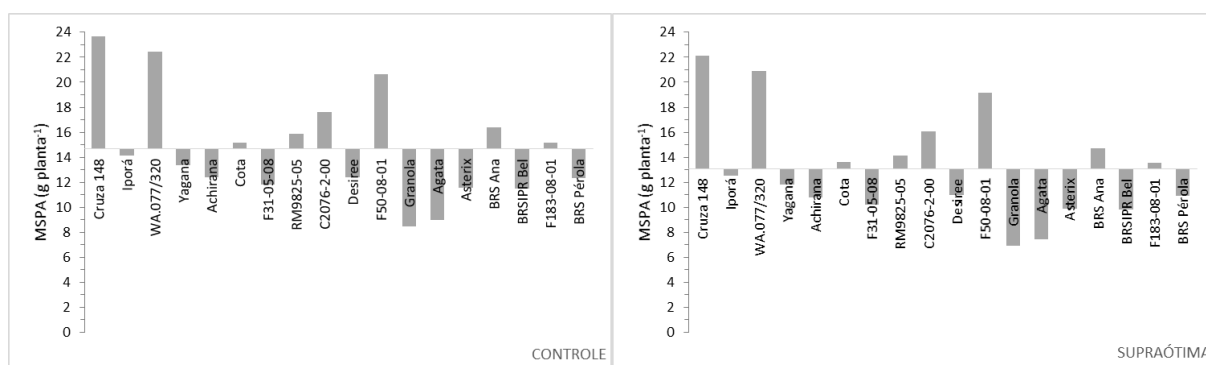


Figura 14. Valores genotípicos preditos em 18 genótipos de batata para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), com média de 14,66g de MSPA por planta na condição de temperatura controle e de 13,09g de MSPA por planta na condição de temperatura supraótima. Pelotas, 2019.

4.3.2 Redução relativa

Para as variáveis avaliadas, com exceção do ciclo, foi calculada a redução relativa, afim de verificar quais variáveis são mais afetadas pela temperatura supraótima na cultura da batata (Tabela 3). Dentre as variáveis morfoagronômicas, massa total de tubérculo e a área foliar apresentaram as maiores reduções, aproximadamente 53 e 51%, respectivamente, enquanto número de hastes apresentou a menor redução, apenas 4,49%.

O índice de clorofila apresentou redução negativa, assim como as variáveis relacionadas à fluorescência da clorofila, eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) e rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($Y(II)$), na avaliação aos 14DAIT, -8,58 e -138,36, respectivamente. A redução foi também negativa nas avaliações aos 28 e 35 DAIT para o $Y(II)$. Nas variáveis relacionadas a trocas gasosas, a redução para taxa de assimilação líquida de CO_2 foi negativa aos 14, 21 e 28 DAIT e positiva aos 35 DAIT. A condutância estomática apresentou redução negativa nas avaliações aos 14 e 21 DAIT e positiva aos 28 e 35 DAIT, enquanto a taxa de transpiração apresentou redução negativa em todas as avaliações.

Tabela 3. Redução relativa (RR%) de 18 genótipos de batata para as variáveis morfoagronômicas e fisiológicas avaliadas. Pelotas, 2019.

Genótipos	MSPA	NH	AF	NTT	MTT	MMT	MS	Fv/Fm14	Fv/Fm21	Fv/Fm28	Fv/Fm35	Y(II)14	Y(II)21	Y(II)28	Y(II)35
Cruza 148	6,31	7,14	37,94	50,26	62,95	24,83	14,05	-8,45	2,39	2,41	2,60	-126,38	-6,99	-10,22	-25,84
Iporá	11,30	3,94	44,17	44,69	46,43	19,14	20,38	-8,73	2,65	1,22	2,57	-184,75	37,01	-2,03	-23,57
WA.077/320	6,91	4,11	38,43	27,85	66,80	42,97	17,85	-8,74	2,71	1,72	2,56	-172,34	67,18	-21,62	-30,43
Yagana	11,40	3,94	47,16	41,83	49,18	31,35	16,31	-8,43	2,35	-0,81	2,60	-113,34	4,28	NA	-33,47
Achirana	13,25	5,08	37,92	36,52	44,67	19,12	15,87	-8,54	2,58	4,04	2,67	-149,35	23,28	-12,49	-24,82
Cota	10,15	4,67	41,85	14,84	51,53	22,72	15,26	-8,30	2,45	3,73	2,72	-113,98	-6,58	-2,46	-25,11
F31-05-08	13,65	4,04	45,07	13,87	56,21	34,16	14,34	-8,93	2,62	5,24	2,56	-164,21	29,19	-17,68	-29,90
RM9825-05	10,82	7,13	36,76	30,48	54,38	27,04	11,43	-9,12	NA	6,55	2,60	-278,27	NA	5,05	-27,88
C2076-2-00	8,45	5,98	46,36	67,96	57,69	15,67	15,07	-8,60	2,46	2,92	2,57	-195,50	-9,07	-8,85	-25,68
Desiree	11,43	5,71	NA	21,46	54,80	26,75	12,31	-8,35	2,57	2,34	2,61	-156,02	16,08	-24,63	-27,33
F50-08-01	7,23	4,36	44,14	38,50	55,65	23,78	15,72	-8,56	2,55	2,89	2,55	-123,22	7,95	-4,76	-16,57
Granola	18,55	3,48	NA	8,41	49,17	25,83	15,34	-8,56	2,53	2,80	2,72	-103,80	10,65	-16,87	-20,06
Agata	17,64	4,16	NA	-35,52	47,20	35,02	25,34	-8,32	2,28	2,09	2,68	-80,69	-15,14	-11,57	-17,81
Asterix	14,53	4,86	34,24	40,98	54,48	28,56	10,89	-8,59	2,66	1,66	2,60	-154,11	18,03	0,08	-32,52
BRS Ana	10,49	3,46	39,92	36,81	55,55	20,25	14,23	-8,64	2,67	1,24	2,55	-173,98	24,08	-4,30	-28,08
BRSIPR Bel	14,76	3,75	45,43	20,43	55,63	35,55	18,18	-8,41	2,63	1,14	2,55	-163,55	24,60	12,24	-33,33
F183-08-01	10,63	5,76	40,73	27,82	49,11	15,16	18,22	-8,57	2,72	0,13	2,60	-159,52	28,02	-16,90	-30,85
BRS Pérola	11,57	3,24	48,61	12,77	51,29	29,84	11,21	-8,65	2,55	1,58	2,67	-94,62	-8,89	-18,40	-26,31
Geral	10,75	4,49	50,87	25,67	52,94	24,65	15,47	-8,58	2,55	2,39	2,61	-138,36	14,92	-7,41	-25,67

MSPA: massa seca da parte aérea; NH: número de hastes; AF: área foliar; NTT: número total de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; MMT: massa média de tubérculos; Fv/Fm: eficiência quântica máxima do FSII; Y(II): rendimento quântico efetivo do FSII; NA: dado perdido.

Continuação...

Genótipos	IC	A14	A21	A28	A35	GS14	GS21	GS28	GS35	E14	E21	E28	E35
Cruza 148	-6,77	-3,83	-5,00	-2,37	9,40	-30,32	-5,47	1,67	28,83	-95,34	-77,06	-70,86	-64,24
Iporá	-8,37	-5,91	-4,72	-2,90	8,04	-30,01	-1,60	-2,96	-20,42	-93,67	-73,15	-82,33	-60,45
WA.077/320	-7,00	-6,00	-4,92	-2,14	9,73	-32,63	-10,64	-2,83	-35,38	-100,26	-80,72	-68,11	-77,77
Yagana	-8,81	-6,13	-4,83	-3,53	8,69	-26,11	-9,13	-6,47	-4,70	-87,82	-83,05	-91,30	-62,29
Achirana	-8,01	-4,12	-5,07	-2,49	7,61	-30,65	-15,83	3,70	1,95	-96,48	-86,35	-73,88	-58,27
Cota	-9,22	-7,60	-4,97	-2,17	8,42	-30,56	-8,92	-1,39	9,91	-94,04	-80,55	-70,56	-63,60
F31-05-08	-6,78	-6,29	-4,80	-2,02	6,79	-30,53	-6,18	0,35	-6,31	-95,24	-78,16	-77,32	-57,77
RM9825-05	-7,16	-7,65	-4,95	-2,10	9,65	-30,25	0,12	5,47	-29,03	-96,01	-75,12	-65,63	-59,26
C2076-2-00	-7,88	-3,36	-4,99	-2,50	8,99	-26,80	-11,16	3,69	28,52	-90,32	-82,10	-74,98	-56,71
Desiree	-8,38	-5,89	-4,86	-1,94	9,01	-29,64	-1,84	3,61	51,29	-91,34	-71,87	-64,63	-57,94
F50-08-01	-7,66	-4,89	-4,88	-2,45	7,84	-29,18	2,43	0,98	3,96	-93,61	-74,36	-77,49	-56,32
Granola	-7,80	-3,90	-4,80	-2,56	8,02	-26,09	1,89	1,54	22,59	-89,84	-75,34	-77,53	-53,80
Agata	-9,63	-5,19	-4,95	-1,93	7,77	-24,27	-12,54	1,77	-12,05	-87,34	-82,74	-75,00	-58,29
Asterix	-7,72	-5,98	-5,15	-3,69	6,66	-30,03	-26,15	-6,17	-2,05	-90,87	-86,94	-82,38	-56,54
BRS Ana	-7,83	-6,64	-4,93	-2,65	8,08	-30,20	2,94	-7,22	-0,18	-88,09	-63,13	-70,57	-57,91
BRSIPR Bel	-7,18	-3,12	-4,46	-2,30	7,62	-23,74	-3,14	0,48	8,35	-87,47	-76,08	-74,51	-57,64
F183-08-01	-7,46	-8,17	-5,03	-1,98	9,06	-27,92	-4,50	4,34	-11,78	-86,36	-75,08	-59,24	-60,00
BRS Pérola	-8,35	-15,47	-5,43	-2,28	9,50	-36,14	-1,48	7,30	14,51	-105,65	-80,21	-69,02	-55,44
Geral	-7,81	-6,08	-4,93	-2,44	8,33	-29,05	-6,02	0,53	7,12	-92,60	-77,78	-73,50	-59,27

IC: índice de clorofila; A: taxa de assimilação de CO₂; GS: condutância estomática; E: taxa de transpiração.

4.3.3 Análise de componentes principais

Na análise de componentes principais na condição de temperatura controle, os dois primeiros componentes explicaram 43,76% da variação, com 26,25% no primeiro componente e 17,51% no segundo componente (Figura 15A). A variável que mais contribuiu para a separação dos genótipos no primeiro componente foi MSPA e em sentido oposto A21, E35, Y(II)14 e CICLO. No segundo componente, as variáveis que mais contribuíram para a separação dos genótipos foram E21, gs21 e Fv/Fm28. Em sentido oposto Y(II)14, NTT e CICLO (Tabela 4).

Os genótipos apresentaram uma ampla distribuição nos quatro quadrantes. Na condição de temperatura controle os genótipos WA.077/320, RM9825-5 e Cruza 148 se isolaram no primeiro componente e, em sentido oposto, os genótipos Agata, Granola, BRS Pérola e BRSIPR Bel, e no segundo componente o genótipo Yagana.

Na condição de temperatura supraótima, os dois primeiros componentes explicaram 46,33% da variação, com 30,11% no primeiro componente e 16,22% no segundo componente (Figura 15B). A variável que mais contribuiu para a separação dos genótipos no primeiro componente foi MSPA, em sentido oposto a esta E14, E35 e A21 foram as que mais contribuíram. No segundo componente, as variáveis que mais contribuíram para a separação dos genótipos, foram Y(II)14, Y(II)28, Y(II)35 e CICLO, e no sentido oposto gs14, gs21, IC e Fv/Fm35.

Na condição supraótima os genótipos WA.077/320 e RM9825-5 ficaram agrupados e, juntamente com Cruza 148, são os que mais se distanciaram dos demais genótipos no primeiro componente. Em sentido oposto, o genótipo Agata ficou isolado do restante dos genótipos. No segundo componente os genótipos Asterix, BRSIPR Bel e F31-05-08 ficaram agrupados e isolados, assim como, em sentido oposto, Agata, BRS Pérola e Cota.

