



DANILO HOTTIS LYRA

**ASSOCIAÇÃO DO INÍCIO DA TUBERIZAÇÃO
E DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO COM A
TOLERÂNCIA AO CALOR EM BATATA**

LAVRAS - MG

2014

DANILO HOTTIS LYRA

**ASSOCIAÇÃO DO INÍCIO DA TUBERIZAÇÃO E DURAÇÃO DO
CICLO VEGETATIVO COM A TOLERÂNCIA AO CALOR EM
BATATA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Lyra, Danilo Hottis.

Associação do início da tuberização e duração do ciclo
vegetativo com a tolerância ao calor em batata / Danilo Hottis Lyra.
– Lavras : UFLA, 2014.

76 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Estresse térmico. 3. Plantas –
Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 635.213

2014

RESUMO

A produtividade de batata é extremamente sensível ao estresse térmico. Existem vários níveis de tolerância associados aos diferentes genótipos. Assim, para que a seleção seja cada vez mais eficiente, é importante conhecer os mecanismos e os processos que conferem níveis elevados de tolerância, como a seleção de clones com base no início da tuberização e duração do ciclo vegetativo. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a relação do início da tuberização (precoce/tardia) e a duração do ciclo vegetativo (curto/longo) com a tolerância ao calor em batata. Quatro experimentos distintos foram realizados, quais sejam: a) avaliação do início da tuberização; b) avaliação da duração do ciclo vegetativo; c) comportamento de grupos de clones em condições contrastantes de temperatura e d) estimativas de índices morfofisiológicos dos diferentes grupos de clones. O estresse de calor foi evidenciado nos experimentos. Para os ensaios a e b, a amplitude foi de 31,8 dias, para tuberização e 30,3 dias, para duração do ciclo vegetativo, demonstrando variabilidade genética sob estresse de calor. Quatro grupos foram formados, com cinco clones cada, com base no início de tuberização e duração do ciclo vegetativo. Foram eles: i) tuberização precoce e ciclo curto (PC); ii) tuberização precoce e ciclo longo (PL); iii) tuberização tardia e ciclo curto (TC); e iv) tuberização tardia e ciclo longo (TL). Valor de correlação positivo e estatisticamente significativo foi observado entre a duração do ciclo vegetativo e a produção. No ensaio c, três clones foram considerados tolerantes ao calor. Para produção total de tubérculos, o grupo PL apresentou média superior à dos demais grupos. Seis clones e três testemunhas foram considerados tolerantes ao estresse de calor e responsivos no ambiente com temperaturas amenas, com base na produção de tubérculos. No experimento d, merece ênfase o grupo PL, que mostrou valores superiores para quase todos os índices morfofisiológicos. Portanto, o grupo PL apresentou maior tolerância ao calor e responsividade em temperaturas amenas, sendo a sua seleção considerada uma boa estratégia para as condições tropicais.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Estresse térmico. Melhoramento genético de plantas.

ABSTRACT

The productivity of potato is extremely sensitive to heat stress. There are several levels of tolerance associated with different genotypes, thus, for the selection be increasingly efficient is important to know the mechanisms and processes that confer high levels of tolerance, as the selection of clones based on tuber initiation and duration of vegetative cycle. The aim of this study was to evaluate the association of tuber initiation (early / late) and the duration of vegetative cycle (short / long) with heat tolerance in potato. Four different experiments were conducted, which they are: a) evaluation of tuber initiation; b) evaluation of the duration of the vegetative cycle; c) behavior of groups of clones in contrasting temperature conditions; d) estimates of morphophysiological indices of different groups of clones. The heat stress was evidenced in the experiments. For the assays "a" and "b" the amplitude was 31.8 days for tuberization and 30.3 days for the duration of the vegetative cycle, demonstrating genetic variability under heat stress. Four groups were formed, each one with five clones, based on tuber initiation and duration of the vegetative cycle, which they are: i) early tuberization and short cycle (PC); ii) early tuberization and long cycle (PL); iii) late tuberization and short cycle (TC); and iv) late tuberization and long cycle (TL). Positive correlation value and statistically significant was observed between the duration of vegetative cycle and production. In the essay "c" three clones were tolerant to heat stress. For total production of tubers the PL group showed higher mean than the other groups. Six clones and three witnesses were tolerant to heat stress and responsive to the environment with lower temperatures, based on tuber yield. In experiment "d", deserves emphasis the PL group that showed higher values for almost morphophysiological indices. Therefore, the PL group showed greater tolerance to heat and responsiveness in mild temperatures being the selection of this group considered a good strategy in tropical conditions.

Keywords: *Solanum tuberosum* L. Heat stress. Plant breeding.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Efeitos do estresse de calor na cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	10
2.2	Índices morfofisiológicos	14
2.3	Melhoramento para tolerância ao calor em batata.....	16
2.3.1	Seleção em condições favoráveis e adversas.....	19
2.4	Melhoramento para duração do ciclo vegetativo em batata.....	21
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Material.....	23
3.2	Caracterização dos experimentos.....	23
3.2.1	Início da tuberização	23
3.2.2	Duração do ciclo vegetativo	24
3.2.3	Comportamento dos grupos de clones sob condições contrastantes de temperatura.....	25
3.2.4	Estimativa de índices morfofisiológicos sob condições de estresse de calor	27
3.3	Análises estatísticas.....	29
3.3.1	Início da tuberização	29
3.3.2	Duração do ciclo vegetativo	30
3.3.3	Comportamento dos grupos de clones.....	30
3.3.4	Índices morfofisiológicos	31
4	RESULTADOS..... Erro! Indicador não definido.	
4.1	Início da tuberização e duração do ciclo vegetativo.....	32
4.2	Formação dos grupos de clones com diferentes inícios de tuberização e durações do ciclo vegetativo.....	35
4.3	Comportamento dos grupos de clones em condições contrastantes de temperatura.....	38
4.3.1	Análises de variância individuais	40
4.3.1.1	Experimento em Lavras-MG.....	40
4.3.1.2	Experimento em Bom Repouso-MG	45
4.3.1.3	Análise de variância conjunta	49
4.4	Análises dos índices morfofisiológicos.....	55
5	DISCUSSÃO	60
6	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

O Brasil produziu cerca de 3,78 milhões de toneladas de batata, no ano de 2012, sendo os estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo os maiores produtores, nesta ordem (cerca de 70% da produção nacional). Minas Gerais produziu 31,6% da produção total, com destaque para a região sul do estado, responsável por cerca de 75% da produção estadual (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

A maioria das cultivares atualmente plantadas no país foi desenvolvida para condições temperadas e, embora elas apresentem boas qualidades para o comércio e indústria, quando submetidas às condições climáticas do Brasil, principalmente sob estresse térmico, apresentam produtividade e qualidade de tubérculos abaixo do seu potencial.

As altas temperaturas causam redução da produtividade e matéria seca de tubérculos, além de depreciar o produto devido a desordens fisiológicas. Desse modo, trabalhos de melhoramento genético visando à obtenção de cultivares mais adaptadas para esta condição são de fundamental importância para a bataticultura mineira e brasileira (PINTO et al., 2010).

O melhoramento de batata para tolerância ao calor no Brasil se iniciou em 1994, na Universidade Federal de Lavras, tendo as fontes de tolerância ao calor sido os clones LT7, LT8, LT9 e DTO 28 provenientes do Centro Internacional de La Papa. Em quase duas décadas de melhoramento, foram selecionados clones superiores e empregados métodos de seleção recorrente (BENITES; PINTO, 2011).

Para que a seleção visando tolerância ao calor seja cada vez mais eficiente, é importante conhecer os mecanismos e os processos que conferem níveis elevados de tolerância, como a seleção de clones com base no início da

tuberização e a duração do ciclo vegetativo, para permitir o aumento da produtividade para as regiões tropicais.

O controle da tuberização está relacionado com fatores fisiológicos, bioquímicos e/ou genéticos, existindo variações nos clones de batata para início de tuberização sob estresse de calor (FISCHER et al., 2008). Isso ocorre, também, para a duração do ciclo vegetativo. Clones de ciclo longos têm maior longevidade das folhas, de modo que o período de enchimento dos tubérculos pode prolongar-se, levando a aumento significativo na produção de tubérculos (SILVA; PINTO, 2005).

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a relação do início da tuberização (precoce/tardia) e da duração do ciclo vegetativo (curto/longo) com a tolerância ao calor em batata.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efeitos do estresse de calor na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)

A tuberização é afetada por diferentes condições ambientais, tais como temperatura, dose de nitrogênio e fotoperíodo. O efeito desses fatores ambientais nos genótipos/clones pode ter diferenças significativas no grau de resposta a determinado estímulo (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2001).

Temperaturas elevadas podem ter efeitos diretos e indiretos na planta, como déficit hídrico (alta taxa de evapotranspiração) e redução da fotossíntese líquida (alta taxa de respiração). Além do mais, ocorre inibição da tuberização, reduzindo a partição de fotoassimilados destinado aos tubérculos (AIEN; KHETARPAL; PAL, 2011; MENEZES et al., 1999).

No Brasil, a cultura da batata sofre acentuada queda de produção e qualidade dos tubérculos, devido às elevadas temperaturas (PINTO et al., 2010). As condições de temperaturas amenas e fotoperíodos mais longos, encontradas nos países temperados, favorecem rendimentos maiores, devido à manutenção da parte aérea por mais tempo.

A faixa de temperatura média ideal para a cultura da batata está entre 14 °C e 22 °C, sendo que a maioria das cultivares comerciais tuberiza melhor com temperaturas médias pouco acima de 15,5 °C (LEVY; VEILLEUX, 2007). Condições ideais para o cultivo seriam ambiente que proporcionasse maior número de horas de luz, noites frias e poucas horas do dia com temperaturas acima de 25 °C (HAVERKORT; VERHAGEN, 2008).

O efeito da temperatura influencia os estádios de desenvolvimento da planta, que se divide em três: a) período de emergência; b) início da tuberização; c) tempo de crescimento e amadurecimento dos tubérculos. No

primeiro, baixas temperaturas são indesejáveis, pois causam atraso na emergência; no segundo, altas temperaturas ocasionam atraso no início da tuberização, enquanto, no último, altas temperaturas estimulam o desenvolvimento da parte aérea, reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos, aumentando a intensidade da respiração e acarretando redução na produção de tubérculos (MENEZES; PINTO; LAMBERT, 2001).

Existem vários relatos, na literatura, sobre a redução na produção de tubérculos devido às altas temperaturas. Nas condições brasileiras, Lambert, Pinto e Menezes (2006a) observaram redução no número e peso de tubérculos, resultando em decréscimos de até 58% na produção e de 25% na porcentagem de tubérculos graúdos. Menezes et al. (1999) e Menezes, Pinto e Lambert (2001) mostraram, também, redução em torno de 25,5% e 46%, respectivamente.

Sarquís, Gonzáles e Bernal-Lug (1996) trabalharam em ensaios de campo, em duas localidades contrastantes em temperatura, observando redução de 52% a 94% na produção nos locais de altas temperaturas para as cultivares Alfa e Hertha, respectivamente, em relação aos locais de temperaturas baixas. Khedher e Ewing (1985) observaram redução de 65% a 80% na produção de tubérculos por planta, em condições de temperaturas altas em relação a condições de temperaturas amenas.

Timlin et al. (2006) quantificaram os efeitos da temperatura no desenvolvimento e no crescimento da cultivar Atlantic. Os autores relataram que o peso e o crescimento de tubérculos e biomassa da planta foram menores quando a batata foi cultivada a 28 °C e a 32 °C, do que a 16 °C e 24 °C, e que plantas sob temperaturas mais altas tiveram maior proporção de folhas e hastes que de tubérculos. Os autores relataram também que outro efeito ocasionado pelas altas temperaturas é a senescência mais rápida das folhas, promovendo a

redução no período de enchimento dos tubérculos pelo encurtamento do tempo de acúmulo de reserva, em função do retardamento do início da tuberização.

Além de provocar redução na produtividade, altas temperaturas, acima de 25 °C, ainda afetam negativamente o aspecto qualitativo do tubérculo, aumentando a porcentagem de rachaduras, embonecamento ou crescimento secundário, coração oco, coração preto, rosário e chocolate, e redução da matéria seca (BENITES; PINTO, 2011).

A rachadura corresponde a fissuras na superfície do tubérculo e está associada a temperaturas elevadas e déficit hídrico. Já o embonecamento está associado a condições que dão origem ao crescimento desuniforme do tubérculo, geralmente devido à disponibilidade irregular de nutrientes de solo, temperaturas extremas e desfolha da planta. Quando as condições melhoram, reinicia-se o desenvolvimento do tubérculo, formando crescimentos secundários (FELTRAN; LEMOS, 2008).

Outra desordem importante é o coração oco, que está associado ao crescimento excessivamente acelerado do tubérculo, levando à formação de uma cavidade no seu interior (HENZ; BRUNE, 2004). Embora não apresente sintomas externos, esta desordem representa problema muito sério quando os tubérculos são cortados.