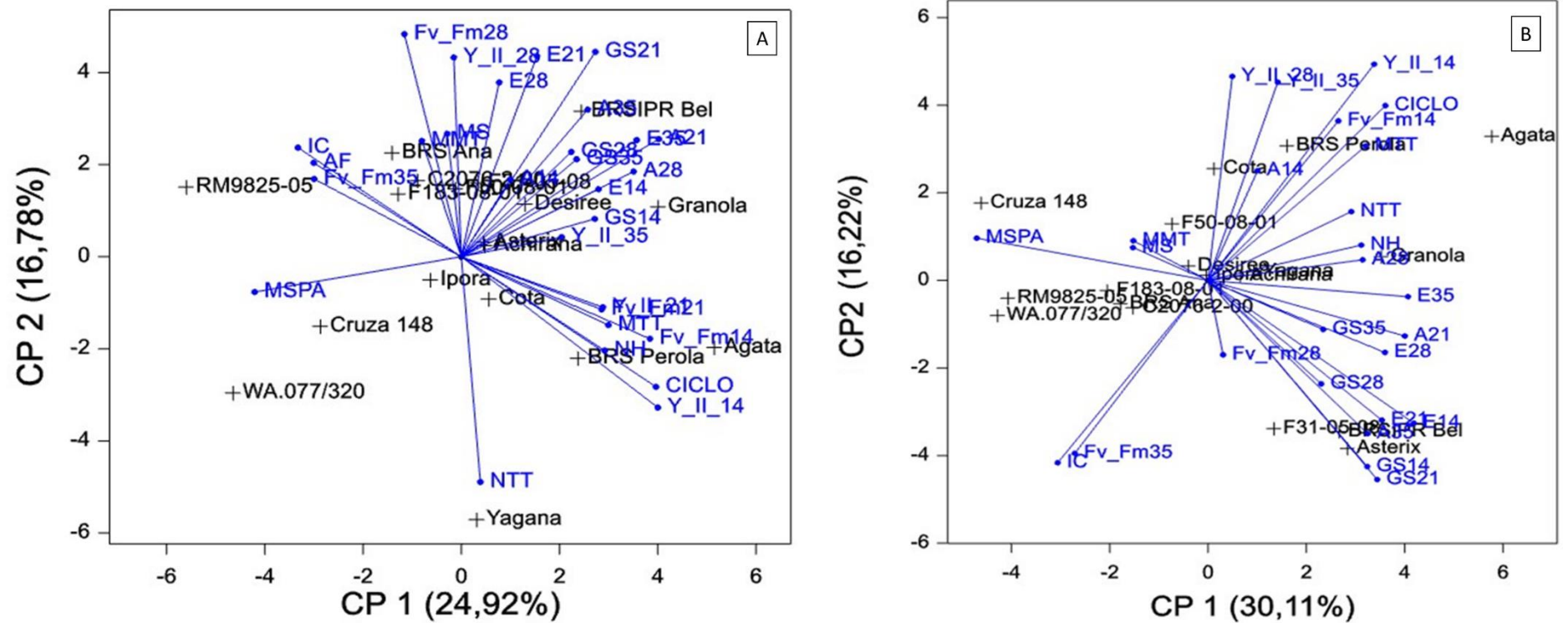


Figura 15. Dispersão de 18 genótipos de batata pela análise de componentes principais na condição de temperatura controle (A) e supraótima (B) para as variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). Pelotas, 2019.

Tabela 4. Valores de autovetores de 27 variáveis avaliadas na condição de temperatura controle e supraótima. CP1= primeiro componente principal; CP2= segundo componente principal. Pelotas, 2019.

Variáveis	Controle		Supraótima	
	CP1	CP2	CP1	CP2
MSPA	0,314	0,052	0,306	0,063
NH	-0,184	0,116	-0,203	0,053
AF	0,195	-0,169	NA	NA
NTT	-0,017	0,274	-0,190	0,102
MTT	-0,224	0,147	-0,209	0,200
MMT	0,059	-0,145	0,099	0,059
MS	0,017	-0,128	0,099	0,049
IC	0,228	-0,186	0,199	-0,271
CICLO	-0,265	0,258	-0,235	0,260
A14	-0,080	-0,184	-0,066	0,163
A21	-0,279	-0,207	-0,261	-0,083
A28	-0,247	-0,054	-0,205	0,031
A35	-0,184	-0,249	-0,211	-0,228
gs14	-0,196	-0,141	-0,211	-0,277
gs21	-0,201	-0,333	-0,224	-0,296
gs28	-0,178	-0,029	-0,150	-0,154
gs35	-0,177	-0,102	-0,153	-0,073
E14	-0,203	-0,187	-0,272	-0,212
E21	-0,107	-0,348	-0,230	-0,208
E28	-0,065	-0,149	-0,234	-0,107
E35	-0,278	-0,138	-0,265	-0,024
Fv/Fm14	-0,234	0,138	-0,173	0,237
Fv/Fm28	0,065	-0,320	-0,020	-0,111
Fv/Fm35	0,217	-0,200	0,176	-0,257
Y(II)14	-0,265	0,274	-0,220	0,321
Y(II)28	NA	NA	-0,032	0,303
Y(II)35	-0,148	0,046	-0,092	0,295

NA: dado perdido

4.3.4 Correlações entre as variáveis

Os gráficos na figura 16 apresentam as correlações entre 26 variáveis na condição de temperatura controle (Figura 16A) e supraótima (Figura 16B).

Observou-se uma correlação forte e negativa entre as MSPA e MTT, e correlação média e positiva com IC, tanto na condição controle, quanto na supraótima (Apêndice E). As variáveis relacionadas às trocas gasosas também apresentaram correlação negativa com a MSPA, sendo esta forte para as variáveis *gs14*, *E14* e *E35* em ambas condições de temperatura. Na condição supraótima a *gs35* também apresentou forte correlação negativa com MSPA.

Na condição de temperatura controle, na qual foi possível avaliar a AF para todos os genótipos, houve correlação forte e negativa da AF com a variável ciclo. O ciclo apresentou também forte correlação negativa com o IC, forte correlação positiva com *Fv/Fm14* e *Y(II)14* e média correlação positiva com MTT. O NTT apresentou correlação forte e negativa com a MMT nas duas condições de temperatura, além de forte correlação negativa com MS na condição controle e média correlação negativa na condição supraótima. Na condição supraótima o NTT também teve forte correlação positiva com *Y(II)14* e média correlação positiva com o ciclo.

O IC apresentou média correlação positiva com *Fv/Fm35*, média correlação negativa com *Y(II)14* e forte correlação negativa com *Fv/Fm14* nas duas condições de temperatura. Na condição controle o IC apresentou forte correlação negativa com MTT e na condição supraótima forte correlação negativa com MMT.

As variáveis relacionadas às trocas gasosas, de modo geral, apresentaram correlações positivas entre si, sendo está mais forte para variáveis na mesma data de avaliação como por exemplo *A21* que apresentou forte correlação positiva com *gs21* e *E21* em ambas condições de temperatura. A variável *Y(II)14* apresentou forte correlação positiva com *Fv/Fm14* e forte correlação negativa com *Fv/Fm35* em ambas condições de temperatura.

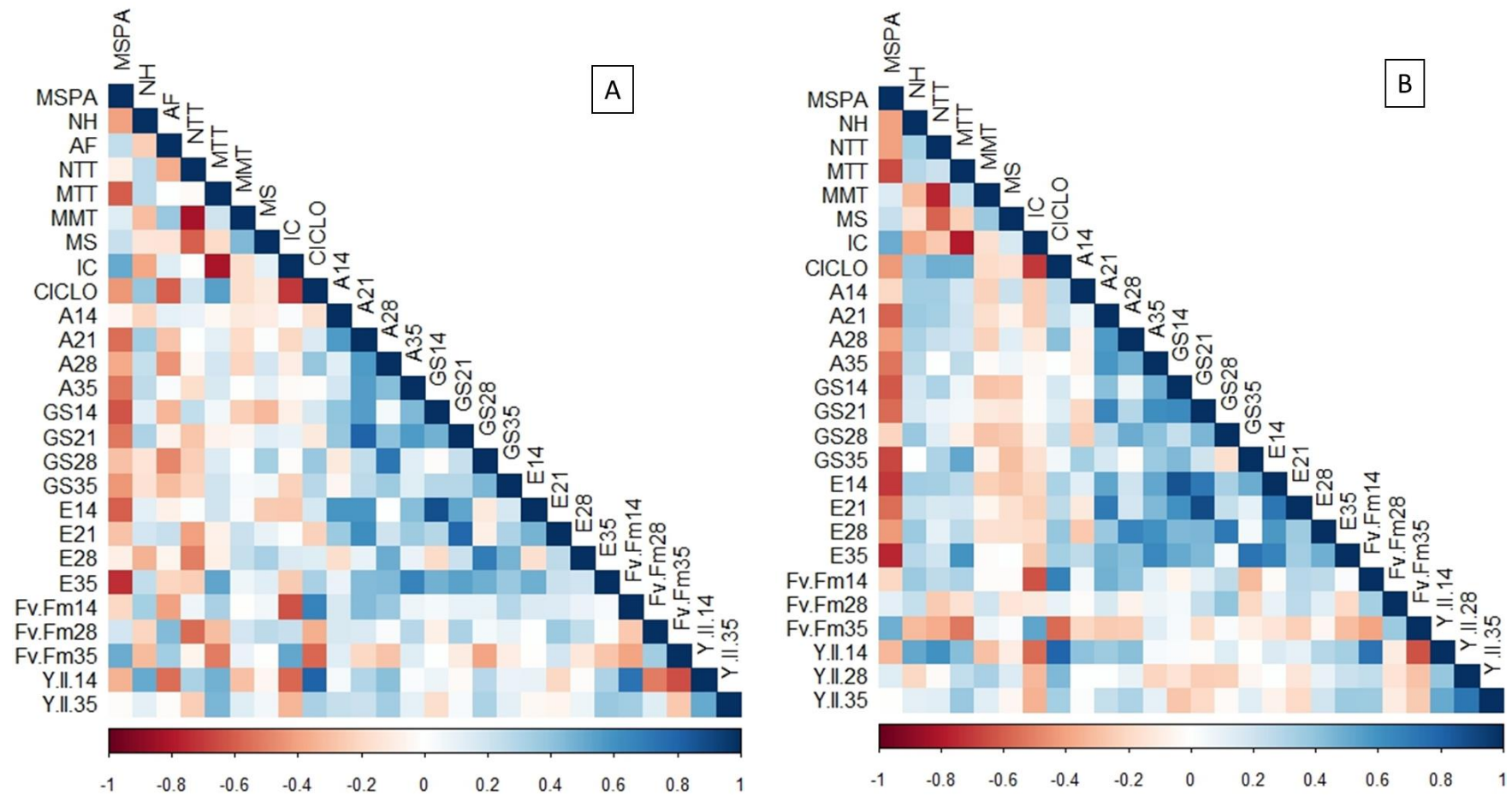


Figura 16. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle (A) e na condição de temperatura supraótima (B): massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), área foliar (AF), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (*gs*), taxa de transpiração (*E*), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). Barra de cores indica a magnitude da correlação. Pelotas, 2019.

4.4 Discussão

Todas as variáveis morfoagronômicas avaliadas apresentaram redução nos genótipos cultivados, em condição de temperatura supraótima. O aumento, ou a manutenção de altos rendimentos de produção em um determinado cultivo é sempre um fator importante a ser considerado em um programa de melhoramento. Os efeitos da temperatura supraótima nos componentes de rendimento da cultura da batata puderam ser evidenciados neste trabalho. A maior redução na condição supraótima foi na MTT, acima de 44% em todos os genótipos, confirmando a sensibilidade da cultura ao aumento da temperatura (WAHID et al., 2007).

Os genótipos Agata, Achirana, Iporá, Yagana e Granola apresentaram as menores reduções na MTT na condição supraótima em relação à condição controle, mostrando-se como os mais estáveis, uma vez que se mantiveram entre os mais produtivos em ambas condições de temperatura. Com exceção da Yagana, os genótipos com maior MTT mantiveram valores superiores à média para as análises de trocas gasosas (A , g_s e E) e $Y(II)$ aos 35 DAIT, o que indica um bom funcionamento do aparato fotossintético, favorecendo o crescimento dos tubérculos.

No entanto, na condição supraótima, maiores valores de trocas gasosas não significaram maiores rendimentos de tubérculos para os genótipos BRSIPR Bel e F31-05-08, os quais tem o genótipo Rioja como genitor em comum, assim como para o genótipo Asterix. Para estes genótipos a análise de fluorescência demonstrou baixo rendimento quântico efetivo com intensidade de luz de $281 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto a eficiência quântica máxima se manteve acima da média. Desta forma, pode-se considerar que a baixa luminosidade dentro da câmara de crescimento, semelhante a utilizada para determinar o $Y(II)$, esteja limitando o potencial produtivo destes genótipos, visto que a relação entre a intensidade da luz e intensidade fotossintética produz uma curva de resposta assintótica (LOVATO, 1993) e nas avaliações de trocas gasosas utilizou-se $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A temperatura, acima da faixa ideal, reduz a síntese de fotoassimilados essenciais ao desenvolvimento da planta, como também a partição aos tubérculos, e conseqüentemente redução no rendimento e na matéria seca dos tubérculos (LOPES et al., 2011). Esta alteração na partição dos fotoassimilados pode ser evidenciada pela análise de correlações, que foi forte e negativa da MSPA e MTT. Como pode ser observado no gráfico de componentes principais (Figura 15B) os genótipos Cruza 148,

WA.077/320 e F50-08-01, os quais apresentaram os maiores valores para MSPA, apresentaram baixa MTT. Os genótipos Cruza 148 e WA.077/320 apresentaram valores abaixo da média para *A* nas avaliações aos 14, 21 e 35 DAIT, além dos menores valores para *g_s*. A relação entre a redução da condutância estomática e nas taxas de fixação de CO₂ permite diferenciar o comportamento de genótipos sensíveis à alta temperatura, como observado por Reynolds et al. (1990).

Em geral temperaturas diurnas entre 20 e 25°C são ditas como ótimas para o bom rendimento da fotossíntese na cultura, e um aumento desta, em 5°C, pode ser suficiente para reduzir em 25% este rendimento (KU et al., 1977; RYKACZEWSKA 2013; SALES, 2010; TANG et al., 2018). No entanto, os resultados do presente trabalho demonstram que a média para *A* na avaliação aos 14 DAIT na condição supraótima foi superior para todos os genótipos em relação à condição controle. Possivelmente em função deste tempo de exposição não ter ainda sido o suficiente para a planta demonstrar, através da resposta fotossintética, os efeitos negativos da temperatura supraótima.

Nas avaliações seguintes os valores médios para as *A*, *g_s* e *F_v/F_m* passaram a ser superiores na condição controle em relação à condição supraótima, demonstrando então o efeito da temperatura supraótima sobre a cultura. Quando avaliados 35 dias após o início do tratamento, a temperatura afetou negativamente a *A* para todos os genótipos de batata no estudo, havendo uma redução relativa de 8,33% em média para *A*, como foi observado em outros estudos realizados em batata (BURTON, 1981; HAMMES; JAGER, 1990; REYNOLDS et al., 1990; DEMIREL et al., 2017).

Em ambientes com alta temperatura, o aumento da *E* geralmente ocorre como mecanismo de resfriamento, pois a perda de água auxilia na remoção de calor das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2017). Em todas as avaliações realizadas, a *E* foi superior na condição supraótima em relação à condição controle, demonstrando que todos genótipos estão perdendo mais água, possivelmente para reduzir sua temperatura.

Na avaliação aos 35 DAIT é possível observar as maiores diferenças entre os genótipos para as variáveis fisiológicas.

Na temperatura supraótima, a média dos valores genotípicos para IC foram superiores em relação à média na condição controle. A manutenção do verde das folhas indica redução da degradação da clorofila, refletindo na manutenção da atividade fotossintética (BUSATO et al., 2010). No entanto, não houve correlação

positiva entre os dados de IC e A. Havendo apenas média correlação positiva com Fv/Fm35 e com MSPA, devido principalmente aos genótipos Cruza 148 e WA.077/320 os quais apresentaram alto IC e alta MSPA. Apesar de não ser significativa a correlação entre IC e CICLO, os genótipos mais precoces para CICLO apresentaram menores valores para IC. Fato que é esperado, pois de acordo com a idade da planta ocorre uma diminuição nas leituras do SPAD (BUSATO et al., 2010; MAUROMICALE et al., 2006).

O IC apresentou forte correlação negativa com a MTT, pois os genótipos Agata, Cota, Yagana, Iporá, Achirana e BRS Pérola apresentaram valores para IC abaixo da média, enquanto a MTT destes tubérculos foi superior à média. Com base nestes dados, o mecanismo de *stay-green* relacionados à produção de tubérculos não se confirmou, enquanto em experimentos onde as plantas foram submetidas ao déficit hídrico resultados demonstraram este mecanismo (YACTAYO et al., 2013; RAMÍREZ et al., 2014; ROLANDO et al., 2015; ROHR, 2016).

O ciclo, na condição supraótima, reduziu em cerca de um ponto na escala de avaliação para todos os genótipos em relação a nota atribuída ao mesmo genótipo na condição controle. A duração do ciclo vegetativo é uma característica que depende do clima, da cultivar e do manejo da cultura. No que se refere à temperatura, o aumento desta, reduz a longevidade, reduzindo o período para acúmulo de matéria seca (KOOMAN et al., 1996; LOPES et al., 2011). No entanto, a correlação entre o CICLO e as variáveis fisiológicas, com exceção do IC e Fv/Fm35, foi positiva, assim, pode-se afirmar que nos genótipos mais precoces a temperatura supraótima causou menor efeito no fotossistema II, apresentando maiores valores para MTT e NTT, como pode ser observado no gráfico de componentes principais pela proximidade dos genótipos Agata, BRS Pérola e Cota, enquanto os genótipos WA.077/320 e RM9825-05, com ciclo mais longo encontram-se no sentido oposto do gráfico. O estresse por calor aplicado em fases iniciais tem maior impacto negativo no crescimento e rendimento total de tubérculos (RYKACZEWSKA, 2015). Assim, genótipos precoces podem ter sido favorecidos devido a estímulos para a produção terem ocorrido ainda em condições não estressantes, pelo fato de terem sido colocadas na câmara de crescimento posterior aos 30 dias.

A AF é uma variável importante, pois permite estimar a área responsável por interceptar a radiação solar necessária para a fotossíntese, que irá definir o crescimento e a produtividade da cultura (STRECK et al., 2007; FLEISHER et al.,

2006). Na condição de temperatura supraótima os valores de AF foram muito inferiores em relação à temperatura controle, demonstrando que a temperatura tem forte efeito nesta variável. A RR% geral para a AF foi superior a 50%. As plantas podem, para reduzir a área de superfície para a evaporação de água, reduzir sua área foliar sob condições estressantes (TAIZ; ZEIGER, 2017). A área foliar da batata geralmente diminui em condições de estresse térmico, afetando negativamente a produção de matéria seca e a sua distribuição na planta (BENOIT et al., 1986; KHEDHER; EWING, 1985; LAFTA; LORENZEN, 1995). Visto que, com relação ao NH a temperatura supraótima não causou grande redução. A menor MSPA nesta condição de temperatura deve-se principalmente à redução da área foliar.

O NTT não apresentou redução tão elevada quanto a MTT e AF, mas foi a variável morfoagronômica com valores mais discrepantes entre os genótipos, variando de -35,52% para Agata até 67,96% para C2076-2-00. O genótipo Agata apresentou aumento no NT em outros estudos sob à condição de estresse por temperatura (DEMIREL et al., 2017). O maior NT na condição supraótima apresentou correlação fortemente negativa com a MMT, demonstrando que as plantas com grande NTT não conseguem acumular reservas para atingir tamanhos de tubérculos maiores.

O teor de MS adequado para o processamento de batata tipo *chips* é superior a 20%, no entanto a indústria nacional aceita teores em torno de 19,5% para batata processada tipo *chips* e superiores a 20% para batata processada tipo palito, enquanto teores superiores a 24% são indesejáveis, pois resultam em produtos quebradiços (PEREIRA et al., 2007). A temperatura supraótima causou redução na MS de todos os genótipos avaliados, com RR% em média de 15,47%. As maiores reduções foram nos genótipos Agata, Iporá, BRSIPR Bel e F183-08-01, enquanto as menores reduções foram dos genótipos Asterix, BRS Pérola e RM9825-05. Em relação ao mercado de batata pré-frita congelada, que tem aumentado a cada ano, apenas os genótipos Cruza 148, Cota, C2076-2-00, F50-08-01 e BRS Pérola, estariam aptos para este mercado considerando apenas o teor de MS.

A cultivar Desiree, apesar de ser citada como genótipo tolerante ao calor (BENITES; PINTO, 2011; HANCOCK et al. 2014), nas avaliações deste trabalho, não se destacou. De modo semelhante, à alta tolerância ao estresse térmico deste genótipo também não foi observada nos estudos desenvolvidos por Rykaczewska (2015).

4.5 Conclusões

Nos genótipos de batata avaliados, a temperatura supraótima causou, principalmente, reduções nas variáveis massa total de tubérculos e área foliar, e aumento na variável taxa de transpiração.

Na condição supraótima, genótipos com maior rendimento de tubérculos apresentaram, em geral, maior taxa de transpiração, maior rendimento quântico efetivo do fotossistema II, maior número de hastes por planta e menor massa seca de parte aérea.

Os genótipos Achirana e Iporá se destacam com relação a adaptação a condição supraótima, com maior massa média e rendimento de tubérculos. Os genótipos Cota e BRS Pérola também se destacam por manterem alto teor de matéria seca nos tubérculos na condição supraótima.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho traz grandes contribuições para o desenvolvimento de germoplasma de batata com maior adaptação ao cenário das mudanças climáticas. As respostas das plantas ao estresse por calor é resultado de um conjunto complexo de ações e interações de diversos mecanismos. Neste trabalho foram identificados fatores chave para a compreensão de como os genótipos de batata respondem ao estresse por calor.

O estudo referente ao início de tuberização mostrou que a temperatura supraótima não causou atraso no início do período de tuberização. Outros fatores, como o fotoperíodo, podem ter maior influência do que o calor nesta variável resposta.

Avanços também foram obtidos na aplicação de conceitos fisiológicos visando o uso de uma metodologia para a avaliação rápida, e não destrutiva, do germoplasma de batata para, indiretamente, identificar genótipos contrastantes quanto a tolerância ao calor. Genótipos com maiores valores para taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração e eficiência quântica máxima do fotossistema II, apresentaram maiores rendimentos de tubérculos, sendo, portanto, potenciais variáveis indicadoras de maior produtividade em condição supraótima.

Dentre as variáveis morfoagronômicas, a temperatura supraótima revelou maiores reduções nas variáveis massa total de tubérculos e área foliar. No estudo referente a predição de valores genotípicos, os genótipos, Achirana e Iporá, apresentaram os maiores valores para rendimento de tubérculos. Enquanto os genótipos Cota e BRS Pérola se destacaram por apresentarem os maiores valores para o teor de matéria seca nesta condição.

Desta forma, este trabalho servirá de base para direcionar estudos futuros no melhoramento genético de batata visando a oferta de cultivares que contribuirão para mitigar os efeitos adversos do aquecimento global.

REFERÊNCIAS

AHN, Y.J.; CLAUSSEN, K.; ZIMMERMAN, J.L. Genotypic differences in the heatshock response and thermotolerance in four potato cultivars. **Plant Science**, v. 166, p. 901-911, 2004.

AIEN, A.; KHETARPAL, S.; PAL, M. Photosynthetic Characteristics of Potato Cultivars Grown under High Temperature. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 11, p. 633-639, 2011

ANITHAKUMARI, A. M. et al. Genetic dissection of drought tolerance and recovery potential by quantitative trait locus mapping of a diploid potato population. **Molecular Breeding**, v. 30, p. 1413-1429, 2012.

BADAMI M. G.; RAMANKUTTY N. Urban agriculture and food security: a critique based on an assessment of urban land constraints. **Global Food Security** v. 4, p. 8-15, 2015.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 89-113, 2008.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**. v. 55, p. 1607-1621, 2004.

BASU, P. S.; MINHAS, J. S. Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, p. 861-866, 1991.

BENITES, F. R. G.; PINTO, C. A. B. P. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 133-140, 2011.

BENOIT, G. R.; GRANT, W. J.; DEVINE, O. J. Potato top growth as influenced by day–night temperature differences. **Agronomy journal**, v. 78, p. 264-269, 1986.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, n. 1, p. 491-543, 1980.

BEUKEMA, H. P.; VAN DER ZAAG, D. E. **Potato improvement: some factors and facts**. 1.ed. Wageningen: International Agricultural Center, 1979. 224 p.

BIRCH, P. R. J.; BRYAN, G.; FENTON, B.; GILROY, E. M.; HEIN, I.; JONES, J. T.; PRASHAR, A.; TAYLOR, M. A.; TORRANCE, L.; TOTH, I. K. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? **Food Security**, v. 4, p. 477–508, 2012.

BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata**. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 27 p., 2009.

BODLEANDER, K. B .A. Influence of temperature, radiation and photoperiod on development and yield. In: IVINS, J. D.; MILTHORP, F. L. **The growth of the Potato**. London: Butterworths, 1963. p. 199-210.

BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**, v. 58, p. 3-14, 1981.

BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; CECON, P. R. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 14, p. 2148-2156, 2010.

CAMEJO, D.; RODRIGUEZ, P; MORALES, M. A; DELL'AMICO, J. M.; TORRECILLAS, A.; ALARCÓN, J. J. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, p. 281-289, 2005.

CARVALHO, F. I. F; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142p.

CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel, 2001. 99p.

CHAVES, Viniciu de Vicente. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em genótipos de cana-de-açúcar infestados por cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata***. 2015. 33f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DAHAL, K.; LI, X. Q.; TAI, H.; CREELMAN, A.; BIZIMUNGU, B. Improving Potato Stress Tolerance and Tuber Yield Under a Climate Change Scenario - A Current Overview. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 2019. doi:10.3389/fpls.2019.00563

DEMIREL, U.; ÇALIŞKAN, S.; YAVUZ, C.; TINDAŞ, I.; POLGAR, Z.; VASZILY, Z.; CERNÁK, I.; ÇALIŞKAN, E. M. Assessment of morphophysiological traits for selection of heat-tolerant potato genotypes. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 41, p. 218-232, 2017.

DWELLE, R. B.; KLEINKOPF, G. E.; PAVEK, J. J. Stomatal conductance and gross photosynthesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by irradiance, temperature, and growth stage. **Potato Research**, v. 24, p. 49-59, 1981.

EWING, E.E. Heat stress and the tuberization stimulus. **American Potato Journal**, v. 58, p. 31-49, 1981.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciencia Rural** [online]. v. 40, p. 1464-1472, 2010.