O coração negro é resultante de abastecimento inadequado de oxigênio para respiração do tubérculo, sendo seu sintoma característico de lesão de cor azul escura a negra, no centro do tubérculo. O chocolate, ou necrose interna do tubérculo, tem como principal causa a suboxigenação, causada por respiração interna acelerada, associada ao crescimento ativo em altas temperaturas (FELTRAN; LEMOS, 2008).

Essas desordens depreciam o produto para o mercado *in natura*, inviabilizam sua aceitação no mercado e resultam em maiores perdas durante o processamento industrial. Mais atenção deveria ser dada para a aparência e a

porcentagem de tubérculos com desordens fisiológicas, quando selecionados para tolerância ao calor.

Sob altas temperaturas, injúrias ou morte da planta podem ocorrer somente após longo tempo de exposição. Injúrias diretas provocadas pelas altas temperaturas provocam alterações moleculares, como desnaturação e agregação de proteínas, e aumento da fluidez da membrana lipídica. Indiretamente, ocorrem inativação de enzimas no cloroplasto e mitocôndrias, inibição da síntese proteica, degradação de proteínas e perda da integridade da membrana (SARKAR, 2008).

Nesses aspectos, é importante conhecer os estádios e os processos de desenvolvimento da planta, assim como determinar o potencial de tolerância ao calor para cada cultura (WAHID et al., 2007). Dentre estes, citam-se a maior eficiência fotossintética em altas temperaturas, a menor atividade da amilase e invertase e o menor acúmulo de amido em folhas e síntese de proteínas *heat shock proteins* (HSPs) por longos períodos (AHN; CLAUSSEN; ZIMMERMAN, 2004).

A tolerância conferida pelas HSPs resulta em aumento dos processos fisiológicos, como fotossíntese, partição de fotoassimilados, absorção de água e nutrientes e estabilidade da membrana (RENSINK et al., 2005). Ahn, Claussen e Zimmerman (2004) identificaram as HSPs como protetoras das células contra danos provocados pela exposição ao calor, aumentando a termotolerância celular.

De forma geral, o efeito das altas temperaturas na cultura da batata pode ser em nível morfológico, fisiológico e molecular (Tabela 1).

Tabela 1 Efeito morfológico, fisiológico e molecular na batata em altas temperaturas

Morfológicos	Fisiológicos	Moleculares
Crescimento rápido de brotos	Inibição de enzimas relacionadas à fabricação de amido	Expressão dos genes alterada
Atraso da tuberização	Redução da taxa fotossintética	Expressão de HSPs
Poucos tubérculos por planta	Aumento de ácido giberélico	Danificação da membrana e proteínas
Quebra da dormência	Aumento do nível de glicoalcalóides esteroidais	Diminuição da atividade da ADPG pirofosforilase no tubérculo
Defeitos dos tubérculos	Redução da partição de fotoassimilados ao tubérculo	Redução da atividade da sucrosesintase nos tubérculos
Conteúdo de matéria seca diminui	Dano do fotossistema II Aumento da respiração	

Fonte: Levy e Veilleux (2007)

Os efeitos do aumento da temperatura, certamente, ressaltarão a necessidade de incrementar esforços nos programas de melhoramento genético no sentido de priorizar o desenvolvimento de cultivares tolerantes ao calor (HAVERKORT et al., 2013).

2.2 Índices morfofisiológicos

A alocação de recursos em plantas tem sido descrita por meio da distribuição preferencial de biomassa e nutrientes em seus diversos órgãos. A

distribuição desses recursos depende de vários fatores, como, por exemplo, ciclo vegetativo, temperatura, relações hídricas e nutrientes (FLEISHER et al., 2013).

Nas plantas cultivadas, visa-se obter diferentes razões de alocação raiz:parte aérea. Em espécies tuberosas, como a batata, o melhor rendimento está associado à maior partição de fotoassimilados para os tubérculos, o que está atrelado à duração da área foliar ativa. Porém, elevadas temperaturas afetam, por exemplo, a taxa de acúmulo de matéria seca, a partição de matéria seca para as folhas, ramos, raízes, estolões e tubérculos, a área foliar específica, o número e o tamanho dos tubérculos, além da taxa de senescência da cultura (HANCOCK et al., 2014).

Em vários trabalhos têm sido utilizados os índices morfofisiológicos, que aliam aspectos morfológicos e fisiológicos para estudos de análise de crescimento, discriminando genótipos adaptados às condições adversas de cultivo (BORTOLINI; DALL'AGNOL; BISSANI, 2011; FERNANDES et al., 2010). A análise quantitativa do crescimento vegetal se destina à avaliação da produção líquida das plantas, derivada do processo fotossintético, e é o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo.

Silva et al. (2009), em seu estudo, sugeriram que a maior produção dos clones de ciclo longos foi devido ao crescimento vigoroso e à maior longevidade da parte aérea, que possibilita a formação de maior número de tubérculos por planta e a maior taxa de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos.

O efeito de temperaturas elevadas e de fotoperíodo na partição de fotoassimilados e translocação de C_{14} entre os vários órgãos da planta de batata foi relatado por Wolf, Marani e Rudich (1990), que observaram que a partição de matéria seca para os órgãos vegetativos (folhas e hastes) foi acentuada em altas temperaturas. Os autores enfatizam que o principal efeito é na partição de fotoassimilados e não na produtividade total de matéria seca da planta.

Similarmente, Dam, Kooman e Struik (1996) trabalharam com duas cultivares em dois fotoperíodos e quatro temperaturas, e relataram que, a altas temperaturas e o fotoperíodo longo, também ocorreu baixo particionamento para os tubérculos.

A utilização do índice de crescimento da cultura pode contribuir para a identificação de genótipos mais bem adaptados às condições de cultivo, em relação à capacidade produtiva e fisiológica, levando em consideração os aspectos anatômicos das folhas que podem condicionar melhor eficiência fotossintética (RIBEIRO, 2010). Além disso, a importância de se conhecer o modelo de crescimento em clones de batata, com base no início de tuberização e ciclo vegetativo, leva ao maior entendimento do potencial de produção e fornece subsídios aos programas de melhoramento.

2.3 Melhoramento para tolerância ao calor em batata

Os estresses abióticos ocorrem, com maior ou menor intensidade, em praticamente todas as áreas agrícolas cultivadas. Como exemplo, têm-se o déficit hídrico, a baixa fertilidade do solo, o fotoperíodo e as temperaturas extremas (RAMALHO; SILVA; DIAS, 2009). Assim, para eficácia no melhoramento de plantas, é necessário identificar níveis de tolerância dos genótipos ao período de estresse (MITI; TONGOONA; DERERA, 2010).

Os mecanismos de tolerância ao calor podem ser determinados por meio da produtividade, caráter tradicional de seleção, além de avaliações bioquímicas e fisiológicas, em âmbito celular, molecular e morfológico (HASANUZZAMAN et al., 2013). Assim, a seleção baseada em vários caracteres apresenta-se como estratégia eficiente (SINGH et al., 2011).

O estresse por calor ocasionado pelo desvio dos valores de temperatura máxima e mínima acima da faixa ótima implica em alterações nos diversos

processos metabólicos, com perdas qualitativas e quantitativas do produto final (SHRIVASTAVA et al., 2012). A batata (*Solanum tuberosum* L.), por exemplo, é originária de países de clima ameno e, quando submetida às condições ambientais tropicais, é afetada pelas altas temperaturas.

No Brasil, o início dos trabalhos de melhoramento visando tolerância ao calor foi feito pelo programa de melhoramento de batata da UFLA, por meio da introdução dos clones LT-7 (Clones Low Tropic), LT-8, LT-9 e DTO-28 liberados como tolerantes ao calor pelo CIP. Esses clones foram avaliados em condições de altas temperaturas do sul de Minas Gerais (MENEZES et al., 1999), com o objetivo de serem utilizados em cruzamentos.

Os clones introduzidos do CIP foram cruzados com cultivares e clones brasileiros, tais como Itararé, Baronesa, Aracy, EPAMIG 76-0580 e EPAMIG 76-0526 e a cultivar holandesa Baraka. Os clones obtidos foram avaliados nas safras de inverno e das águas em três localidades de Minas Gerais. As altas temperaturas afetaram significativamente a produção, o teor de matéria seca e a ocorrência de desordens fisiológicas nos tubérculos (MENEZES; PINTO; LAMBERT, 2001).

Inúmeros clones foram selecionados a partir deste trabalho e avaliados, posteriormente, por vários anos nas safras de inverno e das águas, sempre demonstrando superioridade nas condições adversas de temperatura. Lambert, Pinto e Menezes (2006a) estudaram o comportamento de 51 clones quanto à produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em diferentes localidades, anos e épocas de plantio no sul de Minas Gerais. Com o objetivo de obter clones tolerantes ao calor e responsivos à melhoria ambiental, os autores recomendam, como estratégia de seleção de clones, utilizar a média dos ambientes contrastantes.

A temperatura e o fotoperíodo são os dois principais fatores abióticos que influenciam a tuberização da batata. No início da tuberização, a batata é

considerada de dias curtos e a temperatura deve ficar em torno de 20 °C. As temperaturas elevadas inibem fortemente o início da tuberização (LEVY; KASTENBAUM; ITZHAK, 1991), porém, determinados genótipos têm capacidade de iniciar a tuberização sob altas temperaturas e apresentam perdas de produção relativamente pequenas em épocas quentes (MENEZES et al., 1999).

Uma vez iniciado o processo de tuberização, dias mais longos podem favorecer rendimentos maiores pelo aumento da área foliar e duração do ciclo da planta. Há efeito compensatório entre comprimento do dia e temperatura, permitindo, assim, a produção em locais em que um destes fatores isoladamente não permitiria a tuberização (MARTINEZ-GARCIA et al., 2001).

A ausência de tolerância ao calor em batata diminui a produtividade por várias razões, seja pela redução na capacidade fotossintética ou pelo aumento das perdas com a respiração e a diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos. Confere, ainda, menor teor de matéria seca e aumento de desordens fisiológicas, dificultando a obtenção de matéria-prima para a indústria de processamento e consumo *in natura* (RIBEIRO; RIBEIRO; PINTO, 2012).

Desse modo, a obtenção de cultivares tolerantes ao calor representaria considerável aumento de produção, nas atuais áreas de plantio, além de possibilitar a produção de matéria-prima de qualidade (PINTO et al., 2010). Para isso, algumas estratégias de melhoramento devem ser utilizadas, uma vez que existem muitos fatores que agem em conjunto para dar o efeito fenotípico da tolerância (WAHID et al., 2007).

O produtor, em geral, deseja cultivares que apresentem produtividade satisfatória, quando submetidas a condições de estresse, mas que, em condições ideais de cultivo, respondam adequadamente à melhoria do ambiente. Assim, no melhoramento, a seleção deve ser realizada em condições favoráveis e adversas,

sendo que, nesta última, busca-se por genótipos com menor oscilação do valor do caráter de interesse, mas associado com médias altas, ou seja, tolerantes e responsivos (BENITES; PINTO, 2011).

2.3.1 Seleção em condições favoráveis e adversas

Nos programas de melhoramento, as estratégias usadas visam selecionar materiais adaptados, em condições favoráveis, que permitem a maximização da variação genética. Ambientes considerados ótimos para seleção são aqueles representativos da população dos ambientes alvos de abrangência do programa, e têm apresentado sucesso (BLUM, 2013).

Entretanto, quando se trata da seleção para condições de estresse, podem existir problemas associados, como baixa herdabilidade e reduzido ganho de seleção, porém, algumas estratégias podem ser aplicadas (CAIRNS et al., 2013).

Uma estratégia utilizada pelos melhoristas é a seleção indireta. Sua eficiência será mais elevada do que a seleção direta, se a correlação genética entre o desempenho no ambiente favorável e desfavorável for elevada (ANBESSA et al., 2010). Conforme Lambert, Pinto e Menezes (2006b), esse tipo de seleção se mostrou ineficiente para tolerância ao calor em batata, em virtude das baixas correlações entre médias de clones nos ambientes avaliados.

Desse modo, quando a interação genótipos x ambientes é evidente, o melhorista enfrenta grande problema para selecionar genótipos para cada tipo de ambiente. Uma medida seria tomar como referência a média dos ambientes favoráveis e desfavoráveis, para alcançar desempenho desejável em ambas as condições (MANDAL et al., 2010).

Oliveira et al. (2011) mostraram que a seleção para tolerância ao estresse resulta na redução da produtividade de trigo no ambiente com estresse,

porém, com a seleção a partir da produtividade média dos ambientes, ocorre aumento na produtividade, tanto no ambiente desfavorável como no ambiente favorável.

Outro modo para contornar este problema é a utilização de índices de seleção que irão auxiliar a seleção de genótipos avaliados em condições favoráveis de cultivo e de estresse (KIRIGWI et al., 2004). Lambert, Pinto e Menezes (2006b) relatam que a média aritmética e a média geométrica são os mais indicados índices para selecionar clones de batata tolerantes ao calor.

Parentoni et al. (2001) comentam sobre o uso de índices para adaptação a solos ácidos em milho. O índice mais simples utilizado para separar cultivares tolerantes e sensíveis tem sido dividir a produção no nível sem estresse pela produção no nível com estresse. O índice é bastante utilizado e visa separar os efeitos variáveis de potencial produtivo entre as diversas cultivares, da resposta ao estresse de cada cultivar individualmente.

Outras estratégias de seleção são importantes, tal como o trabalho realizado por Silva e Pinto (2005) sob condições mais favoráveis de temperatura no Sul de Minas Gerais, no qual sugerem que a seleção de clones de batata de ciclos vegetativos mais longos é eficiente, pois tem correlação estreita com alta produtividade, devido à ocorrência de maior longevidade das folhas.

Outras estratégias e métodos de melhoramento são propostos, tais como *screening in vitro* durante fases iniciais de desenvolvimento da planta (KIM et al., 2012), seleção recorrente com estimação de ganhos seletivos em cada ciclo (BENITES; PINTO, 2011), seleção de famílias clonais (BENAVENTE; PINTO, 2012), seleção indireta com base em estudos fisiológicos (PETKOVA et al., 2007) e transgênicos (WATERER et al., 2009).

2.4 Melhoramento para duração do ciclo vegetativo em batata

As cultivares de batata podem ser classificadas em três grupos de duração do ciclo vegetativo para a condição climática tropical, de acordo com os dias após o plantio (DAP), que são: curta (78-92 DAP), intermediária (99-106 DAP) e longa (acima de 110 DAP) (Rodrigues et al., 2009).

Devido ao menor fotoperíodo e às temperaturas mais elevadas encontradas nas condições tropicais e menor ciclo vegetativo da cultura, ocorre decréscimo de produção em relação aos cultivos realizados nas condições temperadas, devido ao menor acúmulo de fotoassimilados por dia (SILVA et al., 2009).

Para as condições tropicais, Caldiz, Haverkort e Struik (2002) afirmam que maiores produtividades podem ser obtidas pelo uso de cultivares de ciclo longo, as quais poderiam ser obtidas pela sua maior adaptação a temperaturas altas. Nessas circunstâncias, as estratégias para aumentar os níveis de produtividade podem envolver aumento da duração do ciclo vegetativo.

Levy e Veilleux (2007) comentam que existem diferenças de potencial de rendimento entre as cultivares de ciclo curto e longo em condições favoráveis de crescimento. As cultivares de ciclo curto, geralmente, têm menor potencial de rendimento, enquanto as de ciclo longo permanecem verdes por mais tempo e acumulam maior rendimento. Por conseguinte, a combinação de tolerância ao calor com ciclo longo é desejada, a fim de produzir rendimentos elevados de tubérculo em climas quentes.

Geralmente, há consenso, entre os produtores, para o uso de cultivares de ciclo curto e isso é justificável, pois, devido ao investimento colocado na cultura, o agricultor quer ter o retorno de seu capital o mais rápido possível. Porém, Silva e Pinto (2005) trabalharam com 23 genótipos de ciclo curto e

longo, realizando quatro colheitas, e verificaram que os clones de ciclo longo foram sempre superiores aos clones de ciclo curto.

Nesta mesma linha de raciocínio, Silva et al. (2009), trabalhando com quatro clones, estudaram os processos de crescimento, tuberização e partição de matéria seca, utilizando caracteres morfofisiológicos. Os autores verificaram que a maior produção dos clones de ciclo longo foi devido à maior produção e duração da área foliar. Relataram, ainda, que, devido ao maior período de enchimento dos tubérculos, os clones de ciclo longo obtêm maior produção ao final do ciclo e que há tendência de *stay-green*.

Outras evidências de *stay-green* para batata foram relatadas por Ahmadi et al. (2010) e Schittenheim, Menge-Hartmann e Oldenburg (2004). Segundo estes autores, genótipos que apresentam a característica tendem a manter por mais tempo a área foliar fotossinteticamente ativa, fazendo com que sejam úteis aos programas de melhoramento de batata que visam à seleção de clones tolerantes ao calor.

Rodrigues et al. (2009) avaliaram o potencial da seleção para aumentar ou diminuir o ciclo vegetativo da batata e verificaram a relação entre o ciclo vegetativo e a produção de tubérculos. Estes autores realizaram dois experimentos: no primeiro, foram avaliados, individualmente, a produção de tubérculos e o ciclo vegetativo de 1.561 genótipos; no segundo, avaliaram-se as mesmas características de 320 genótipos selecionados para ciclo vegetativo curto, intermediário e longo. Os autores concluíram que os genótipos de ciclo longo foram mais produtivos comparados aos demais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram avaliados 117 clones, oriundos de cruzamentos biparentais entre clones selecionados para tolerância ao calor realizados por Benites e Pinto (2011) e Menezes, Pinto e Lambert (2001). Os clones foram escolhidos com base na aparência geral dos tubérculos a partir de uma população de 1.300 clones e avaliados na safra de inverno de 2012.

Como testemunhas, foram empregadas as cultivares Agata (ciclo vegetativo curto), Asterix (ciclo vegetativo longo) e Markies (ciclo vegetativo longo) e três clones tolerantes ao calor, CBM 24-06, CBM 16-16 e CBM 09-10, do Programa de Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

3.2 Caracterização dos experimentos

Quatro experimentos distintos foram realizados, quais sejam: 1) avaliação do início da tuberização; 2) avaliação da duração do ciclo vegetativo; 3) comportamento de grupos de clones com diferentes inícios de tuberização e durações do ciclo vegetativo em condições contrastantes de temperatura e 4) estimativas de índices morfofisiológicos dos diferentes grupos de clones sob condições de estresse de calor.

3.2.1 Início da tuberização

Os clones e as testemunhas foram cultivados em casa de vegetação do Departamento de Biologia (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a março de 2013, para avaliar o início da tuberização. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas às 7h00, 10h00, 14h00 e 18h00. Tubérculos com diâmetro de, aproximadamente, 2 cm (geração C3) foram plantados em vasos plásticos de 10 cm de diâmetro contendo substrato organo-mineral.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições e uma planta por parcela. As datas de emergência das plantas foram anotadas e, após três semanas, iniciou-se a avaliação da tuberização. Para isso, cada planta foi retirada do vaso e observada a presença ou a ausência de, pelo menos, um tubérculo com diâmetro transversal duas vezes maior que o diâmetro do estolão. Para facilitar a visualização, o substrato foi retirado com a imersão da planta em vaso com água. Imediatamente, as plantas foram replantadas e irrigadas abundantemente, para não prejudicar o início da tuberização. A avaliação foi feita a cada três dias, até que tubérculos com a dimensão mencionada fossem observados. Esta data foi considerada como início da formação dos tubérculos.

3.2.2 Duração do ciclo vegetativo

O experimento foi conduzido no período de janeiro a abril de 2013, na área experimental do DBI/UFLA, em Lavras, MG (“21°13'55” S e “44°57'43” W, altitude de 925m). Os dados meteorológicos de temperatura foram monitorados pela Estação Ambiental da cidade.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados com três repetições e parcela de cinco plantas espaçadas de 0,30 m x 0,80 m. As datas de emergência e seca das ramas foram anotadas quando três

plantas emergiram ou secaram, respectivamente. Além disso, foram tomados dados de produção total dos tubérculos e produção de tubérculos graúdos e peso específico dos tubérculos.

3.2.3 Comportamento dos grupos de clones sob condições contrastantes de temperatura

De posse dos dados experimentais dos dois ensaios, foram definidos quatro grupos de clones com diferentes inícios de tuberização e durações do ciclo vegetativo: 1) tuberização precoce e ciclo curto (PC); 2) tuberização precoce e ciclo longo (PL); 3) tuberização tardia e ciclo curto (TC) e 4) tuberização tardia e ciclo longo (TL).

De cada grupo (PC, PL, TC e TL) foram tomados cinco clones representativos, que foram plantados em dois experimentos semelhantes, no período de setembro/2013 a janeiro/2014, sendo um em condições de temperaturas amenas e outro sob estresse de calor.

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados com três repetições e cinco plantas por parcela, espaçadas de 0,30 m x 0,80 m.

O experimento sob estresse de calor foi conduzido na área experimental do DBI/UFLA, em Lavras. O experimento sob temperaturas amenas foi instalado em Bom Repouso, MG (22°28'16"S, 46°08'42"O, altitude de 1.375 m).

Durante o ciclo da cultura, as temperaturas foram monitoradas em ambos os experimentos. Para o manejo foram adotados os mesmos tratos culturais empregados em lavouras comerciais na região, como preparo do solo, controle fitossanitário etc. No experimento em Lavras, as irrigações foram realizadas semanalmente pelo método de aspersão, enquanto as de Bom Repouso, pelos mesmos tratos do produtor.

Foram avaliados os seguintes caracteres:

- a) produção total de tubérculos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$): produção total de tubérculos dividida pelo número de plantas da parcela;
- b) produção de tubérculos graúdos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$): produção de tubérculos com diâmetro transversal acima de 45 mm dividida pelo número de plantas da parcela;
- c) peso específico de tubérculos: determinado pela expressão $\text{PE} = \frac{\text{peso no ar}}{(\text{peso no ar} - \text{peso na água})}$, obtido em balança hidrostática;
- d) profundidade dos olhos (gemas vegetativas): avaliada por notas visuais, variando de um (olho profundo) até cinco (olho raso);
- e) textura da periderme: avaliada visualmente e também pelo tato. Foram atribuídas notas variando de 1 (periderme áspera) até 5 (periderme lisa e brilhante);
- f) aparência geral dos tubérculos: dada pela cor, brilho, aspereza da pele e profundidade dos olhos dos tubérculos. Nota média atribuída por três avaliadores, variando de 1 (tubérculos com má aparência) até 5 (tubérculos com ótima aparência);
- g) formato de tubérculo: avaliado por notas visuais, atribuindo 1 (formato redondo), 3 (formato oval) e 5 (formato alongado);
- h) desordens fisiológicas: número de tubérculos com desordens (embonecamento, rachadura e coração oco) dividido pelo número total de tubérculos e multiplicado por 100;
- i) ciclo vegetativo: número de dias da emergência à senescência natural da parte aérea, considerando a data em que as hastes da maioria das plantas da parcela estavam completamente secas.

3.2.4 Estimativa de índices morfofisiológicos sob condições de estresse de calor

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2013, na área experimental do DBI/UFLA, em Lavras. Foram tomados dois clones representativos de cada grupo (PC, PL, TC e TL) e utilizadas como testemunhas as cultivares Asterix e Markies. Quatro épocas de amostragens foram efetuadas aos 30, 50, 70 e 90 dias após a emergência (DAE). Cada época de colheita foi considerada como um experimento em delineamento em blocos completos casualizados com três repetições.

As parcelas experimentais foram constituídas de duas plantas espaçadas de 0,30 m x 0,80 m. As parcelas foram distanciadas de 0,50 m e, entre elas, foi plantado um tubérculo da cultivar Asterix, que tem a película rosada, com a finalidade de minimizar o efeito compensatório causado pelo número reduzido de plantas na parcela.

Os seguintes índices morfofisiológicos foram determinados:

- a) matéria seca da parte aérea ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$): obtida pela secagem das folhas e hastes, em estufa a 60°C , com fluxo de ar forçado até peso constante, dividida pelo número de plantas da parcela;
- b) matéria seca dos tubérculos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$): obtida pela secagem dos tubérculos, em estufa a 60°C , com fluxo de ar forçado até peso constante, dividida pelo número de plantas da parcela;
- c) índice de colheita (%): é a relação entre a matéria seca particionada para os tubérculos e a matéria seca total da planta, conforme a equação:

$$IC_i(\%) = \frac{W_{\text{tub}_i}}{W_{\text{tub}_i} + W_{\text{rama}_i}} \times 100$$

$IC_i(\%)$: partição de matéria seca para os tubérculos observada, referente à época de amostragem i ;

W_{tub_i} : matéria seca dos tubérculos na época de colheita i ;

W_{rama_i} : matéria seca da parte aérea na época de colheita i ;

d) taxa de crescimento da cultura ($g\ MS\ x\ planta^{-1}\ x\ dia^{-1}$): para cada época de amostragem foi estimada conforme a equação:

$$TCC = \frac{W_{pl_i} - W_{pl_{i-1}}}{DAE_i - DAE_{i-1}} \times 100$$

TCC : taxa de crescimento médio da cultura;

W_{pl_i} : matéria seca da planta (parte aérea e tubérculos) na época de colheita i ;

$W_{pl_{i-1}}$: matéria seca da planta (parte aérea e tubérculos) na época de colheita $i-1$;

DAE_i : número de dias após a emergência na época de colheita i ;

DAE_{i-1} : número de dias após a emergência na época de colheita $i-1$;

e) taxa de tuberização ($g\ MS\ x\ planta^{-1}\ x\ dia^{-1}$): para cada época de amostragem foi estimada conforme a equação:

$$TUB_i = \frac{W_{tub_i} - W_{tub_{i-1}}}{DAE_i - DAE_{i-1}}$$

TUB_i : taxa de tuberização observada, na época de colheita i ;

W_{tub_i} : matéria seca dos tubérculos na época de colheita i ;

$W_{tub_{i-1}}$: matéria seca dos tubérculos na época de colheita $i-1$;

DAE_i : número de dias após a emergência na época de colheita i ;

DAE_{i-1} : número de dias após a emergência na época de colheita i-1.