FAOSTAT – **Food and Agriculture Organization of The United Nations - Statistics Division**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> > Acesso em: 7 fev. 2019.

FELLER, U.; CRAFTS-BRANDNER, S. J.; SALVUCCI, M. E. Moderately high temperature inhibits ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) activase-mediated activation of Rubisco. **Plant Physiology**. v. 116, p. 539-546, 1998.

FELTRAN, J.; LEMOS, L. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.

FLOOD, P. J.; KRUIJER, W.; SCHNABEL, S. K.; DER, S. R.; JALINK, H.; SNEL, J. F. H.; HARBINSON, J.; AARTS, M. G. M. Phenomics for photosynthesis, growth and reflectance in *Arabidopsis thaliana* reveals circadian and long-term fluctuations in heritability. **Plant Methods**, v. 12, 2016. doi:10.1186/s13007-016-0113-y

FORTES, G. L. F.; PEREIRA, J. E. S. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, A. S; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Clima Temperado. 2003. p.69-79.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 250p.

GODOY, R. C. B. A oferta de batata no Brasil. **Batata Show**, v. 1, n. 3, p. 30, 2001.

GREGORY, L. E. Some factors for tuberization in the potato plant. **American Journal of Botany**, v. 43, p. 281-288, 1956.

GUEDES, Márcio. **Agronomic and morphophysiological behavior of potato genotypes in response to heat**. 2018, 91p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

HAMEED, A.; ZAIDI, S. S.; SHAKIR, S.; MANSOOR, S. Applications of New Breeding Technologies for Potato Improvement. **Frontiers in plant science**, v. 9, 2018. doi:10.3389/fpls.2018.00925

HAMMES, P. S.; DE JAGER, J. A. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. **Potato Research**, v. 33, p. 515-520, 1990.

HANCOCK, R. D.; MORRIS, W. L.; DUCREUX, L. J.; MORRIS, J. A.; USMAN, M.; VERRALL, S. R.; FULLER, J.; SIMPSON, C. G.; ZHANG, R.; HEDLEY, P. E.; TAYLOR, M. A. Physiological, biochemical and molecular responses of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant to moderately elevated temperature. **Plant Cell Environment**. v. 37, p. 439–450, 2014.

HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, v. 51, p. 223-237, 2008.

HIJMANS, R. J. The effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**. v. 80, p. 271-280, 2003.

HIRANO, E.; LOPES, C. A. **Distúrbios fisiológicos e danos mecânicos**. Sistema de Produção da Batata, Embrapa 2ª ed., 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8803&p_r_p_-996514994_topicId=10123. Acesso em: 27 abr. 2019.

HOOKER, W. J. **Compendium of potato diseases**. Minnesota: American Phytopathological Society, 1981. 125p.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v. 25, n. 2, p. 1-88, 2017.

JHA, U. C.; BOHRA, A.; SINGH, N. P. Heat stress in crop plants: its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance. **Plant Breeding**, v. 133, p. 679-701, 2014.

KHEDHER, M. B.; EWING, E. E. Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. **American Potato Journal**, v. 62, p. 537-554, 1985.

KIM, Y. U., LEE, B. W. Differential mechanisms of potato yield loss induced by high day and night temperatures during tuber initiation and bulking: Photosynthesis and tuber growth. **Frontier in Plant Science**. v. 10, 2019. doi:10.3389/fpls.2019.00300

KIM, K.; PORTIS, A. R. Jr. Temperature dependence of photosynthesis in Arabidopsis plants with modifications in Rubisco activase and membrane fluidity. **Plant and Cell Physiology**, v. 46, n. 3, p. 522–530, 2005.

KIM, Y. U.; SEO, B. S.; CHOI, D. H.; BAN, H. Y.; LEE, B. W. Impact of high temperatures on the marketable tuber yield and related traits of potato. **European Journal of Agronomy**. v. 89, p. 46–52, 2017.

KOOMAN, P. L.; FAHEM, M.; TEGERA, P.; HAVERKORT, A.J. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**, v.5, p.207-217, 1996.

KOOMAN, P. L.; HAVERKORT, A. J. Modeling Development and Growth of the Potato Crop Influenced by Temperature and Daylength. In: A. J. Haverkort and D. K. L. MacKerron, Eds., **Potato Ecology and Modeling of Crop under Conditions Limiting Growth**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p.41-59.

KU, S, B.; EDWARDS, G. E.; TANNER, C. B. Effects of light, carbon dioxide, and temperature on photosynthesis, oxygen inhibition of photosynthesis, and transpiration in *Solanum tuberosum*. **Plant Physiology**, v. 59, n. 5, p. 868-872, 1977.

LAFTA, A. M.; LORENZEN, J. H. Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato. **Plant Physiology**, v. 109, p. 637-643, 1995.

LEVY, D. Genotypic variation in the response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to high ambient temperatures and water deficit. **Field Crops Research**, v. 15, p. 85-96, 1986.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. Adaptation of Potato to High Temperatures and Salinity - A Review. **American Journal of Potato Research**, v. 84, p. 487-506, 2007.

LOPES, C. A.; LANA, M. M. **Pontos críticos de infecção por fungos, oomicetos e bactérias em tubérculos de batata**. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 111. 2015.8p.

LOPES, C. A.; SILVA, G. O.; CRUZ, E. M.; ASSAD, E.; PEREIRA, A. S. Uma análise do efeito do aquecimento global na produção de batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 7-15, 2011.

LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da planta de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 101-106, 1993.

LYRA, Danilo Hottis. **Associação entre o início da tuberização e a duração do ciclo vegetativo com a tolerância ao calor em batata**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

LYRA, D. H.; RIBEIRO, G. H. M. R.; FIGUEIREDO, I. C. R.; GUEDES, M. L.; CARNEIRO, O. L. G.; PINTO, C. A. B. P.; DA SILVA PEREIRA, A. Início da tuberização, duração do ciclo vegetativo e tolerância ao calor em genótipos de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 582-592, 2015.

MA, X.; MAU, M.; SHARBEL, T. F. Genome editing for global food security. **Trends Biotechnology**, v. 36, p. 123-127, 2017.

MAHALINGAM, R. Consideration of Combined Stress: A Crucial Paradigm for Improving Multiple Stress Tolerance in Plants. In: MAHALINGAM, R. (eds) **Combined Stresses in Plants**. Cham: Springer, 2015. p. 1-25.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. F. **Produção de batata pré-frita congelada**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Comunicado técnico 87, 2013. 6p.

MAUROMICALE, G.; IERNA, A.; MARCHESE, M. Chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in field-grown potato as affected by nitrogen supply, genotype, and plant age. **Photosynthetica**, v. 44, p. 76–82, 2006.

MATSUDA, O.; TANAKA, A.; FUJITA, T.; IBA, K. Hyperspectral imaging techniques for rapid identification of Arabidopsis mutants with altered leaf pigment status. **Plant and Cell Physiology**, v. 53, p. 1154-1170, 2012.

MENEZES, C. B. DE; PINTO, C.A.B.P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E.S. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras das águas e inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p. 777-784, 1999.

MENEZES, C. B.; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E. S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n.2, p.145-157, 2001.

MOREIRA, C. M.; PINTO, C. A. B. P.; RIBEIRO, G. H. M. R.; CARNEIRO, O. L. G.; GUEDES, M. L. Clones de batata tolerantes ao calor para diferentes segmentos de mercado. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 58, p. 138-145, 2015.

MURCHIE, E. H.; LAWSON, T. Chlorophyll fluorescence analysis: a guide to good practice and understanding some new applications. **Journal of Experimental Botany**, v.64, p.3983-3998, 2013.

NAVARRO, C.; ABELENDA, J. A.; CRUZ-ORÓ, E.; CUÉLLAR, C. A.; TAMAKI, S.; SILVA, J.; SHIMAMOTO, K.; PRAT, S. Control of flowering and storage organ formation in potato by FLOWERING LOCUS T. **Nature**, v. 478, p. 119-122, 2011.

PEREIRA, A. S.; SILVA, G. O.; BORTOLETTO, A. C.; HIRANO, E.; CASTRO, C. M.; AZEVEDO, F. Q.; NAZARENO, N. R. X.; SOUZA, Z. S. **Catálogo de cultivares de batata**. 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Documentos 373, 2015. 48p.

PRANGE, R. K.; MCRAE, K. B.; MIDMORE, E. D. J; DENG, R. Reduction in potato growth at high temperature: role of photosynthesis and dark respiration. **American Potato Journal**. v. 67, p. 357-369, 1990.

PRINZENBERG, A. E.; VÍQUEZ-ZAMORA, M.; HARBINSON, J.; LINDHOUT, P.; HEUSDEN, S. V. Chlorophyll fluorescence imaging reveals genetic variation and loci

for a photosynthetic trait in diploid potato. **Physiologia Plantarum**, v. 164, p. 163-175, 2018.

RAMÍREZ, D. A.; YACTAYO, W.; GUTIÉRREZ, R.; MARES, V.; MENDIBURU, F. DE; POSADAS, A.; QUIROZ, R. Chlorophyll concentration in leaves is an indicator of potato tuber yield in water-shortage conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 202-209, 2014.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E.; OWENS, T. G. Photosynthesis at high temperature in tuber-bearing *Solanum* species. **Plant Physiology**, v. 93, p. 791-797, 1990.

RIBEIRO, Guilherme Henrique Martins Rodrigues. **Relação entre a duração do ciclo vegetativo e a tolerância ao calor em batata**. 2010. 67f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ROHR, Angela. **Parâmetros genéticos, respostas associadas ao déficit hídrico e estrutura populacional em germoplasma de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2016, 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ROLANDO, J. L.; RAMÍREZ, D. A.; YACTAYO, W.; MONNEVEUX, P.; QUIROZ, R. Leaf greenness as a drought tolerance related trait in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 110, p. 27-35, 2015.

RYKACZEWSKA, K. Effect of Temperature during Growing Season and Physiological Age of Minutubers on Potato Plant Development and Yield. **Bulletin of the Potato Institute**, v.42, p.39-46, 1993.

RYKACZEWSKA, K. The impact of high temperature during growing season on potato cultivars with different response to environmental stresses. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 2386-2393, 2013.

RYKACZEWSKA, K. The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. **American Journal of Potato Research**, v. 92, p. 339-349, 2015.

SALES, Livia Luiza Souza Rezende. **Respostas fisiológicas e agrônômicas da cultura da batata em função do espaçamento entre plantas e épocas de amontoa**. 2011. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2011.

SCHAFLEITNER, R.; RAMIREZ, J.; JARVIS, A.; EVERS, D.; GUTIERREZ, R.; SCURRAH, M. Adaptation of the potato crop to changing climates. In: YADAV, S. S.; REDDEN, R. J.; HATFIELD, J. L.; LOTZE-CAMPEN, H.; HALL, A.J.W. (eds) **Crop adaptation to climate change**. Oxford: Wiley-Blackwell. p. 287-97, 2011.

SILVA, G. O; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 752, 2014.

SILVA, G. O.; CASTRO, C. M.; TERRES, L. R.; ROHR, A.; SUINAGA, F.A.; PEREIRA, A. S. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. **Horticultura Brasileira** v.30, p.557-560, 2012.

SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R.O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 354-362, 2007.

SOUSA, C. A. F.; CUNHA, B. A. D. B.; MARTINS, P. K.; MOLINARI, H. B. C.; KOBAYASHI, A. K.; SOUZA JÚNIOR, M. T. Nova abordagem para fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v.8, p. 660-672, 2015.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.80-104.

SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (eds) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco. Suprema, 2011. p.199-226.

STRECK, N.A.; PAULA, F. L. M.; BISOGNIN, D. A.; HELDWEIN, A. B.; DELLAIB, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 142, n. 1, p. 1-11, 2007.

STRUIK, P.C. Responses of the potato plant to temperature. In: VREUGDENHIL, D.; BRADSHAW, J.; GEBHARDT, C.; GOVERS, F.; MACKERRON, D.K.L.; TAYLOR, M.A.; ROSS, H.A. (Eds.). **Potato Biology and Biotechnology, Advances and Perspectives**. Amsterdam: Elsevier, 2007. p. 367-393.

STRUIK, P. C.; GEERTSEMA, J.; CUSTERS, C. H. M. G. Effect of Shoot, Root and Stolon Temperature on the Development of the Potato (*Solanum tuberosum* L) Plant. III. Development of the Haulm. **Potato Research**, v.32, p.151-158, 1989.

TANG, R.; NIU, S.; ZHANG, G.; CHEN, G.; HAROON, M.; YANG, Q.; RAJORA, O. P.; LI, X. Physiological and growth responses of potato cultivars to heat stress. **Botany**, v. 96, p. 897-912, 2018.

TAVARES, S. Tuberização. **Batata Show**, ano 2 n.5, p. 18, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed., Artmed, 2017. 888 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development**. 6.ed. Sinauer Associates. 2015. 761 p.

THIELE, G.; THEISEN, K.; BONIERBALE, M.; WALKER, T. Targeting the poor and hungry with potato science. **Potato Journal**, v. 37, p. 75-86, 2010.