3.3 Análises estatísticas

Para a certificação da homogeneidade dos quadrados médios dos erros de todas as análises, foi aplicado o teste de Bartlett (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2012). As análises estatísticas utilizadas nos experimentos foram computadas utilizando-se os programas computacionais SAS 9.1 (Statistical Analysis System), R (R Development Core Team) e Statistica (StatSoft Inc., Tulsa, US).

Para todas as análises foi estimada a acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}) de acordo com a seguinte expressão:

$$(\hat{r}_{gg}) = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

F: valor do teste F de Snedecor para o efeito de tratamento obtido pela ANAVA.

3.3.1 Início da tuberização

Os dados do período de enchimento dos tubérculos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) utilizando o modelo estatístico do delineamento inteiramente casualizado (DIC), de acordo com a seguinte expressão:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Y_{ij} : valor observado referente à planta-parcela que recebeu o tratamento i na repetição j;

μ : efeito fixo da média geral do experimento;

t_i : efeito aleatório do tratamento i ;

e_{ij} : erro experimental, assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

3.3.2 Duração do ciclo vegetativo

Os dados de ciclo vegetativo, produção total, produção de tubérculos graúdos e peso específico dos tubérculos foram submetidos à ANAVA, utilizando-se o modelo estatístico do delineamento em blocos completos casualizados, de acordo com a seguinte expressão:

$$Y_{ik} = \mu + t_i + b_k + e_{ik}$$

Y_{ik} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i no bloco k ;

μ : efeito fixo da média geral do experimento;

t_i : efeito aleatório do tratamento i ;

b_k : efeito aleatório do bloco k ;

e_{ik} : erro experimental assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

3.3.3 Comportamento dos grupos de clones

Os dados de produção total e de tubérculos graúdos, peso específico, aparência geral, formato, profundidade do olho e textura da periderme dos tubérculos foram submetidos à ANAVA conjunta, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + t_i + l_k + tl_{ik} + e_{ik}$$

Y_{ik} : resposta média do clone i no local k para o carácter considerado;
 μ : efeito fixo da média geral do experimento;
 t_i : efeito fixo do clone i ;
 l_k : efeito aleatório do local k ;
 ts_{ik} : efeito aleatório da interação do clone i com o local k ;
 e_{ik} : erro experimental, assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

3.3.4 Índices morfofisiológicos

As médias dos caracteres das quatro épocas de colheitas de todos os grupos e testemunhas foram submetidas à análise de regressão polinomial do segundo grau, com estimação dos coeficientes de determinação (R^2).

4 RESULTADOS

4.1 Início da tuberização e duração do ciclo vegetativo

No período de tuberização, as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas foram de 19,1 °C, 27,2 °C e 35,7 °C, respectivamente, demonstrando o forte estresse de calor (Figura 1).

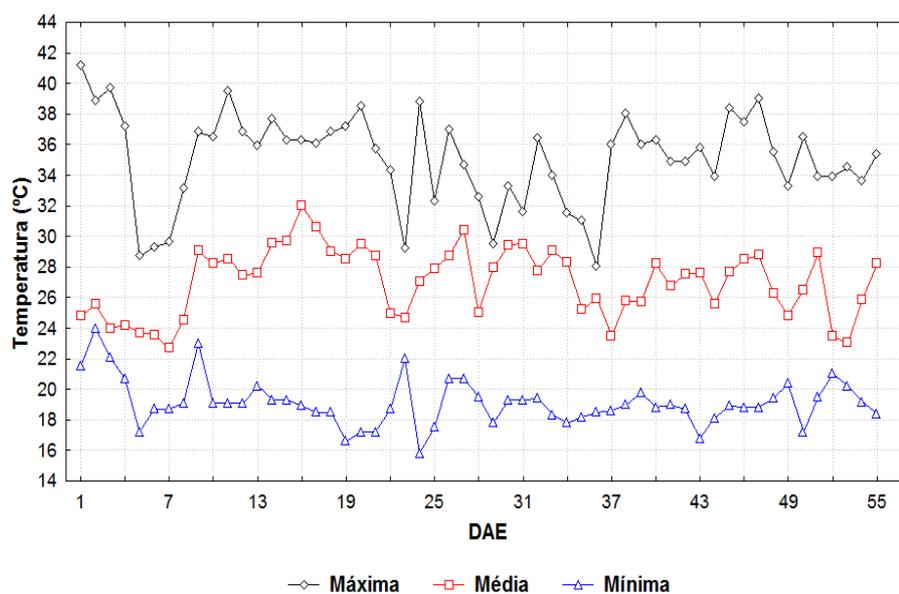


Figura 1 Variação das temperaturas mínimas, médias e máximas registradas (dias após emergência - DAE) em casa de vegetação no estágio de tuberização. Lavras, MG

As médias para o início da tuberização mostraram diferenças significativas, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. O coeficiente de variação de 23,1% e o de acurácia de 83% evidenciam boa precisão experimental. O clone IRF 07-07 foi o que tuberizou mais precocemente (22,2

DAE), enquanto o clone IRF 13-18 apresentou tuberização mais tardia (54 DAE), com amplitude de 31,8 dias, o que mostra a grande variabilidade quanto ao início de tuberização sob estresse de calor (Figura 2). O número de dias para a emergência da planta foi de 6 a 20 dias, com amplitude de 14 dias.

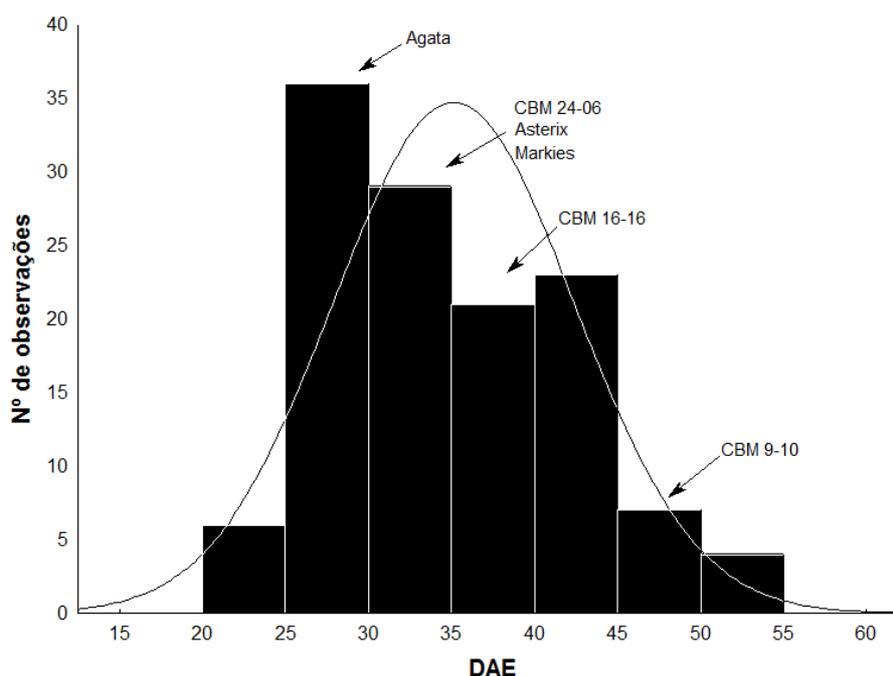


Figura 2 Histograma das médias dos 117 clones e 6 testemunhas para o início de tuberização sob estresse de calor

Durante o ciclo vegetativo, a temperatura média do ar foi de 21,4 °C, com máximas que se mantiveram em torno de 29,6 °C, com pico próximo a 35,5 °C e mínimas ao redor de 16,3 °C, que também demonstraram estresse de calor (Figura 3).

As médias para a duração do ciclo vegetativo mostraram diferenças significativas, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. O coeficiente de variação de 13,9% e a acurácia de 86% evidenciam boa precisão experimental.

O clone IRF 1-52 apresentou o ciclo vegetativo mais longo (104 DAE), enquanto o IRF 4-26, o mais curto (73,7 DAE), com amplitude de 30,3 dias (Figura 4).

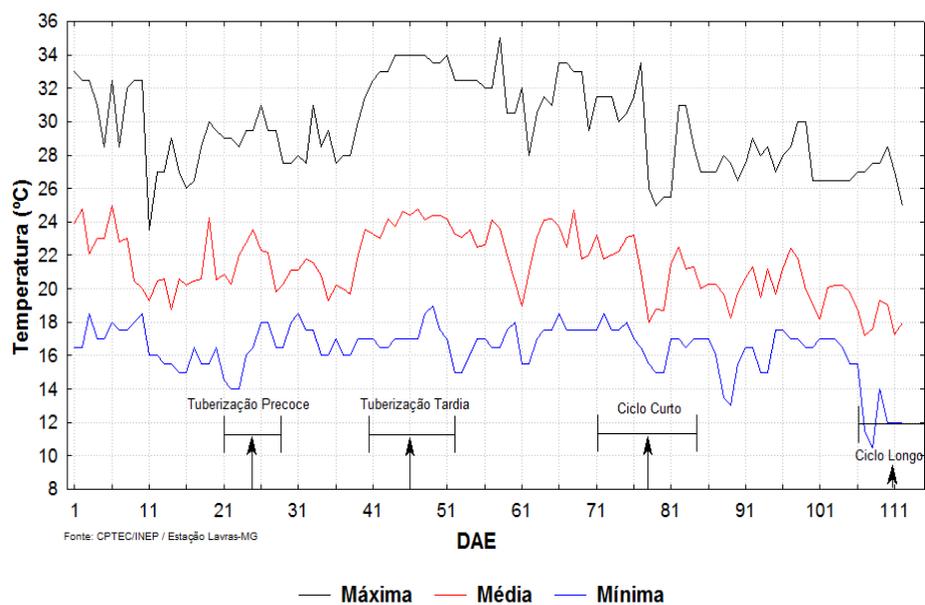


Figura 3 Variação das temperaturas mínimas, médias e máximas registradas durante a avaliação do ciclo vegetativo. Lavras, MG

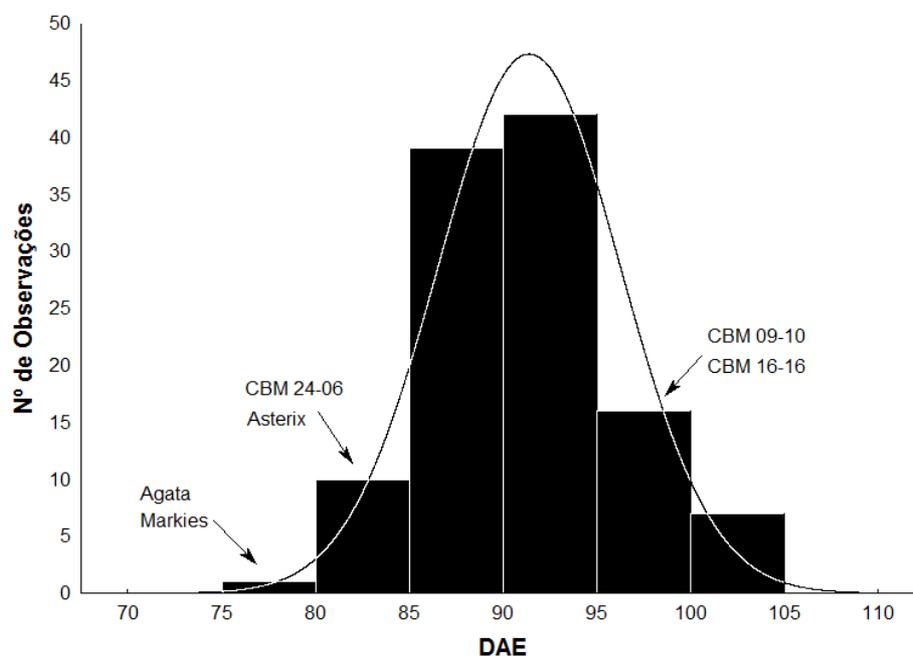


Figura 4 Histograma das médias dos 117 clones e 6 testemunhas para duração do ciclo vegetativo sob estresse de calor

4.2 Formação dos grupos de clones com diferentes inícios de tuberização e durações do ciclo vegetativo

Foram identificados clones com tuberização precoce/tardia e ciclo vegetativo curto/longo, para a formação de quatro grupos, quais sejam: 1) tuberização precoce e ciclo curto (PC); 2) tuberização precoce e ciclo longo (PL); 3) tuberização tardia e ciclo curto (TC) e 4) tuberização tardia e ciclo longo (TL) (Figura 5).