TIMLIN, D.; LUTFOR RAHMAN, S. M.; BAKER, J.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D.; QUEBEDEAUX, B. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 1195-1203, 2006.

TRAPERO-MOZOS, A.; MORRIS, W. L.; DUCREUX, L. J.; MCLEAN, K.; STEPHENS, J.; TORRANCE, L.; BRYAN, G.BJ.; HANCOCK, R. D.; TAYLOR, M. A. Engineering heat tolerance in potato by temperature-dependent expression of a specific allele of HEAT SHOCK COGNATE 70. **Plant Biotechnol Journal**, v. 16, p. 197-207, 2017.

VAN DAM, J.; KOOMAN, P.L.; STRUIK, P.C. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tuber in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Potato Research**, v. 39, n. 1, p. 51-62, 1996.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 6, n. 3, 199-223, 2007.

WOLF, S.; OLESINSKI, A. A.; RUDICH, J.; MARANI, A. Effect of high temperature on photosynthesis in potatoes. **Annals of Botany**, v. 65, p. 179–185, 1990.

YACTAYO, W.; RAMÍREZ, D. A.; GUTIÉRREZ, R.; MARES, V.; POSADAS, A.; QUIROZ, R. Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 123, p. 65-70, 2013.

YANG, J.; SEARS, R. G.; GILL, B. S. PAULSEN, G. M. Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. **Euphytica**, v. 126, p. 185-193, 2002.

APÊNDICES

Apêndice A. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle: massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), área foliar (AF), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). Pelotas, 2019.

	MSPA	NH	AF	NTT	MTT	MMT	MS	IC	CICLO	A14	A21	A28	A35	GS14	GS21	GS28
MSPA	1.000	-0.408	0.244	-0.081	-0.602	0.140	0.222	0.505	-0.430	-0.043	-0.558	-0.378	-0.524	-0.626	-0.521	-0.296
NH	-0.408	1.000	-0.247	0.260	0.269	-0.308	-0.140	-0.387	0.385	-0.218	0.343	0.237	0.253	0.124	0.303	-0.144
AF	0.244	-0.247	1.000	-0.364	0.000	0.373	-0.149	0.132	-0.598	0.105	-0.285	-0.451	0.021	-0.333	-0.062	-0.488
NTT	-0.081	0.260	-0.364	1.000	-0.029	-0.828	-0.597	-0.007	0.198	0.087	0.003	-0.031	-0.176	0.245	-0.278	-0.242
MTT	-0.602	0.269	0.000	-0.029	1.000	0.208	-0.186	-0.820	0.548	-0.036	0.117	0.189	0.166	0.054	-0.063	0.147
MMT	0.140	-0.308	0.373	-0.828	0.208	1.000	0.450	-0.172	-0.170	-0.111	-0.181	-0.213	-0.001	-0.239	-0.040	-0.006
MS	0.222	-0.140	-0.149	-0.597	-0.186	0.450	1.000	0.102	-0.120	-0.095	0.015	0.185	0.118	-0.325	0.124	0.332
IC	0.505	-0.387	0.132	-0.007	-0.820	-0.172	0.102	1.000	-0.703	0.030	-0.201	-0.093	-0.023	-0.090	0.099	-0.009
CICLO	-0.430	0.385	-0.598	0.198	0.548	-0.170	-0.120	-0.703	1.000	-0.170	0.160	0.383	-0.013	0.165	-0.118	0.375
A14	-0.043	-0.218	0.105	0.087	-0.036	-0.111	-0.095	0.030	-0.170	1.000	0.570	0.124	0.182	0.395	0.382	-0.114
A21	-0.558	0.343	-0.285	0.003	0.117	-0.181	0.015	-0.201	0.160	0.570	1.000	0.562	0.558	0.556	0.806	0.242
A28	-0.378	0.237	-0.451	-0.031	0.189	-0.213	0.185	-0.093	0.383	0.124	0.562	1.000	0.423	0.048	0.401	0.728
A35	-0.524	0.253	0.021	-0.176	0.166	-0.001	0.118	-0.023	-0.013	0.182	0.558	0.423	1.000	0.447	0.565	0.121
GS14	-0.626	0.124	-0.333	0.245	0.054	-0.239	-0.325	-0.090	0.165	0.395	0.556	0.048	0.447	1.000	0.473	-0.020
GS21	-0.521	0.303	-0.062	-0.278	-0.063	-0.040	0.124	0.099	-0.118	0.382	0.806	0.401	0.565	0.473	1.000	0.218
GS28	-0.296	-0.144	-0.488	-0.242	0.147	-0.006	0.332	-0.009	0.375	-0.114	0.242	0.728	0.121	-0.020	0.218	1.000
GS35	-0.435	-0.157	-0.320	-0.214	0.204	0.040	0.053	-0.228	0.279	-0.043	0.260	0.350	0.135	0.285	0.281	0.459
E14	-0.592	0.117	-0.068	0.015	0.208	0.023	-0.257	-0.262	0.173	0.586	0.584	0.006	0.424	0.878	0.527	-0.117
E21	-0.286	0.188	0.223	-0.408	-0.076	0.218	0.097	0.019	-0.226	0.362	0.618	0.204	0.354	0.284	0.791	-0.086
E28	-0.080	-0.346	-0.055	-0.508	-0.085	0.232	0.327	0.159	0.137	-0.171	0.092	0.492	0.080	-0.185	0.217	0.698
E35	-0.738	0.249	-0.218	-0.248	0.521	0.069	0.123	-0.253	0.327	0.083	0.434	0.440	0.668	0.477	0.530	0.486
Fv_Fm14	-0.215	0.344	-0.413	0.067	0.329	-0.007	0.065	-0.630	0.669	0.159	0.442	0.380	0.083	0.044	0.099	0.098
Fv_Fm28	0.169	-0.203	0.433	-0.565	-0.297	0.178	0.258	0.206	-0.345	0.178	0.170	0.033	0.292	-0.071	0.330	0.039
Fv_Fm35	0.495	-0.319	0.349	-0.048	-0.512	0.082	-0.007	0.517	-0.570	0.130	-0.207	-0.283	0.131	0.011	-0.109	-0.397
Y_II_14	-0.343	0.509	-0.551	0.320	0.478	-0.292	-0.041	-0.578	0.802	0.034	0.291	0.417	0.025	0.074	-0.031	0.271
Y_II_35	-0.007	0.120	-0.009	-0.239	0.459	0.130	0.045	-0.342	0.327	0.239	0.216	0.343	0.103	-0.176	0.028	0.303

Continuação...

	GS35	E14	E21	E28	E35	Fv_Fm14	Fv_Fm28	Fv_Fm35	Y_II_14	Y_II_35
MSPA	-0.435	-0.592	-0.286	-0.080	-0.738	-0.215	0.169	0.495	-0.343	-0.007
NH	-0.157	0.117	0.188	-0.346	0.249	0.344	-0.203	-0.319	0.509	0.120
AF	-0.320	-0.068	0.223	-0.055	-0.218	-0.413	0.433	0.349	-0.551	-0.009
NTT	-0.214	0.015	-0.408	-0.508	-0.248	0.067	-0.565	-0.048	0.320	-0.239
MTT	0.204	0.208	-0.076	-0.085	0.521	0.329	-0.297	-0.512	0.478	0.459
MMT	0.040	0.023	0.218	0.232	0.069	-0.007	0.178	0.082	-0.292	0.130
MS	0.053	-0.257	0.097	0.327	0.123	0.065	0.258	-0.007	-0.041	0.045
IC	-0.228	-0.262	0.019	0.159	-0.253	-0.630	0.206	0.517	-0.578	-0.342
CICLO	0.279	0.173	-0.226	0.137	0.327	0.669	-0.345	-0.570	0.802	0.327
A14	-0.043	0.586	0.362	-0.171	0.083	0.159	0.178	0.130	0.034	0.239
A21	0.260	0.584	0.618	0.092	0.434	0.442	0.170	-0.207	0.291	0.216
A28	0.350	0.006	0.204	0.492	0.440	0.380	0.033	-0.283	0.417	0.343
A35	0.135	0.424	0.354	0.080	0.668	0.083	0.292	0.131	0.025	0.103
GS14	0.285	0.878	0.284	-0.185	0.477	0.044	-0.071	0.011	0.074	-0.176
GS21	0.281	0.527	0.791	0.217	0.530	0.099	0.330	-0.109	-0.031	0.028
GS28	0.459	-0.117	-0.086	0.698	0.486	0.098	0.039	-0.397	0.271	0.303
GS35	1.000	0.172	0.304	0.465	0.380	0.287	0.093	-0.101	0.082	0.108
E14	0.172	1.000	0.467	-0.165	0.487	0.154	0.024	-0.005	0.091	-0.036
E21	0.304	0.467	1.000	0.259	0.211	0.149	0.378	0.182	-0.210	-0.058
E28	0.465	-0.165	0.259	1.000	0.197	0.092	0.236	-0.124	-0.011	0.070
E35	0.380	0.487	0.211	0.197	1.000	0.046	0.029	-0.275	0.304	0.368
Fv_Fm14	0.287	0.154	0.149	0.092	0.046	1.000	-0.247	-0.395	0.735	0.342
Fv_Fm28	0.093	0.024	0.378	0.236	0.029	-0.247	1.000	0.340	-0.507	0.138
Fv_Fm35	-0.101	-0.005	0.182	-0.124	-0.275	-0.395	0.340	1.000	-0.642	-0.262
Y_II_14	0.082	0.091	-0.210	-0.011	0.304	0.735	-0.507	-0.642	1.000	0.506
Y_II_35	0.108	-0.036	-0.058	0.070	0.368	0.342	0.138	-0.262	0.506	1.000

Apêndice B. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura supraótima: massa seca da parte aérea (MSPA), número de haste (NH), área foliar (AF), número total de tubérculos por planta (NTT), Massa total de tubérculos por planta (MTT), massa média de tubérculos (MMT), teor de matéria seca (MS), índice de clorofila (IC), ciclo (CICLO), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência fotoquímica máxima do FSII (Fv_Fm) e rendimento quântico efetivo do FSII (Y_II_). Pelotas, 2019.

	MSPA	NH	NTT	MTT	MMT	MS	IC	CICLO	A14	A21	A28	A35	GS14	GS21
MSPA	1.000	-0.405	-0.401	-0.657	0.145	0.224	0.500	-0.421	-0.202	-0.585	-0.409	-0.534	-0.614	-0.570
NH	-0.405	1.000	0.338	0.289	-0.316	-0.154	-0.381	0.376	0.349	0.370	0.319	0.265	0.186	0.175
NTT	-0.401	0.338	1.000	0.212	-0.756	-0.587	-0.264	0.484	0.350	0.337	0.224	0.007	0.306	0.086
MTT	-0.657	0.289	0.212	1.000	0.244	-0.230	-0.783	0.477	0.185	0.204	0.181	0.255	0.059	0.055
MMT	0.145	-0.316	-0.756	0.244	1.000	0.373	-0.162	-0.182	-0.227	-0.176	-0.225	-0.021	-0.289	-0.117
MS	0.224	-0.154	-0.587	-0.230	0.373	1.000	0.162	-0.153	0.217	-0.063	0.126	0.068	-0.266	-0.132
IC	0.500	-0.381	-0.264	-0.783	-0.162	0.162	1.000	-0.703	-0.245	-0.243	-0.127	-0.034	-0.023	-0.015
CICLO	-0.421	0.376	0.484	0.477	-0.182	-0.153	-0.703	1.000	0.261	0.236	0.418	0.004	0.173	0.132
A14	-0.202	0.349	0.350	0.185	-0.227	0.217	-0.245	0.261	1.000	0.060	-0.061	-0.079	-0.018	-0.207
A21	-0.585	0.370	0.337	0.204	-0.176	-0.063	-0.243	0.236	0.060	1.000	0.564	0.583	0.415	0.655
A28	-0.409	0.319	0.224	0.181	-0.225	0.126	-0.127	0.418	-0.061	0.564	1.000	0.476	0.070	0.283
A35	-0.534	0.265	0.007	0.255	-0.021	0.068	-0.034	0.004	-0.079	0.583	0.476	1.000	0.498	0.620
GS14	-0.614	0.186	0.306	0.059	-0.289	-0.266	-0.023	0.173	-0.018	0.415	0.070	0.498	1.000	0.640
GS21	-0.570	0.175	0.086	0.055	-0.117	-0.132	-0.015	0.132	-0.207	0.655	0.283	0.620	0.640	1.000
GS28	-0.216	0.368	0.116	-0.088	-0.276	-0.255	-0.079	0.232	-0.248	0.267	0.493	0.405	0.235	0.455
GS35	-0.666	0.010	0.308	0.516	-0.080	-0.302	-0.157	0.054	0.332	0.175	-0.013	0.367	0.443	0.207
E14	-0.702	0.349	0.331	0.266	-0.237	-0.273	-0.209	0.312	0.130	0.530	0.203	0.515	0.864	0.720
E21	-0.555	0.235	0.171	0.185	-0.055	-0.170	-0.237	0.252	-0.115	0.706	0.185	0.443	0.608	0.890
E28	-0.426	0.367	0.107	0.269	-0.158	-0.167	-0.186	0.381	-0.267	0.378	0.668	0.606	0.442	0.456
E35	-0.755	0.279	0.200	0.591	-0.013	0.006	-0.254	0.337	0.257	0.464	0.418	0.643	0.500	0.443
Fv_Fm14	-0.208	0.362	0.256	0.309	-0.018	-0.020	-0.632	0.675	0.057	0.480	0.401	0.100	-0.058	0.121
Fv_Fm28	0.110	0.236	-0.262	-0.151	0.195	-0.131	-0.115	0.099	-0.021	0.169	-0.055	0.078	0.045	0.244
Fv_Fm35	0.489	-0.312	-0.373	-0.516	0.083	0.027	0.522	-0.569	-0.202	-0.252	-0.252	0.118	0.036	-0.175
Y_II_14	-0.332	0.522	0.598	0.427	-0.294	-0.094	-0.572	0.796	0.404	0.352	0.421	0.038	0.024	-0.013
Y_II_28	0.135	-0.202	-0.027	0.241	0.325	0.147	-0.321	0.446	0.011	0.003	0.094	-0.214	-0.152	-0.244
Y_II_35	0.004	0.119	0.128	0.369	0.126	-0.043	-0.341	0.331	0.012	0.230	0.302	0.101	-0.283	-0.199

Continuação...

	GS28	GS35	E14	E21	E28	E35	Fv_Fm14	Fv_Fm28	Fv_Fm35	Y_II_14	Y_II_28	Y_II_35
MSPA	-0.216	-0.666	-0.702	-0.555	-0.426	-0.755	-0.208	0.110	0.489	-0.332	0.135	0.004
NH	0.368	0.010	0.349	0.235	0.367	0.279	0.362	0.236	-0.312	0.522	-0.202	0.119
NTT	0.116	0.308	0.331	0.171	0.107	0.200	0.256	-0.262	-0.373	0.598	-0.027	0.128
MTT	-0.088	0.516	0.266	0.185	0.269	0.591	0.309	-0.151	-0.516	0.427	0.241	0.369
MMT	-0.276	-0.080	-0.237	-0.055	-0.158	-0.013	-0.018	0.195	0.083	-0.294	0.325	0.126
MS	-0.255	-0.302	-0.273	-0.170	-0.167	0.006	-0.020	-0.131	0.027	-0.094	0.147	-0.043
IC	-0.079	-0.157	-0.209	-0.237	-0.186	-0.254	-0.632	-0.115	0.522	-0.572	-0.321	-0.341
CICLO	0.232	0.054	0.312	0.252	0.381	0.337	0.675	0.099	-0.569	0.796	0.446	0.331
A14	-0.248	0.332	0.130	-0.115	-0.267	0.257	0.057	-0.021	-0.202	0.404	0.011	0.012
A21	0.267	0.175	0.530	0.706	0.378	0.464	0.480	0.169	-0.252	0.352	0.003	0.230
A28	0.493	-0.013	0.203	0.185	0.668	0.418	0.401	-0.055	-0.252	0.421	0.094	0.302
A35	0.405	0.367	0.515	0.443	0.606	0.643	0.100	0.078	0.118	0.038	-0.214	0.101
GS14	0.235	0.443	0.864	0.608	0.442	0.500	-0.058	0.045	0.036	0.024	-0.152	-0.283
GS21	0.455	0.207	0.720	0.890	0.456	0.443	0.121	0.244	-0.175	-0.013	-0.244	-0.199
GS28	1.000	-0.160	0.326	0.238	0.711	0.041	0.254	0.401	0.021	0.134	-0.235	-0.021
GS35	-0.160	1.000	0.494	0.105	0.046	0.738	-0.309	-0.210	-0.091	-0.012	-0.050	0.115
E14	0.326	0.494	1.000	0.724	0.573	0.667	-0.029	0.100	-0.133	0.156	-0.001	-0.071
E21	0.238	0.105	0.724	1.000	0.355	0.347	0.281	0.271	-0.227	0.107	-0.132	-0.202
E28	0.711	0.046	0.573	0.355	1.000	0.488	0.253	0.135	-0.047	0.283	0.098	0.197
E35	0.041	0.738	0.667	0.347	0.488	1.000	0.024	-0.195	-0.313	0.337	0.207	0.364
Fv_Fm14	0.254	-0.309	-0.029	0.281	0.253	0.024	1.000	0.330	-0.397	0.741	0.245	0.350
Fv_Fm28	0.401	-0.210	0.100	0.271	0.135	-0.195	0.330	1.000	0.373	-0.101	-0.141	-0.108
Fv_Fm35	0.021	-0.091	-0.133	-0.227	-0.047	-0.313	-0.397	0.373	1.000	-0.639	-0.286	-0.258
Y_II_14	0.134	-0.012	0.156	0.107	0.283	0.337	0.741	-0.101	-0.639	1.000	0.384	0.504
Y_II_28	-0.235	-0.050	-0.001	-0.132	0.098	0.207	0.245	-0.141	-0.286	0.384	1.000	0.723
Y_II_35	-0.021	0.115	-0.071	-0.202	0.197	0.364	0.350	-0.108	-0.258	0.504	0.723	1.000

Apêndice C. Médias previstas e ranqueamento dos genótipos batata quanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), eficiência quântica máxima do FSII e rendimento quântico fotoquímico efetivo do FSII aos 14, 21, 28 e 35 dias após o início do tratamento nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	A14	Ordem	A14	Ordem	A21	Ordem	A21	Ordem	A28	Ordem	A28	Ordem	A35	Ordem	A35	Ordem
Cruza_148	21.77	6	22.60	16	19.81	17	20.80	17	19.6	8	20.05	7	20.30	17	20.30	17
Iporá	21.34	17	22.61	15	20.06	13	21.00	15	19.2	12	19.72	13	21.79	9	21.79	9
WA.077/320	21.35	16	22.63	14	19.96	16	20.95	16	18.9	16	19.31	17	19.50	18	19.50	18
Yagana	21.89	4	23.23	6	20.11	12	21.08	12	18.8	17	19.49	15	21.38	13	21.38	13
Achirana	21.49	13	22.37	18	20.27	8	21.29	7	19.7	5	20.21	5	23.82	2	23.82	2
Cota	21.60	10	23.24	5	20.33	6	21.34	6	19.2	13	19.57	14	21.12	14	21.12	14
F31-05-08	21.55	11	22.90	10	20.54	4	21.52	4	19.6	6	20.03	8	24.63	1	24.63	1
RM9825-05	21.71	7	23.37	2	19.74	18	20.72	18	18.9	15	19.32	16	20.72	16	20.72	16
C2076-2-00	21.71	8	22.44	17	20.21	9	21.22	9	19.4	10	19.87	10	21.07	15	21.07	15
Desiree	21.42	14	22.68	13	20.29	7	21.27	8	19.5	9	19.90	9	21.54	11	21.54	11
F50-08-01	22.03	3	23.10	9	20.36	5	21.35	5	19.4	11	19.85	11	23.30	4	23.30	4
Granola	21.87	5	22.72	11	20.64	2	21.63	2	19.8	4	20.31	3	22.45	7	22.45	7
Agata	22.16	2	23.31	3	20.56	3	21.58	3	19.8	3	20.23	4	22.13	8	22.13	8
Asterix	21.41	15	22.69	12	20.05	14	21.08	13	19.1	14	19.82	12	23.67	3	23.67	3
BRS Ana	21.67	9	23.11	8	20.15	10	21.14	11	19.6	7	20.12	6	22.95	6	22.95	6
BRSIPR Bel	22.44	1	23.14	7	21.00	1	21.94	1	20.0	1	20.44	1	23.16	5	23.16	5
F183-08-01	21.51	12	23.27	4	20.14	11	21.15	10	18.7	18	19.03	18	21.61	10	21.61	10
BRS Pérola	20.54	18	23.72	1	20.00	15	21.08	14	19.9	2	20.38	2	21.52	12	21.52	12
Média	21.63		23.00		20.18		21.18		19.45		19.88		21.70		21.70	

Continuação...

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	gs14	Ordem	gs14	Ordem	gs21	Ordem	gs21	Ordem	gs28	Ordem	gs28	Ordem	gs35	Ordem	gs35	Ordem
Cruza 148	0.65	18	0.84	18	0.68	18	0.71	18	0.86	8	0.85	9	0.67	14	0.48	18
Iporá	0.70	10	0.90	10	0.77	9	0.78	11	0.82	17	0.85	11	0.65	15	0.78	5
WA.077/320	0.66	15	0.87	14	0.71	16	0.78	12	0.82	16	0.85	7	0.41	18	0.56	17
Yagana	0.76	5	0.96	3	0.70	17	0.76	14	0.80	18	0.85	6	0.64	16	0.67	14
Achirana	0.66	14	0.86	16	0.75	12	0.86	5	0.87	5	0.84	13	0.72	9	0.71	10
Cota	0.67	13	0.87	15	0.77	10	0.84	6	0.84	13	0.85	8	0.62	17	0.56	16
F31-05-08	0.78	1	1.02	1	0.82	3	0.87	4	0.85	10	0.85	10	0.74	8	0.79	4
RM9825-05	0.68	11	0.88	12	0.73	15	0.73	17	0.86	9	0.81	17	0.72	10	0.93	1
C2076-2-00	0.74	7	0.93	7	0.75	11	0.83	8	0.88	2	0.85	12	0.81	4	0.58	15
Desiree	0.73	8	0.94	6	0.78	8	0.79	10	0.87	7	0.84	15	1.58	1	0.77	8
F50-08-01	0.68	12	0.87	13	0.80	4	0.78	13	0.84	11	0.84	14	0.71	12	0.68	13
Granola	0.74	6	0.93	8	0.91	2	0.89	3	0.87	4	0.86	4	1.00	2	0.77	7
Agata	0.76	4	0.95	5	0.74	13	0.84	7	0.88	3	0.86	5	0.80	5	0.89	2
Asterix	0.78	2	1.01	2	0.79	6	1.00	1	0.84	12	0.90	1	0.76	7	0.78	6
BRS Ana	0.65	16	0.85	17	0.78	7	0.76	15	0.83	15	0.89	2	0.68	13	0.68	12
BRSIPR Bel	0.77	3	0.95	4	0.95	1	0.98	2	0.87	6	0.86	3	0.78	6	0.71	9
F183-08-01	0.72	9	0.92	9	0.80	5	0.83	9	0.83	14	0.80	18	0.72	11	0.80	3
BRS Pérola	0.65	17	0.89	11	0.74	14	0.75	16	0.90	1	0.83	16	0.83	3	0.71	11
Média	0.71		0.92		0.78		0.82		0.85		0.85		0.77		0.71	

Continuação

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	E14	Ordem	E14	ordem	E21	Ordem	E21	ordem	E28	Ordem	E28	ordem	E35	Ordem	E35	ordem
Cruza 148	6.25	16	12.20	18	6.31	18	11.18	18	6.14	5	10.50	12	6.38	17	10.47	17
Iporá	6.63	9	12.84	8	6.68	6	11.56	13	5.87	17	10.70	3	7.40	10	11.88	9
WA.077/320	6.23	17	12.47	17	6.41	14	11.58	12	5.93	16	9.97	17	5.49	18	9.76	18
Yagana	6.94	4	13.03	5	6.43	13	11.76	10	5.58	18	10.68	5	6.92	15	11.23	14
Achirana	6.40	15	12.58	15	6.38	17	11.89	4	6.09	8	10.58	9	7.53	8	11.91	7
Cota	6.52	13	12.66	13	6.56	9	11.84	6	5.95	14	10.15	15	6.66	16	10.89	16
F31-05-08	6.72	8	13.12	4	6.60	8	11.76	9	5.99	13	10.62	7	7.76	6	12.24	5
RM9825-05	6.49	14	12.72	11	6.41	15	11.22	17	6.03	11	9.98	16	7.47	9	11.90	8
C2076-2-00	6.84	6	13.01	6	6.53	10	11.90	3	6.06	9	10.60	8	7.19	12	11.27	13
Desiree	6.60	11	12.62	14	6.74	4	11.59	11	6.23	1	10.26	14	7.17	13	11.33	12
F50-08-01	6.56	12	12.70	12	6.61	7	11.52	14	5.94	15	10.54	10	7.77	5	12.14	6
Granola	6.84	5	12.98	7	6.74	5	11.82	8	6.04	10	10.73	2	8.27	1	12.72	1
Agata	7.03	2	13.17	3	6.47	11	11.82	7	6.11	7	10.69	4	7.98	2	12.63	2
Asterix	7.00	3	13.36	1	6.46	12	12.08	2	6.02	12	10.98	1	7.92	3	12.39	3
BRS Ana	6.63	10	12.47	16	6.91	2	11.27	16	6.16	4	10.51	11	6.97	14	11.00	15
BRSIPR Bel	7.03	1	13.18	2	7.00	1	12.33	1	6.11	6	10.66	6	7.53	7	11.87	10
F183-08-01	6.83	7	12.73	10	6.77	3	11.85	5	6.18	3	9.84	18	7.34	11	11.75	11
BRS Pérola	6.21	18	12.78	9	6.39	16	11.51	15	6.18	2	10.45	13	7.92	4	12.30	4
Média	6.65		12.81		6.58		11.69		6.03		10.47		7.31		11.65	