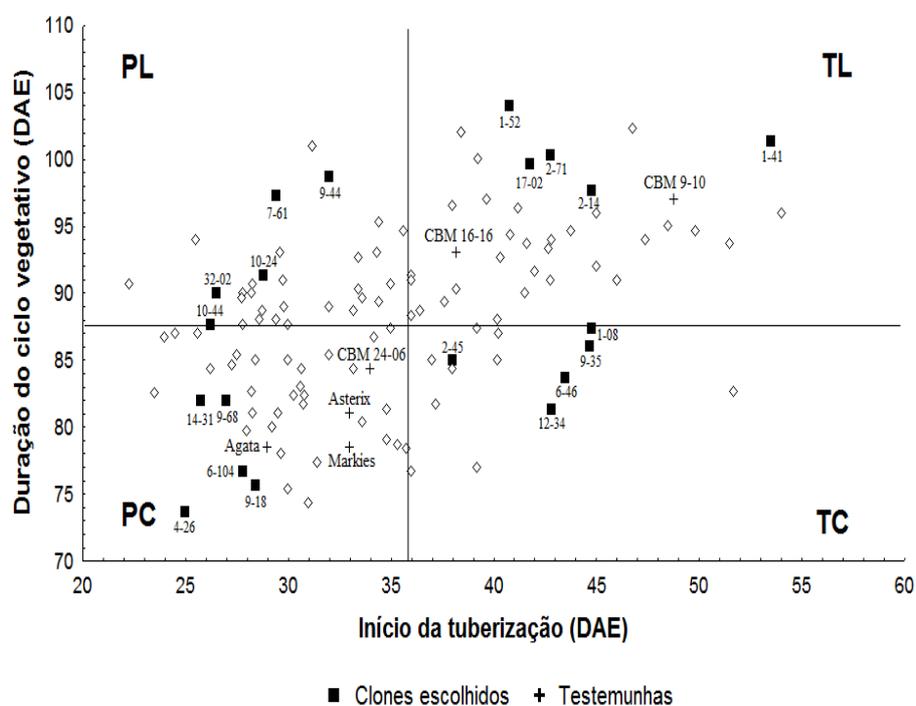


Figura 5 Distribuição dos 117 genótipos de batata para o início da tuberação (DAE) e a duração do ciclo vegetativo (DAE)

De cada grupo, foram escolhidos cinco clones com base no início de tuberação e na duração do ciclo vegetativo (Figura 5), resultando em diferentes períodos enchimento dos tubérculos (diferença entre a duração do ciclo vegetativo e o início da tuberação) (Tabela 1). Pode-se verificar diferença média de 16 dias para o início da tuberação entre precoces e tardios e 15,5 dias na duração do ciclo vegetativo entre curtos e longos.

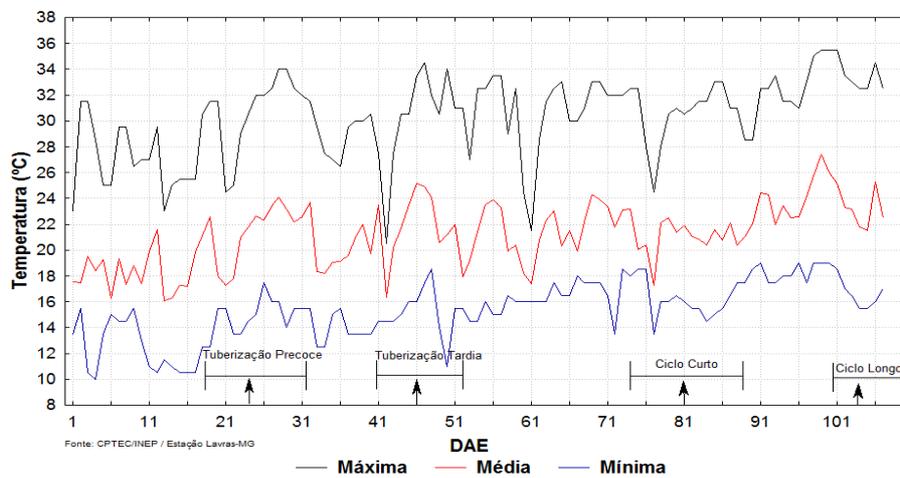
Os quatro grupos resultaram em diferentes períodos de enchimento dos tubérculos, cuja amplitude foi de 24,7 dias entre os grupos PL e TC (Tabela 1).

Tabela 1 Relação dos vinte clones escolhidos com base no início da tuberação (TUB) e duração do ciclo vegetativo (CL), expresso em dias após a emergência (DAE) e período de enchimento (PEN) dos tubérculos no experimento de janeiro a abril de 2013

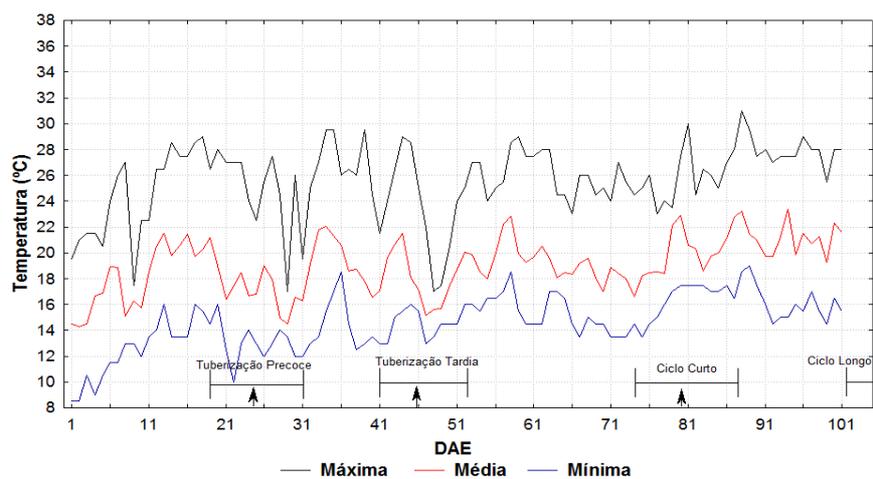
Grupo	Genótipo	TUB	CL	PEN
		DAE		(dias)
Precoce / Curto	IRF 4-26	25,0	73,6	48,6
	IRF 6-104	27,8	76,6	48,8
	IRF 9-18	28,4	75,6	47,2
	IRF 9-68	27,0	82,0	55,0
	IRF 14-31	25,7	82,0	56,2
Média		26,7	77,9	51,2
Precoce / Longo	IRF 10-24	28,8	91,3	62,5
	IRF 32-02	26,5	90,0	63,5
	IRF 7-61	29,4	97,3	67,9
	IRF 9-44	32,0	98,6	66,6
	IRF 10-44	26,2	87,6	61,4
Média		28,5	92,9	64,4
Tardia / Curto	IRF 1-08	44,7	87,3	31,9
	IRF 12-34	42,8	81,3	38,8
	IRF 6-46	43,5	83,6	41,5
	IRF 9-35	44,6	86,0	41,3
	IRF 2-45	38,0	85,0	45,0
Média		42,7	84,66	39,72
Tardia / Longo	IRF 1-52	40,7	104,0	63,2
	IRF 1-41	53,5	102,0	63,6
	IRF 17-02	41,7	99,6	57,9
	IRF 2-14	44,7	97,6	52,9
	IRF 2-71	42,7	100,3	57,5
Média		44,7	100,7	59,0
Testemunha	CBM 09-10	48,7	97,0	48,3
	CBM 16-16	38,2	93,0	54,8
	CBM 24-06	34,0	84,3	50,3
	AGATA	29,0	78,5	49,5
	ASTERIX	33,0	81,0	48,0
	MARKIES	33,0	78,5	45,5

4.3 Comportamento dos grupos de clones em condições contrastantes de temperatura

As temperaturas registradas nos dois experimentos são mostradas nas Figuras 6A e B. No ensaio de Lavras, a temperatura mínima média foi de 15,3 °C, a média de 21,2 °C e máximas que se mantiveram em torno de 30,2 °C, com pico próximo a 34,5 °C (Figura 6A). Em Bom Repouso, foram observadas temperaturas mais amenas às do ensaio de Lavras, sendo a temperatura mínima média de 14,6 °C, a média de 19,0 °C e a máxima média de 25,4 °C (Figura 6B).



A



B

Figura 6 Variações das temperaturas mínimas, médias e máximas registradas (dias após emergência - DAE) para os ensaios em (A) Lavras, MG e (B) Bom Repouso, MG

4.3.1 Análises de variância individuais

4.3.1.1 Experimento em Lavras, MG

O resumo das análises de variância encontra-se na Tabela 2. Para todos os caracteres avaliados, os tratamentos apresentaram diferenças significativas, a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F e pode-se inferir que pelo menos um dos contrastes entre esses tratamentos deve ser significativo.

Entre clones, houve diferença significativa para todos os caracteres, o que evidencia a existência de ampla variabilidade genética. Porém, entre grupos, houve diferença significativa apenas para produção total de tubérculos e produção de tubérculos graúdos. Dentro dos grupos, houve diferenças significativas, com destaque para o grupo PL, que foi significativo para todos os caracteres, exceto aparência geral. Para produção total de tubérculos e tubérculos graúdos, houve diferença significativa dentro do grupo PL e TL.

Entre testemunhas, houve diferenças significativas para todos os caracteres, exceto peso médio de tubérculos graúdos e aparência geral. O efeito do contraste grupos vs. testemunhas somente foi não significativo para produção e peso médio de tubérculos graúdos e formato, indicando que, nesse ambiente, em média, os clones apresentaram desempenho semelhante ao das testemunhas para tais caracteres.

Os coeficientes de variação (CV) se enquadram dentro dos limites normalmente observados para cada caráter e variaram de 0,54%, para peso específico a 34,2%, para produção de tubérculos graúdos. As estimativas de acurácia (\hat{r}_{gg}) oscilaram de 0,75, para profundidade do olho a 0,93, para formato, indicando boa precisão experimental (Tabela 2).

Com relação aos distúrbios fisiológicos, foi observado índice de 5,19% da produtividade total com tubérculos rachados (4,15%) e embonecados (1,04%).

Para avaliar o desempenho dos clones sob estresse de calor foi plotada a distribuição dos genótipos para a produção e o peso específico (Figura 7). Wahid et al. (2007) utilizam como critério de tolerância a produção de tubérculos superior à média geral. Assim, no experimento, foram identificados seis clones e as testemunhas Markies, CBM 9-10 e CBM 16-16 como tolerantes (quadrantes I e IV). Tai, Levy e Coleman (1994) também sugerem como critério de tolerância a matéria seca dos tubérculos. Nesse aspecto, dez clones seriam considerados tolerantes ao calor (quadrantes I e II). Levando-se em conta a produção e o peso específico, apenas três clones seriam considerados tolerantes, comportamento semelhante ao de CBM 9-10 e CBM 16-16 (quadrante I) (Figura 7).

Comparando-se o desempenho dos clones neste experimento (set/2013-jan/2014) com seus próprios desempenhos no experimento em que foram avaliados 117 clones para a duração do ciclo vegetativo (jan.-abr./2013), constatou-se que os clones produtivos também estavam entre os superiores daquele experimento, demonstrando a consistência dos seus comportamentos sob estresse de calor. Vale ressaltar que ambos os experimentos foram realizados na mesma área experimental com condições de temperaturas semelhantes (Figuras 3 e 6A), embora com fotoperíodos diferentes.

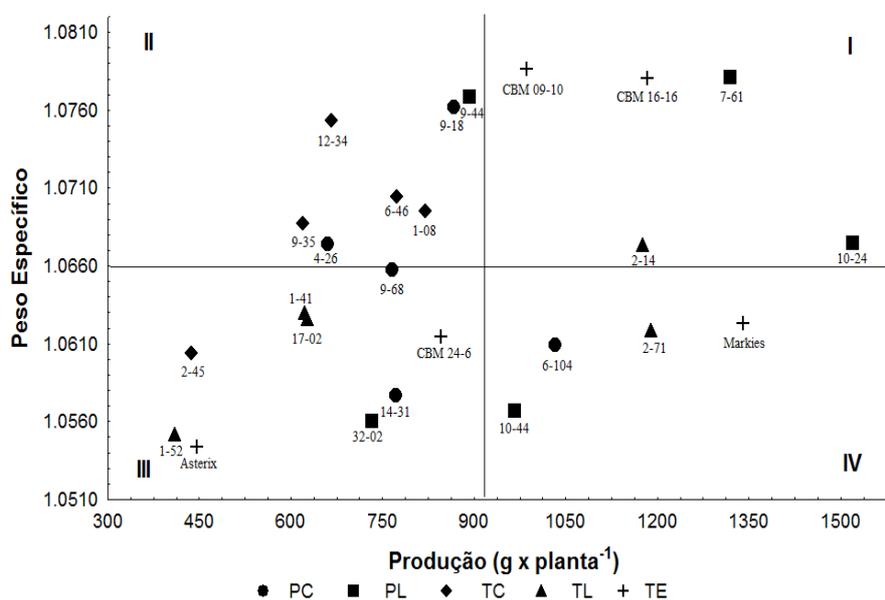


Figura 7 Distribuição dos 25 genótipos de batata com estresse de calor para produção ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$) e peso específico (

tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	longo;
tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	longo;
testemunhas)			

Com relação ao ciclo vegetativo, os grupos PC, PL, TC e TL apresentaram diferenças significativas, a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. A correlação entre o ciclo vegetativo nas duas safras com estresse de calor (jan.-abr./2013 vs set./2013-jan./2014) foi de $r = 0,88$ ($p < 0,0001$), considerada alta. Isso implica dizer que a duração do ciclo vegetativo dos clones foi semelhante em ambos os ensaios.

Tabela 2 Resumo das análises de variância para produção total de tubérculos (g x planta⁻¹), produção de tubérculos graúdos (g x planta⁻¹) e peso médio (g) de tubérculos graúdos, peso específico, aparência geral, textura da periderme, formato e profundidade do olho dos tubérculos. Lavras, MG, 2014

FV	GL	Quadrado médio							
		Produção total de tubérculos	Produção de tubérculos graúdos	Peso médio de tubérculos graúdos	Peso específico (x 10 ⁻⁵)	Aparência geral	Textura da periderme	Formato	Profundidade do olho
BLOCOS	2	17600,3	17868,0	0,7663	0,626	0,2812	0,1188	0,4063	0,0380
TRATAMENTOS	24	261063,5**	267999,3**	1613,5**	18,042**	0,6799**	1,0340**	1,7991**	0,2408**
Entre clones	19	246708,6**	269264,9**	1646,1**	15,285**	0,8355**	1,1403**	1,2793**	0,2204*
Entre grupos	3	468072,6**	341578,7*	806,4 ^{ns}	12,706 ^{ns}	0,7337 ^{ns}	0,9084 ^{ns}	0,8762 ^{ns}	0,0145 ^{ns}
Dentro PC	4	58851,6 ^{ns}	83341,2 ^{ns}	649,8 ^{ns}	15,049**	0,4903**	1,0114**	1,7291**	0,2013 ^{ns}
Dentro PL	4	314133,3**	407293,3**	2452,0**	33,591**	0,1956 ^{ns}	1,4214**	0,6248*	0,6303**
Dentro TC	4	67433,3 ^{ns}	101656,6 ^{ns}	1628,8*	8,697*	0,5950**	1,2548**	0,6393*	0,1562 ^{ns}
Dentro TL	4	380393,3**	430533,3**	2483,6**	5,739 ^{ns}	2,1374**	1,0477**	2,4263**	0,0481 ^{ns}
Entre testemunha	4	353506,6**	260773,3**	680,6 ^{ns}	35,281**	0,0962 ^{ns}	0,7840**	2,0993**	0,3963**
Grupos vs testemunha	1	164034,0 ^{ns}	272857,5*	4726,5**	1,470 ^{ns}	0,0596 ^{ns}	0,0128 ^{ns}	10,4757**	0,0062 ^{ns}
ERRO	48	49035,0	42115,3	286,7	3,364	0,1496	0,1706	0,2227	0,0957
CV (%)		25,53	34,2	13,27	0,54	13,55	15,46	13,93	9,52
Média grupos		843,75	569,87	123,57	1,0658	2,86	2,68	3,20	3,24
Média testemunha		960,6	720,66	143,42	1,0669	2,8	2,64	4,13	3,26
Média geral		867,13	600,03	127,54	1,0660	2,85	2,67	3,38	3,24
$\hat{r}_{\hat{g}g}$		0,89	0,90	0,90	0,89	0,87	0,90	0,93	0,75

** , * : significativo, a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} : não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

As estimativas das correlações entre início da tuberização, duração do ciclo vegetativo, período de enchimento dos tubérculos, produção e peso específico são apresentadas na Tabela 3.

Valores positivos e estatisticamente significativos foram observados entre a duração do ciclo vegetativo e produção, assim como período de enchimento dos tubérculos e produção (Tabela 3). Estes resultados indicam que o ciclo vegetativo mais longo aumenta o período de enchimento dos tubérculos, resultando em maior produção.

A estimativa negativa entre o início da tuberização e o período de enchimento dos tubérculos indica que a tuberização mais precoce (menor número de DAE) alonga o período de enchimento dos tubérculos e tem efeito semelhante no sentido de aumentar a produção de tubérculos (Tabela 3).

As estimativas foram consistentes, considerando as duas safras (jan.-abr./2013 e set./2013-jan./2014) (Tabela 3). É importante comentar que os dados referentes ao início da tuberização foram tomados de um único experimento conduzido em casa de vegetação (item 4.1).

Tabela 3 Coeficientes de correlação fenotípica de Pearson para o desempenho dos vinte clones pertencentes aos quatro grupos avaliados no período de set./2013-jan./2014 (diagonal superior) e jan.-abr./2013 (diagonal inferior) para as variáveis início da tuberização (TUB), duração do ciclo vegetativo (CL), período de enchimento dos tubérculos (PEN), produção total de tubérculos (g x planta⁻¹) (PROD) e peso específico dos tubérculos (PESP)

	TUB	CL	PEN	PROD	PESP
TUB	-	0,12 ^{ns}	-0,78**	-0,21 ^{ns}	0,07 ^{ns}
CL	0,48*	-	0,50*	0,54*	0,23 ^{ns}
PEN	-0,47*	0,50*	-	0,52*	0,08 ^{ns}
PROD	0,08 ^{ns}	0,55*	0,44*	-	0,34 ^{ns}
PESP	0,08 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-

** , * : significativo, a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} : não significativo

4.3.1.2 Experimento em Bom Repouso, MG

O resumo das análises de variância encontra-se na Tabela 4. Para todos os caracteres avaliados, os tratamentos apresentaram diferenças significativas, a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F e pode-se inferir que pelo menos um dos contrastes entre esses tratamentos deve ser significativo.

Entre clones, houve diferença significativa para todos os caracteres, o que evidencia a existência de ampla variabilidade genética. Porém, entre grupos, houve diferença significativa apenas para produção de tubérculos e produção de tubérculos graúdos.

Dentro dos grupos houve diferenças significativas, com destaque para o grupo PL, que foi significativo para todos os caracteres, exceto peso médio de tubérculos graúdos e peso específico. Para produção total de tubérculos e tubérculos graúdos, houve diferença significativa dentro do grupo PL e TC.

Entre testemunhas, houve diferenças significativas para todos os caracteres, exceto produção de tubérculos, peso médio de tubérculos graúdos e

peso específico. O efeito do contraste grupos vs. testemunhas foi não significativo para peso específico, aparência geral e profundidade do olho, indicando que, neste ambiente, em média, os clones apresentaram desempenho semelhante ao das testemunhas para tais caracteres.

Os coeficientes de variação se enquadram dentro dos limites normalmente observados para cada caráter e variaram de 38,8%, para produção de tubérculos graúdos e 0,64%, para peso específico. As estimativas de acurácia variaram de 77%, para peso específico a 97% para formato, indicando boa precisão experimental.

Com relação ao ciclo vegetativo, os grupos PC, PL, TC e TL apresentaram diferenças significativas, a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. A correlação entre a duração do ciclo vegetativo de Bom Repouso e Lavras foi de $r = 0,49$ ($p < 0,012$), considerada moderada. Isso implica dizer que a duração do ciclo vegetativo dos clones apresentou a mesma tendência.

Para avaliar a responsividade dos clones sob temperaturas amenas foi plotada a distribuição dos genótipos para a produção e o peso específico (Figura 8). Usando como critério de responsividade a produção de tubérculos superior à média geral, foram identificados oito clones e as testemunhas Markies, CBM 9-10, CBM 16-16 e CBM 24-06 (quadrantes I e IV), enquanto, para o peso específico, onze clones foram observados. Levando-se em conta os dois caracteres, apenas um clone seria considerado responsivo (quadrante I), comportamento semelhante a CBM 9-10 e a CBM 16-16 (Figura 8).

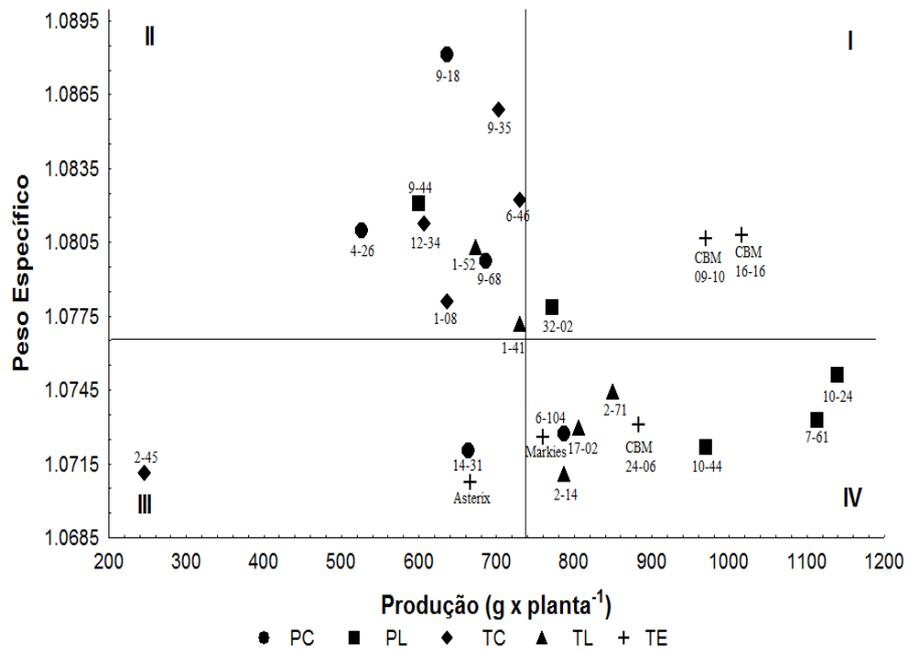


Figura 8 Distribuição dos 25 genótipos de batata sem estresse de calor para produção (g x planta⁻¹) e peso específico (

tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	longo;
tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	longo;
testemunhas)			

Tabela 4 Resumo das análises de variância para produção total de tubérculos (g x planta⁻¹), produção de tubérculos graúdos (g x planta⁻¹) e peso médio (g) de graúdos, peso específico, aparência geral, textura da periderme, formato e profundidade do olho dos tubérculos. Bom Repouso, MG, 2014

FV	GL	Quadrado médio							
		Produção total de tubérculos	Produção de tubérculos graúdos	Peso médio tubérculos graúdos	Peso específico (x 10 ⁻⁵)	Aparência geral	Textura da periderme	Formato	Profundidade do olho
BLOCOS	2	210440,3	69369,3	2265,1	14,622	1,0241	0,1130	0,3843	0,2596
TRATAMENTOS	24	110469,3**	120827,4**	1211,3**	7,348**	0,4976**	0,7964**	2,2024**	0,8603**
Entre clones	19	116147,7**	116539,9**	1132,8**	7,629**	0,4856**	0,6337**	1,6574**	0,9208**
Entre grupos	3	316238,1**	262286,1**	1145,2 ^{ns}	6,854 ^{ns}	0,0184 ^{ns}	0,3158 ^{ns}	0,5579 ^{ns}	0,3993 ^{ns}
Dentro PC	4	26316,6 ^{ns}	38056,6 ^{ns}	1180,6**	13,173**	0,2916**	0,2342 ^{ns}	1,3070**	0,9246**
Dentro PL	4	159506,6**	183960,0**	268,7 ^{ns}	4,742 ^{ns}	0,7145**	0,6270**	1,8474**	0,8423**
Dentro TC	4	114476,6*	80693,3*	382,4 ^{ns}	9,252*	0,0774 ^{ns}	0,3029 ^{ns}	0,8118**	1,2563**
Dentro TL	4	14223,3 ^{ns}	54140,0 ^{ns}	2690,2**	3,930 ^{ns}	1,2095**	1,6090**	3,4879**	1,0513**
Entre test.	4	63423,3 ^{ns}	94440,0*	148,2 ^{ns}	6,822 ^{ns}	0,6307**	1,4690**	2,3064**	0,7875**
Grupos vs test.	1	190764,0*	307840,3**	6954,8**	4,114 ^{ns}	0,1915 ^{ns}	1,1982**	12,140**	0,0017 ^{ns}
ERRO	48	34612,5	30105,4	261,7	2,951	0,0695	0,1406	0,0938	0,1125
CV (%)		24,52	31,66	12,36	0,50	7,51	12,26	9,39	8,96
Média grupos		733,25	515,83	126,06	1,0774	3,48	2,99	3,06	3,74
Média test.		859,33	676,00	150,13	1,0756	3,61	3,31	4,07	3,73
Média geral		758,46	547,86	130,87	1,0770	3,50	3,05	3,26	3,74
\hat{r}_{gg}		0,82	0,86	0,88	0,77	0,92	0,90	0,97	0,93

** , *: significativo, a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}: não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

4.3.1.3 Análise de variância conjunta

O resumo das análises de variância conjunta e as médias para os dois experimentos, envolvendo os clones e grupos, é apresentado nas Tabelas 5 e 6. O teste F foi significativo para o efeito de tratamentos e entre clones para todos os caracteres avaliados. Isso, de certa forma, vem confirmar a diferença existente entre os tratamentos, considerando a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados (Tabela 5).