Continuação

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	Fv/Fm14	Ordem	Fv/Fm14	Ordem	Fv/Fm21	Ordem	Fv/Fm21	Ordem	Fv/Fm28	Ordem	Fv/Fm28	Ordem	Fv/Fm35	Ordem	Fv/Fm35	Ordem
Cruza 148	0.662	9	0.718	9	0.755	15	0.737	10	0.755	16	0.736	14	0.756	12	0.737	12
Iporá	0.646	16	0.703	16	0.756	11	0.736	15	0.765	10	0.755	6	0.756	13	0.736	13
WA.077/320	0.649	15	0.705	15	0.756	4	0.736	16	0.764	11	0.751	8	0.767	4	0.747	4
Yagana	0.668	4	0.724	5	0.755	16	0.737	5	0.742	18	0.748	10	0.764	6	0.744	6
Achirana	0.664	7	0.720	8	0.756	10	0.737	9	0.762	12	0.731	16	0.750	14	0.730	14
Cota	0.676	2	0.732	2	0.755	13	0.737	3	0.775	3	0.746	11	0.725	18	0.705	18
F31-05-08	0.641	17	0.699	17	0.756	6	0.736	13	0.769	9	0.729	17	0.767	3	0.748	3
RM9825-05	0.614	18	0.670	18	-	-	-	-	0.773	4	0.722	18	0.761	9	0.741	9
C2076-2-00	0.651	14	0.707	14	0.755	14	0.737	7	0.772	6	0.749	9	0.766	5	0.746	5
Desiree	0.673	3	0.729	3	0.756	5	0.737	6	0.779	1	0.753	7	0.763	7	0.743	7
F50-08-01	0.666	6	0.723	6	0.756	8	0.737	1	0.771	8	0.757	4	0.778	1	0.758	1
Granola	0.667	5	0.724	4	0.756	12	0.737	8	0.757	14	0.736	15	0.727	17	0.707	17
Agata	0.678	1	0.734	1	0.754	17	0.737	4	0.757	13	0.742	12	0.734	16	0.715	16
Asterix	0.652	13	0.708	13	0.756	3	0.736	14	0.772	5	0.759	3	0.759	10	0.739	10
BRS Ana	0.660	11	0.717	11	0.757	1	0.736	12	0.775	2	0.766	1	0.777	2	0.757	2
BRSIPR Bel	0.661	10	0.717	10	0.756	2	0.737	11	0.771	7	0.762	2	0.761	8	0.741	8
F183-08-01	0.657	12	0.713	12	0.756	9	0.736	17	0.757	15	0.756	5	0.758	11	0.738	11
BRS Pérola	0.663	8	0.721	7	0.756	7	0.737	2	0.752	17	0.740	13	0.738	15	0.718	15
Média	0.658		0.715		0.756		0.736		0.765		0.747		0.756		0.736	

Continuação

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	Y(II)14	ordem	Y(II)14	ordem	Y(II)21	ordem	Y(II)21	ordem	Y(II)28	ordem	Y(II)28	ordem	Y(II)35	ordem	Y(II)35	ordem
Cruza 148	0.099	7	0.225	7	0.245	16	0.3196	1	0.153	5	0.189	1	0.131	8	0.165	8
Iporá	0.068	16	0.194	16	0.268	11	0.2617	8	0.153	6	0.168	4	0.145	4	0.179	4
WA.077/320	0.073	14	0.200	15	0.283	9	0.1688	16	0.091	17	0.156	6	0.111	14	0.145	14
Yagana	0.112	4	0.238	4	0.266	12	0.093	17	-	-	0.111	18	0.100	18	0.134	18
Achirana	0.084	8	0.210	8	0.280	10	0.2548	10	0.115	14	0.125	14	0.136	5	0.170	6
Cota	0.111	5	0.237	5	0.240	17	0.2149	13	0.154	4	0.129	12	0.135	7	0.169	7
F31-05-08	0.077	12	0.205	12	0.286	8	0.2559	9	0.105	16	0.158	5	0.114	13	0.148	13
RM9825-05	0.045	18	0.171	18	-	-	-	-	0.148	7	0.124	15	0.122	12	0.156	12
C2076-2-00	0.064	17	0.190	17	0.256	14	0.2023	14	0.173	1	0.141	11	0.135	6	0.170	5
Desiree	0.081	10	0.206	11	0.336	2	0.279	6	0.116	13	0.188	2	0.126	11	0.160	11
F50-08-01	0.104	6	0.232	6	0.310	6	0.2819	5	0.170	2	0.144	9	0.200	1	0.233	1
Granola	0.124	3	0.252	3	0.349	1	0.2849	4	0.125	11	0.178	3	0.166	3	0.199	3
Agata	0.157	1	0.284	1	0.264	13	0.3122	2	0.169	3	0.146	8	0.186	2	0.220	2
Asterix	0.082	9	0.207	9	0.326	5	0.3035	3	0.127	9	0.127	13	0.103	16	0.137	16
BRS Ana	0.073	15	0.201	14	0.328	4	0.2674	7	0.109	15	0.114	17	0.126	10	0.161	10
BRSIPR Bel	0.077	13	0.203	13	0.333	3	0.2491	12	0.132	8	0.116	16	0.101	17	0.134	17
F183-08-01	0.080	11	0.207	10	0.250	15	0.2513	11	0.121	12	0.142	10	0.109	15	0.143	15
BRS Pérola	0.136	2	0.264	2	0.294	7	0.1801	15	0.126	10	0.149	7	0.130	9	0.164	9
Média	0.092		0.218		0.289		0.246		0.135		0.145		0.132		0.166	

Apêndice D. Médias previstas e ranqueamento dos genótipos batata quanto índice de clorofila (IC), ciclo vegetativo (CICLO), número de hastes (NH) e área foliar (m²) (AF), número total de tubérculos por planta (NTT), massa total de tubérculos por planta (g planta⁻¹) (MTT), massa média de tubérculo (g) (MMT), teor de matéria seca (MS) e massa seca da parte aérea (g) (MSPA), nas condições de temperatura controle e supraótima. Pelotas, 2019.

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	IC	Ordem	IC	Ordem	CICLO	Ordem	CICLO	Ordem	NH	Ordem	NH	Ordem	AF	Ordem	AF	Ordem
Cruza 148	33.84	1	36.13	1	2.09	10	3.10	10	1.48	18	1.37	18	0.26	17	0.16	10
Iporá	27.31	12	29.60	12	2.09	9	3.09	11	2.84	3	2.73	3	0.31	3	0.18	7
WA.077/320	32.76	3	35.06	3	1.86	16	2.87	16	2.49	10	2.39	9	0.31	6	0.19	5
Yagana	24.94	16	27.14	16	2.24	6	3.25	6	2.84	4	2.73	4	0.27	14	0.14	14
Achirana	26.57	15	28.70	15	2.09	11	3.10	9	1.99	13	1.89	13	0.31	5	0.19	3
Cota	23.80	17	26.00	17	2.32	5	3.32	5	2.73	5	2.61	5	0.29	8	0.17	8
F31-05-08	33.01	2	35.25	2	1.79	17	2.80	17	2.61	6	2.51	6	0.27	12	0.15	11
RM9825-05	31.94	4	34.23	4	1.64	18	2.65	18	1.48	17	1.38	17	0.33	2	0.21	2
C2076-2-00	28.60	10	30.86	9	2.13	7	3.14	7	1.82	16	1.71	16	0.27	15	0.14	13
Desiree	26.64	14	28.87	14	2.33	4	3.33	4	1.88	15	1.77	15	0.27	13	-	-
F50-08-01	29.50	8	31.76	8	2.06	12	3.07	12	2.50	9	2.39	10	0.30	7	0.17	9
Granola	28.42	11	30.63	11	2.13	8	3.14	8	2.94	2	2.84	2	0.28	10	-	-
Agata	22.96	18	25.17	18	2.89	1	3.90	1	2.46	11	2.35	11	0.27	11	-	-
Asterix	29.72	6	32.01	6	2.40	3	3.40	3	2.42	12	2.30	12	0.29	9	0.19	4
BRS Ana	28.61	9	30.85	10	1.90	15	2.91	15	2.59	7	2.50	7	0.36	1	0.21	1
BRSIPR Bel	31.28	5	33.52	5	2.04	13	3.05	13	2.52	8	2.43	8	0.26	16	0.14	12
F183-08-01	29.72	7	31.93	7	1.94	14	2.95	14	1.91	14	1.80	14	0.31	4	0.18	6
BRS Pérola	26.88	13	29.12	13	2.75	2	3.73	2	3.30	1	3.19	1	0.23	18	0.12	15
Média	28.69		30.93		2.15		3.16		2.38		2.27		0.29		0.17	

Continuação

Genótipo	Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima		Controle		Supraótima	
	NTT	Ordem	NTT	Ordem	MTT	Ordem	MTT	Ordem	MMT	Ordem	MMT	Ordem	MS	Ordem	MS	Ordem	MSPA	Ordem	MSPA	Ordem
Cruza 148	13.5	6	6.7	13	257.6	5	125.5	6	22.96	10	14.34	13	23.3	5	20.0	5	23.64	1	22.15	1
Iporá	10.5	13	5.8	14	234.7	11	119.5	8	30.32	5	31.74	1	17.9	16	14.2	16	14.11	9	12.51	9
WA.077/320	18.6	2	13.4	2	215.4	15	95.6	14	13.82	18	10.77	17	16.3	18	13.4	17	22.44	2	20.88	2
Yagana	21.2	1	12.3	4	234.8	10	104.4	11	18.71	14	24.59	3	19.0	14	15.9	15	13.37	10	11.85	10
Achirana	10.9	11	6.9	12	226.5	13	103.1	13	30.37	4	14.58	12	21.9	10	18.4	10	12.41	11	10.76	13
Cota	9.4	14	8.0	9	294.7	1	155.6	1	26.52	6	11.66	15	24.8	1	21.0	2	15.15	8	13.61	7
F31-05-08	14.5	4	12.5	3	255.3	6	129.8	5	17.26	16	17.25	9	21.9	9	18.8	9	11.83	14	10.22	14
RM9825-05	11.4	9	8.0	10	233.5	12	103.5	12	22.23	11	19.42	7	21.5	11	19.1	6	15.87	6	14.15	6
C2076-2-00	6.4	18	2.1	18	244.0	8	110.3	9	37.00	2	16.83	10	24.0	4	20.4	4	17.59	4	16.10	4
Desiree	11.1	10	8.7	8	224.5	14	95.0	15	22.97	9	31.21	2	20.3	13	17.8	12	12.40	12	10.99	11
F50-08-01	8.7	15	5.4	15	241.0	9	110.0	10	25.48	7	16.22	11	24.3	3	20.5	3	20.67	3	19.18	3
Granola	10.6	12	9.8	7	212.1	16	92.9	16	23.26	8	11.36	16	20.4	12	17.3	13	8.46	18	6.89	18
Agata	16.5	3	22.3	1	247.5	7	120.0	7	17.95	15	20.49	6	16.8	17	12.5	18	9.01	17	7.42	17
Asterix	12.1	8	7.1	11	277.7	3	153.7	2	20.41	13	24.57	4	19.0	15	16.9	14	11.54	15	9.86	15
BRS Ana	7.2	16	4.6	17	258.9	4	131.6	4	30.84	3	12.84	14	22.2	7	19.0	7	16.41	5	14.69	5
BRSIPR Bel	13.8	5	10.9	6	188.4	18	62.6	18	16.72	17	7.88	18	22.1	8	18.0	11	11.50	16	9.80	16
F183-08-01	6.9	17	5.0	16	278.8	2	149.4	3	37.41	1	24.52	5	23.0	6	18.8	8	15.20	7	13.58	8
BRS Pérola	13.0	7	11.4	5	206.2	17	76.4	17	20.45	12	17.26	8	24.5	2	21.7	1	12.33	13	10.91	12
Média	12.0		8.9		240.7		113.3		24.15		18.20		21.3		18.0		14.66		13.09	

Apêndice E. Correlação entre as variáveis avaliadas na condição de temperatura controle (1) e na condição de temperatura supraótima (2): Dias para emergência (DE), dias para iniciar a tuberação após o plantio (DITP), dias para iniciar a tuberação após a emergência (DITE), número de plantas estabelecidas (NP), estatura da haste principal (EST), número de hastes (NH), massa seca da parte aérea (MSPA), ciclo vegetativo (CICLO), porcentagem de plantas que tuberezaram (PT), número de tubérculos por planta (NTP), massa de tubérculos por planta (MTP), massa média de tubérculo (MMT), porcentagem de tubérculos com embonecamento (TSE) e teor de matéria seca (MS), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E). Pelotas, 2019.

	DE1	DE2	DITP1	DITP2	DITE1	DITE2	NP1	NP2	PT2	CICLO1	CICLO2	EST1	EST2
DE1	1.00	0.43	0.68	0.50	0.53	0.39	-0.33	-0.33	0.46	-0.69	-0.87	-0.47	-0.32
DE2	0.43	1.00	0.17	0.18	0.06	-0.15	-0.52	-0.48	0.35	-0.53	-0.34	0.03	-0.49
DITP1	0.68	0.17	1.00	0.91	0.98	0.87	-0.14	-0.44	0.14	-0.80	-0.76	-0.71	-0.53
DITP2	0.50	0.18	0.91	1.00	0.93	0.94	-0.04	-0.49	0.12	-0.76	-0.57	-0.64	-0.72
DITE1	0.53	0.06	0.98	0.93	1.00	0.91	-0.06	-0.40	0.04	-0.74	-0.64	-0.71	-0.54
DITE2	0.39	-0.15	0.87	0.94	0.91	1.00	0.13	-0.32	0.05	-0.61	-0.51	-0.68	-0.55
NP1	-0.33	-0.52	-0.14	-0.04	-0.06	0.13	1.00	0.79	-0.21	0.09	0.31	-0.09	-0.09
NP2	-0.33	-0.48	-0.44	-0.49	-0.40	-0.32	0.79	1.00	0.04	0.26	0.30	0.09	0.31
PT2	0.46	0.35	0.14	0.12	0.04	0.05	-0.21	0.04	1.00	-0.51	-0.59	-0.07	-0.12
CICLO1	-0.69	-0.53	-0.80	-0.76	-0.74	-0.61	0.09	0.26	-0.51	1.00	0.83	0.55	0.62
CICLO2	-0.87	-0.34	-0.76	-0.57	-0.64	-0.51	0.31	0.30	-0.59	0.83	1.00	0.54	0.25
EST1	-0.47	0.03	-0.71	-0.64	-0.71	-0.68	-0.09	0.09	-0.07	0.55	0.54	1.00	0.52
EST2	-0.32	-0.49	-0.53	-0.72	-0.54	-0.55	-0.09	0.31	-0.12	0.62	0.25	0.52	1.00
NH1	-0.82	-0.32	-0.30	-0.03	-0.12	0.05	0.43	0.27	-0.18	0.22	0.60	0.19	-0.06
NH2	-0.59	-0.21	-0.29	-0.04	-0.16	0.02	0.26	0.25	0.11	0.10	0.40	0.01	-0.04
MSPA1	0.44	0.46	0.84	0.83	0.85	0.67	-0.11	-0.40	0.12	-0.86	-0.56	-0.48	-0.65
MSPA2	0.35	0.38	0.72	0.74	0.73	0.61	-0.17	-0.37	0.28	-0.81	-0.56	-0.38	-0.43
NTP1	-0.59	-0.24	-0.87	-0.86	-0.85	-0.79	0.19	0.46	-0.38	0.82	0.74	0.39	0.48
NTP2	-0.51	-0.36	-0.71	-0.67	-0.68	-0.56	0.19	0.31	-0.51	0.84	0.71	0.18	0.32
MTP1	0.02	0.38	-0.31	-0.42	-0.36	-0.54	0.11	0.50	0.43	-0.19	-0.06	0.30	0.19
MTP2	-0.20	0.11	-0.60	-0.78	-0.65	-0.80	0.07	0.61	0.25	0.23	0.14	0.36	0.52
MMT1	0.51	0.30	0.49	0.34	0.43	0.25	-0.04	0.05	0.54	-0.71	-0.64	-0.03	-0.04
MMT2	0.24	0.12	0.19	-0.07	0.13	-0.10	-0.23	0.10	0.42	-0.34	-0.47	0.19	0.44
TSE1	-0.25	-0.08	0.11	0.28	0.20	0.29	-0.13	-0.39	-0.46	0.12	0.25	-0.41	-0.28
TSE2	-0.26	-0.14	-0.07	0.19	0.01	0.25	0.19	-0.13	-0.30	0.16	0.33	-0.30	-0.42
MS1	0.08	0.47	0.37	0.47	0.41	0.30	0.09	-0.12	0.11	-0.67	-0.24	-0.04	-0.40
MS2	0.47	0.10	0.87	0.92	0.91	0.90	0.09	-0.32	0.04	-0.74	-0.53	-0.69	-0.68
A1	0.59	0.30	0.38	0.32	0.33	0.30	-0.31	-0.09	0.80	-0.46	-0.62	-0.63	-0.43
A2	-0.24	-0.12	0.17	0.02	0.25	0.07	-0.03	0.06	-0.22	0.03	0.07	-0.75	-0.21
gs1	-0.02	-0.50	-0.21	-0.23	-0.19	-0.07	0.35	0.68	0.52	0.13	0.07	-0.30	0.18
gs2	-0.74	-0.67	-0.49	-0.61	-0.39	-0.49	0.25	0.53	-0.40	0.66	0.66	-0.27	0.48
E1	-0.03	-0.47	-0.35	-0.36	-0.34	-0.23	0.24	0.62	0.56	0.23	0.10	-0.13	0.32
E2	-0.69	-0.58	-0.46	-0.58	-0.37	-0.49	0.14	0.43	-0.38	0.63	0.60	-0.29	0.43

Continuação...

	NH1	NH2	MSPA1	MSPA2	NTP1	NTP2	MTP1	MTP2	MMT1	MMT2	TSE1	TSE2
DE1	-0.82	-0.59	0.44	0.35	-0.59	-0.51	0.02	-0.20	0.51	0.24	-0.25	-0.26
DE2	-0.32	-0.21	0.46	0.38	-0.24	-0.36	0.38	0.11	0.30	0.12	-0.08	-0.14
DITP1	-0.30	-0.29	0.84	0.72	-0.87	-0.71	-0.31	-0.60	0.49	0.19	0.11	-0.07
DITP2	-0.03	-0.04	0.83	0.74	-0.86	-0.67	-0.42	-0.78	0.34	-0.07	0.28	0.19
DITE1	-0.12	-0.16	0.85	0.73	-0.85	-0.68	-0.36	-0.65	0.43	0.13	0.20	0.01
DITE2	0.05	0.02	0.67	0.61	-0.79	-0.56	-0.54	-0.80	0.25	-0.10	0.29	0.25
NP1	0.43	0.26	-0.11	-0.17	0.19	0.19	0.11	0.07	-0.04	-0.23	-0.13	0.19
NP2	0.27	0.25	-0.40	-0.37	0.46	0.31	0.50	0.61	0.05	0.10	-0.39	-0.13
PT2	-0.18	0.11	0.12	0.28	-0.38	-0.51	0.43	0.25	0.54	0.42	-0.46	-0.30
CICLO1	0.22	0.10	-0.86	-0.81	0.82	0.84	-0.19	0.23	-0.71	-0.34	0.12	0.16
CICLO2	0.60	0.40	-0.56	-0.56	0.74	0.71	-0.06	0.14	-0.64	-0.47	0.25	0.33
EST1	0.19	0.01	-0.48	-0.38	0.39	0.18	0.30	0.36	-0.03	0.19	-0.41	-0.30
EST2	-0.06	-0.04	-0.65	-0.43	0.48	0.32	0.19	0.52	-0.04	0.44	-0.28	-0.42
NH1	1.00	0.84	0.01	0.13	0.16	0.07	0.03	-0.04	-0.17	-0.17	0.30	0.33
NH2	0.84	1.00	-0.07	0.15	0.20	0.11	0.16	0.09	-0.12	-0.19	0.37	0.48
MSPA1	0.01	-0.07	1.00	0.89	-0.80	-0.80	0.02	-0.41	0.60	0.27	0.10	-0.14
MSPA2	0.13	0.15	0.89	1.00	-0.71	-0.80	0.13	-0.32	0.64	0.42	0.19	-0.21
NTP1	0.16	0.20	-0.80	-0.71	1.00	0.92	0.19	0.55	-0.66	-0.34	0.17	0.16
NTP2	0.07	0.11	-0.80	-0.80	0.92	1.00	-0.17	0.24	-0.86	-0.61	0.35	0.42
MTP1	0.03	0.16	0.02	0.13	0.19	-0.17	1.00	0.83	0.55	0.56	-0.54	-0.49
MTP2	-0.04	0.09	-0.41	-0.32	0.55	0.24	0.83	1.00	0.16	0.44	-0.49	-0.42
MMT1	-0.17	-0.12	0.60	0.64	-0.66	-0.86	0.55	0.16	1.00	0.79	-0.60	-0.60
MMT2	-0.17	-0.19	0.27	0.42	-0.34	-0.61	0.56	0.44	0.79	1.00	-0.58	-0.87
TSE1	0.30	0.37	0.10	0.19	0.17	0.35	-0.54	-0.49	-0.60	-0.58	1.00	0.62
TSE2	0.33	0.48	-0.14	-0.21	0.16	0.42	-0.49	-0.42	-0.60	-0.87	0.62	1.00
MS1	0.32	0.27	0.76	0.80	-0.48	-0.67	0.41	-0.06	0.64	0.34	-0.02	-0.11
MS2	-0.02	0.02	0.78	0.62	-0.80	-0.60	-0.32	-0.65	0.38	-0.10	0.19	0.32
A1	-0.16	0.52	0.23	0.21	-0.44	-0.39	0.40	0.09	0.41	0.41	-0.62	0.36
A2	0.18	0.03	0.11	-0.19	-0.01	0.14	-0.45	0.19	-0.29	-0.38	0.38	0.89
gs1	0.34	0.96	-0.32	-0.27	0.21	0.18	0.74	0.62	0.10	-0.01	-0.69	0.32
gs2	0.30	0.25	-0.54	-0.76	0.65	0.75	-0.30	0.75	-0.73	-0.84	0.41	0.92
E1	0.19	0.91	-0.46	-0.38	0.30	0.27	0.72	0.70	0.01	-0.06	-0.69	0.30
E2	0.21	0.17	-0.51	-0.74	0.60	0.71	-0.38	0.72	-0.74	-0.83	0.45	0.95

Continuação...

	MS1	MS2	A1	A2	gs1	gs2	E1	E2
DE1	0.08	0.47	0.59	-0.24	-0.02	-0.74	-0.03	-0.69
DE2	0.47	0.10	0.30	-0.12	-0.50	-0.67	-0.47	-0.58
DITP1	0.37	0.87	0.38	0.17	-0.21	-0.49	-0.35	-0.46
DITP2	0.47	0.92	0.32	0.02	-0.23	-0.61	-0.36	-0.58
DITE1	0.41	0.91	0.33	0.25	-0.19	-0.39	-0.34	-0.37
DITE2	0.30	0.90	0.30	0.07	-0.07	-0.49	-0.23	-0.49
NP1	0.09	0.09	-0.31	-0.03	0.35	0.25	0.24	0.14
NP2	-0.12	-0.32	-0.09	0.06	0.68	0.53	0.62	0.43
PT2	0.11	0.04	0.80	-0.22	0.52	-0.40	0.56	-0.38
CICLO1	-0.67	-0.74	-0.46	0.03	0.13	0.66	0.23	0.63
CICLO2	-0.24	-0.53	-0.62	0.07	0.07	0.66	0.10	0.60
EST1	-0.04	-0.69	-0.63	-0.75	-0.30	-0.27	-0.13	-0.29
EST2	-0.40	-0.68	-0.43	-0.21	0.18	0.48	0.32	0.43
NH1	0.32	-0.02	-0.16	0.18	0.34	0.30	0.19	0.21
NH2	0.27	0.02	0.52	0.03	0.96	0.25	0.91	0.17
MSPA1	0.76	0.78	0.23	0.11	-0.32	-0.54	-0.46	-0.51
MSPA2	0.80	0.62	0.21	-0.19	-0.27	-0.76	-0.38	-0.74
NTP1	-0.48	-0.80	-0.44	-0.01	0.21	0.65	0.30	0.60
NTP2	-0.67	-0.60	-0.39	0.14	0.18	0.75	0.27	0.71
MTP1	0.41	-0.32	0.40	-0.45	0.74	-0.30	0.72	-0.38
MTP2	-0.06	-0.65	0.09	0.19	0.62	0.75	0.70	0.72
MMT1	0.64	0.38	0.41	-0.29	0.10	-0.73	0.01	-0.74
MMT2	0.34	-0.10	0.41	-0.38	-0.01	-0.84	-0.06	-0.83
TSE1	-0.02	0.19	-0.62	0.38	-0.69	0.41	-0.69	0.45
TSE2	-0.11	0.32	0.36	0.89	0.32	0.92	0.30	0.95
MS1	1.00	0.47	-0.05	-0.27	-0.39	-0.75	-0.51	-0.74
MS2	0.47	1.00	0.40	0.22	-0.09	-0.40	-0.24	-0.38
A1	-0.05	0.40	1.00	0.40	0.62	0.07	0.58	0.11
A2	-0.27	0.22	0.40	1.00	0.14	0.74	0.04	0.79
gs1	-0.39	-0.09	0.62	0.14	1.00	0.37	0.98	0.32
gs2	-0.75	-0.40	0.07	0.74	0.37	1.00	0.35	0.99
E1	-0.51	-0.24	0.58	0.04	0.98	0.35	1.00	0.30
E2	-0.74	-0.38	0.11	0.79	0.32	0.99	0.30	1.00