Para a fonte de variação entre grupos ocorreu diferença significativa para produção total de tubérculos e de tubérculos graúdos e peso específico. O efeito do contraste grupos vs. testemunhas foi significativo para produção total de tubérculos e de tubérculos graúdos, peso médio de tubérculos graúdos e formato dos tubérculos, indicando que estes grupos tiveram comportamentos diferentes para esses caracteres (Tabela 5).

Para a fonte de variação locais observaram-se diferenças significativas, a 1%, pelo teste F, para cinco caracteres. Isto já era esperado visto que as condições do experimento nas duas safras foram bem distintas, principalmente no que tange às temperaturas (Tabela 5).

A interação entre grupos x locais foi não significativa para todos os caracteres, indicando que o comportamento dos grupos nos ambientes com e sem estresse de calor foi consistente. Para a interação dentro de grupos PC x locais observaram-se diferenças significativas, a 1%, para a maioria dos caracteres, exceto o peso específico de tubérculos (Tabela 5). Quando se comparam as médias de peso específico para o grupo PC, em ambos os locais, observa-se redução de 1,0787, em Bom Repouso, para 1,0655, em Lavras (Tabela 6).

Para a produção total de tubérculos e tubérculos graúdos, o grupo PL apresentou média superior à de Asterix, CMB 24-06 e CBM 09-10. O grupo TL

apresentou elevados valores para produção de tubérculos, sendo superado somente pelo grupo PL. O grupo TC apresentou as menores médias para produção de tubérculos, produção e peso médio de tubérculos graúdos. Com relação ao peso específico, destacou-se o grupo TC (Tabela 6).

Com relação às testemunhas, somente a Asterix foi inferior às demais. As que apresentaram maior produção total de tubérculos e de tubérculos graúdos foram Markies e CBM 16-16, enquanto, para o peso específico, as testemunhas CBM 16-16 e CBM 9-10 superaram as demais (Tabela 6).

Tabela 5 Resumo das análises de variância conjunta para produção de tubérculos (g x planta⁻¹), produção (g x planta⁻¹) e peso médio (g) de tubérculos graúdos, peso específico, aparência geral, textura da periderme, formato e profundidade do olho dos tubérculos

FV	GL	Quadrado médio							
		Produção de tubérculos	Produção de tubérculos graúdos	Peso médio de tubérculos graúdos	Peso específico (x 10 ⁻⁵)	Aparência geral	Textura da periderme	Formato	Profundidade do olho
TRATAMENTOS	24	307495,7**	330257,7**	2178,39**	19,290**	0,7557**	1,4896**	3,3694**	0,8277**
Entre clones	19	312089,7**	330170,9**	2044,48**	16,675**	0,9097**	1,5002**	2,3326**	0,8417**
Entre grupos	3	753688,3**	526580,8**	1237,39 ^{ns}	16,618*	0,3633 ^{ns}	0,8872 ^{ns}	1,2038 ^{ns}	0,2803 ^{ns}
Dentro PC	4	76846,6 ^{ns}	105856,4*	1720,95**	28,011**	0,5449**	1,0476**	2,5843**	0,6281**
Dentro PL	4	423361,6**	525120,0**	677,12*	22,764**	0,4022**	1,6277**	1,5310**	1,3479**
Dentro TC	4	162713,3**	158238,3**	1469,03**	15,330**	0,4484**	1,2914**	1,1140**	1,1322**
Dentro TL	4	254238,3**	384161,6**	4916,15**	0,638 ^{ns}	2,6535**	2,4939**	4,9477**	0,6797**
Entre testemunhas	4	273975,0**	268191,6**	465,52 ^{ns}	36,450**	0,2081 ^{ns}	1,6909**	3,4903**	0,9680**
Grupos vs testemunhas	1	354294,0**	580170,5**	11574,14**	0,333 ^{ns}	0,0187 ^{ns}	0,4816 ^{ns}	22,585**	0,0007 ^{ns}
LOCAIS	1	442816,6**	102051,0 ^{ns}	415,73 ^{ns}	450,456**	16,032**	5,5796**	0,5815 ^{ns}	9,1711**
TRATAMENTOS X LOCAIS	24	64037,1 ^{ns}	58569,0 ^{ns}	646,53*	6,100*	0,4218**	0,3408**	0,6321**	0,2734**
Entre Clones x locais	19	50766,7*	55633,9 ^{ns}	734,52*	6,239*	0,4114**	0,2738*	0,6041**	0,2995**
Entre Grupos x locais	3	30622,5 ^{ns}	77283,9 ^{ns}	714,33 ^{ns}	2,942 ^{ns}	0,3888 ^{ns}	0,3370 ^{ns}	0,2303 ^{ns}	0,1334 ^{ns}
Dentro PC x locais	4	8321,6 ^{ns}	15541,4 ^{ns}	109,59 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,2371 ^{ns}	0,1980 ^{ns}	0,4518*	0,4977**
Dentro PL x locais	4	50278,3 ^{ns}	66133,3 ^{ns}	2043,68**	15,569**	0,5079**	0,4207*	0,9412**	0,1248 ^{ns}
Dentro TC x locais	4	19196,6 ^{ns}	24111,6 ^{ns}	542,27 ^{ns}	2,618 ^{ns}	0,2240 ^{ns}	0,2663 ^{ns}	0,3372 ^{ns}	0,2803*
Dentro TL x locais	4	140378,3*	100511,7*	257,68 ^{ns}	9,031*	0,6934**	0,1628 ^{ns}	0,9664**	0,4197**
Testemunhas x locais	4	142955,0*	87021,6 ^{ns}	363,37 ^{ns}	5,653 ^{ns}	0,5188**	0,5621**	0,9154**	0,2158 ^{ns}
Grupos vs test. x locais	1	504,16 ^{ns}	527,3 ^{ns}	107,25 ^{ns}	5,251 ^{ns}	0,2324 ^{ns}	0,7294 ^{ns}	0,0306 ^{ns}	0,0072 ^{ns}
ERRO	96	41823,81	36110,37	274,23	3,157	0,1096	0,1556	0,1582	0,1041
CV (%)		25,16	33,10	12,81	0,52	10,40	13,77	11,96	9,23
Média grupos		788,50	542,85	124,82	1,0716	3,18	2,84	3,13	3,49
Média test.		910,00	698,33	146,78	1,0713	3,21	2,98	4,10	3,50
Média geral		812,80	573,95	129,20	1,0715	3,182	2,86	3,32	3,49
$\hat{r}_{\hat{g}g}$		0,92	0,94	0,93	0,91	0,92	0,94	0,97	0,93

** , * : significativo, a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} : não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 6 Médias dos clones nos ensaios de Lavras (LA) e Bom Repouso (BR) e a média dos dois ambientes para produção total de tubérculos (g x planta⁻¹), produção de tubérculos graúdos (g x planta⁻¹) e peso médio de tubérculos graúdos (g) e peso específico de tubérculos

Grupo	Genótipo	Produção total			Produção de tubérculos graúdos			Peso médio de tubérculos graúdos			Peso específico		
		LA	BR	Média	LA	BR	Média	LA	BR	Média	LA	BR	Média
Precoce / Curto	IRF 4-26	660,0 a*	526,7 a	593,3 b	466,7 a	360,0 a	413,3 a	105,0 a	99,9 a	102,49 a	1,0674 b	1,0810 b	1,0741 b
	IRF 6-104	1033,0 b	786,7 a	910,0 c	783,3 b	590,0 b	686,6 b	126,5 a	141,4 b	133,90 b	1,0609 a	1,0727 a	1,0668 a
	IRF 9-18	866,6 a	636,7 a	751,6 b	333,3 a	330,0 a	331,6 a	101,5 a	116,4 a	108,92 a	1,0762 c	1,0881 b	1,0821 b
	IRF 9-68	766,6 a	686,7 a	726,6 b	493,3 a	540,0 b	516,6 a	109,7 a	121,2 a	115,41 a	1,0658 a	1,0797 b	1,0727 b
	IRF 14-31	771,6 a	663,3 a	717,5 b	584,2 a	426,7 a	505,4 a	135,6 b	149,3 b	142,48 b	1,0577 a	1,0720 a	1,0648 a
Média	819,6 a	660,0 a	739,8 a	532,1a	449,3 b	490,7 a	115,6 a	125,6 a	120,60 a	1,0655 a	1,0787 b	1,0721 a	
Precoce / Longo	IRF 10-24	1520,0 c	1140,0 b	1330,0 d	1266,7 c	840,0 b	1053,3 c	163,4 b	109,7 a	136,56 b	1,0674 b	1,0751 a	1,0712 a
	IRF 32-02	733,3 a	771,7 a	752,5 b	360,0 a	320,0 a	340,0 a	98,7 a	130,8 a	114,71 a	1,0560 a	1,0779 b	1,0669 a
	IRF 7-61	1320,0 c	1113,0 b	1216,0 d	1053,3 c	926,7 b	990,0 c	126,3 a	122,3 a	124,27 a	1,0781 c	1,0733 a	1,0757 b
	IRF 9-44	893,3 a	600,0 a	746,6 b	726,7 b	500,0 a	613,3 b	160,0 b	122,0 a	140,96 b	1,0768 c	1,0820 b	1,0794 b
	IRF 10-44	966,6 b	970,0 b	968,3 c	550,0 a	686,7 b	618,3 b	113,1 a	134,1 b	123,50 a	1,0567 a	1,0722 a	1,0644 a
Média	1086,6 b	919,0 b	1002,8 b	791,3 b	654,6 a	723,0 b	132,2 a	123,7 a	128,00 a	1,0670 a	1,0760 b	1,0715 a	
Tardia / Curto	IRF 1-08	966,6 a	636,7 b	728,3 b	746,7 b	483,3 a	615,0 b	156,3 b	128,5 a	142,39 b	1,0695 b	1,0781 b	1,0737 b
	IRF 12-34	820,0 a	606,7 b	636,6 b	276,7 a	250,0 a	263,3 a	95,6 a	113,5 a	104,52 a	1,0753 c	1,0812 b	1,0782 b
	IRF 6-46	666,6 a	730,0 b	751,6 b	496,7 a	556,7 b	526,6 a	126,4 a	124,3 a	125,36 a	1,0704 b	1,0822 b	1,0763 b
	IRF 9-35	773,3 a	703,3 b	661,6 b	433,3 a	380,0 a	406,6 a	106,3 a	118,9 a	112,61 a	1,0687 b	1,0859 b	1,0772 b
	IRF 2-45	620,0 a	246,7 a	341,6 a	326,7 a	156,7 a	241,6 a	114,6 a	99,4 a	107,03 a	1,0604 a	1,0711 a	1,0657 a
Média	713,8 a	584,7 a	624,0 a	456,0 a	365,3 b	410,6 a	119,8 a	116,9 a	118,30 a	1,0688 a	1,0797 b	1,0742 b	
Tardia / Longo	IRF 1-52	410,0 a	673,3 a	541,6 a	256,7 a	580,0 b	418,3 a	132,2 b	138,1 b	135,15 b	1,0552 a	1,0803 b	1,0677 a
	IRF 1-41	623,3 a	730,0 a	676,6 b	333,3 a	560,0 b	446,6 a	98,6 a	116,7 a	107,65 a	1,0630 a	1,0772 b	1,0700 a
	IRF 17-02	626,6 a	806,7 a	716,6 b	103,3 a	396,7 a	250,0 a	94,4 a	105,1 a	99,770 a	1,0626 a	1,0729 a	1,0677 a
	IRF 2-14	1176,0 b	786,7 a	981,6 c	856,7 b	686,7 b	771,6 b	153,7 b	147,4 b	150,54 c	1,0673 b	1,0711 a	1,0692 a
	IRF 2-71	1190,0 b	850,0 b	1020,0 c	950,0 c	746,7 b	990,0 b	153,6 b	182,3 b	167,95 c	1,0619 a	1,0744 a	1,0681 a
Média	805,3 a	769,3 b	787,3 a	500,0 a	594,0 a	547,0 a	126,5 a	137,9 a	132,20 a	1,0619 a	1,0751 b	1,0685 a	
Testemunha	CBM 09-10	986,6 b	970,0 b	978,3 c	780,0 b	830,0 b	805,0 b	141,8 b	154,0 b	147,89 c	1,0786 c	1,0806 b	1,0796 b
	CBM 16-16	1183,0 b	1016,7 b	1100,0 c	793,3 b	823,3 b	808,3 b	125,5 a	138,0 b	131,76 a	1,0780 c	1,0807 b	1,0794 b
	CBM 24-06	846,6 a	883,3 b	865,0 c	760,0 b	730,0 b	745,0 b	147,9 b	154,2 b	151,02 c	1,0614 a	1,0731 a	1,0672 a
	ASTERIX	446,6 a	666,7 a	556,6 a	233,3 a	413,3 a	323,3 a	135,9 b	150,0 b	142,96 b	1,0544 a	1,0707 a	1,0625 a
	MARKIES	1340,0 c	760,0 a	1050,0 c	1036,7 c	583,3 b	810,0 b	166,0 b	154,5 b	160,24 c	1,0623 a	1,0726 a	1,0674 a

*Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro

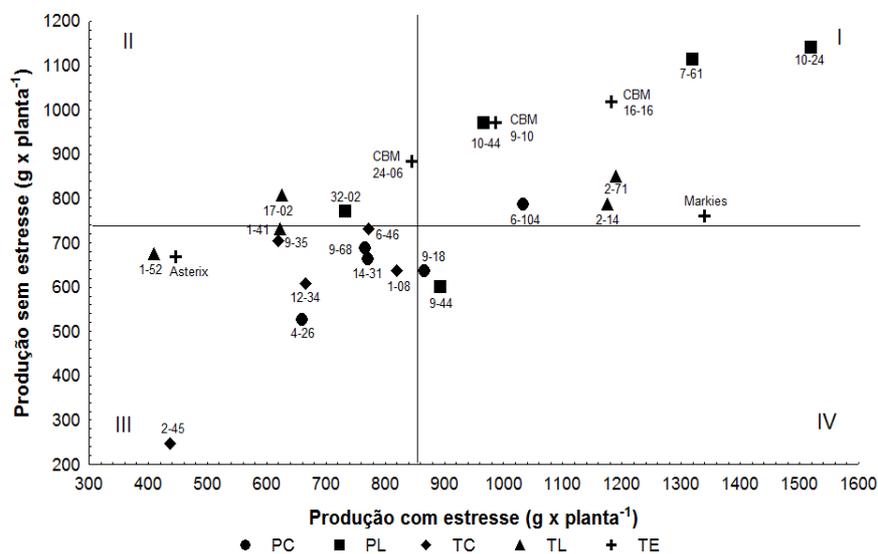
Para avaliar o desempenho dos clones no ambiente com e sem estresse de calor para a produção e peso específico, foram plotadas as médias no ambiente favorável (eixo y) e as médias dos mesmos genótipos na condição de estresse (eixo x) (Figuras 9 A e B). Duas retas traçadas na média de todos os genótipos em cada ambiente distribuem os genótipos em quatro quadrantes: aqueles tolerantes ou sensíveis ao calor (acima ou abaixo da média do eixo x) e aqueles responsivos ou não responsivos a temperaturas amenas (acima ou abaixo da média do eixo y).

Os clones que são responsivos às temperaturas amenas e que têm média mais alta sob temperaturas elevadas se encontram no quadrante I (Figuras 9 A e B). Para produção de tubérculos, seis clones e três testemunhas ficaram no quadrante I, sendo considerados os mais estáveis. Entre estes, três pertencem ao grupo PL, dois ao grupo TL e um ao grupo PC. Por outro lado, os clones do grupo TC se situaram no quadrante III, indicando que não são tolerantes ao calor e nem responsivos às temperaturas amenas.

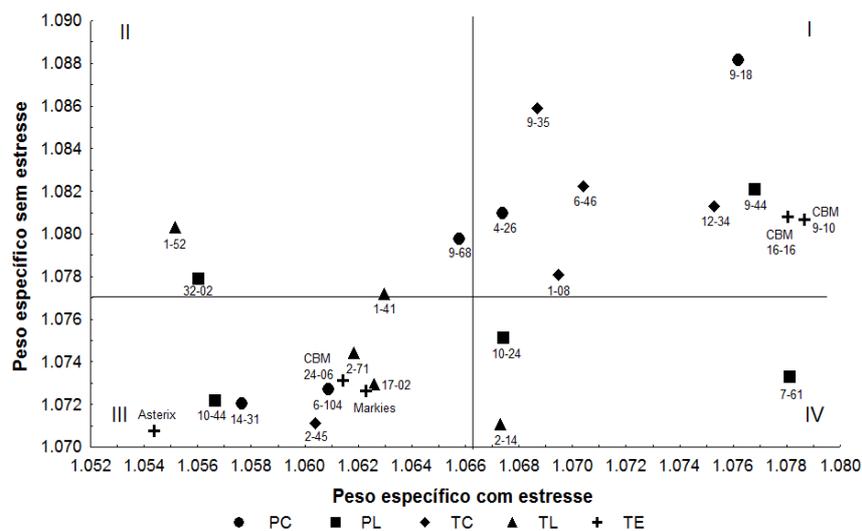
Dez clones foram considerados os piores, pois ficaram no quadrante III. Esses clones apresentaram produtividades médias mais baixas, quando avaliados em condições de temperaturas elevadas (condições desfavoráveis) e também em condições mais satisfatórias (temperaturas amenas) (Figura 9A).

Os clones tolerantes ao calor CBM 09-10 e CBM 16-16 também apresentaram médias altas, reforçando a superioridade desses clones, bem como a Markies. Por outro lado, a cultivar Asterix foi situada no quadrante III, demonstrando a falta de adaptação ao estresse de calor.

Com relação ao peso específico de tubérculos, sete clones foram considerados tolerantes e responsivos, quatro deles do grupo TC, enquanto seis clones ficaram no quadrante III, ou seja, têm baixo peso específico, quando avaliadas tanto em condições de temperaturas amenas quanto de temperaturas elevadas (Figura 9 B).



A



B

Figura 9 Relação entre as médias de (A) produção de tubérculos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$) e (B) peso específico de tubérculos dos grupos de clones sob temperaturas amenas (eixo y) e sob estresse de calor (eixo x) (

tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	precoce/ciclo	vegetativo	longo;

tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	curto;
tuberização	tardia/ciclo	vegetativo	longo;
testemunhas)			

4.4 Análises dos índices morfofisiológicos

As temperaturas médias registradas foram semelhantes às do experimento em Lavras (item 4.3.1.1), uma vez que foram conduzidos ao mesmo tempo e na mesma área experimental (Figura 6 A).

Nas Figuras 10 a 12 estão representados os comportamentos médios dos grupos PC, PL, TC e TL, referentes às quatro épocas de colheitas, para as características avaliadas, assim como as equações de regressão e os coeficientes de determinação (R^2).

Com relação à taxa de crescimento da cultura, os valores máximos foram atingidos entre 55 DAE (PL) a 56,6 DAE (TC). O grupo PL foi superior aos demais praticamente durante todo o ciclo. O grupo PC foi o que apresentou a menor taxa de crescimento. Dentre as testemunhas, a Asterix apresentou crescimento de $3,55 \text{ g MS x planta}^{-1} \text{ x dia}^{-1}$, aos 57,4 DAE, enquanto a Markies foi de $4,19 \text{ g MS x planta}^{-1} \text{ x dia}^{-1}$, aos 56,7 DAE (Figura 10 A).

Na Figura 10B está representado o comportamento dos grupos com relação à taxa de tuberização. O grupo PL apresentou a maior taxa ($3,96 \text{ g MS x planta}^{-1} \text{ x dia}^{-1}$), aos 58,9 DAE. Já para o grupo TL, a máxima tuberização ocorreu aos 61,0 DAE, com apenas $2,22 \text{ g MS x planta}^{-1} \text{ x dia}^{-1}$. O grupo PC apresentou menor taxa de tuberização ($2,11 \text{ g MS x planta}^{-1} \text{ x dia}^{-1}$), aos 59,9 DAE.

No que se refere à matéria seca da parte aérea, se destaca o grupo TL com máximo desenvolvimento atingido aos 70,2 DAE ($126,6 \text{ g x planta}^{-1}$). O grupo PL atingiu o máximo aos 66,4 DAE com $64,1 \text{ g x planta}^{-1}$, quase 50% inferior à do grupo TL (Figura 11 A). Os grupos que apresentaram tuberização

precoce (PC e PL) apresentaram ritmo mais lento de acúmulo de matéria seca que os grupos de tuberização tardia (TC e TL).

Para a matéria seca dos tubérculos, o grupo PL atingiu o ponto de máximo aos 89 DAE, com 176,08 g x planta⁻¹, enquanto o grupo TL atingiria o máximo além dos limites de colheita estabelecido. Possivelmente, o máximo seria em torno de 101,0 DAE, com 99,27 g x planta⁻¹. Os grupos de ciclo curto (PC e TC) apresentaram conteúdo de matéria seca dos tubérculos cerca de 31% menor no final do ciclo (Tabela 11 B).

Quanto ao índice de colheita, foi constatado que o grupo PL foi superior aos demais praticamente durante todo o ciclo, com 76,6%, aos 83,6 DAE, demonstrando que a partição de matéria seca para os tubérculos foi mais rápida, ou seja, maior dreno. O grupo TL atingiria o máximo além dos limites de colheita estabelecido (90 DAE), possivelmente em torno de 103,2 DAE, com apenas 48,0% (Figura 12 A).

Para a produção de tubérculos, merece destaque o grupo PL, que atingiria o máximo além dos limites de colheita estabelecido, em torno de 100,2 DAE, com 1.323,6 g x planta⁻¹. Dentre as testemunhas, a Markies apresentou a maior produção, que atingiria o máximo aos 99,2 DAE, com 1.085,9 g x planta⁻¹ (Figura 12 B).

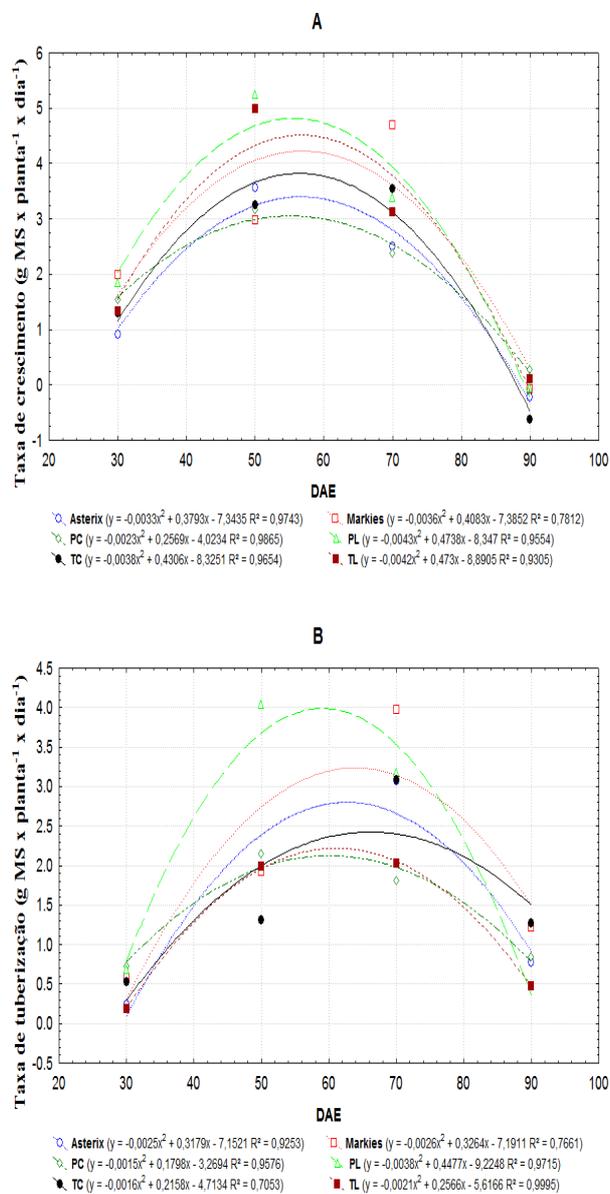


Figura 10 Taxa de crescimento da cultura (A) e taxa de tuberização (B) para os grupos de clones ao longo do ciclo vegetativo. (PC – tuberização precoce e ciclo vegetativo curto; PL – tuberização precoce e ciclo vegetativo longo; TC – tuberização tardia e ciclo vegetativo curto; TL – tuberização tardia e ciclo vegetativo longo)

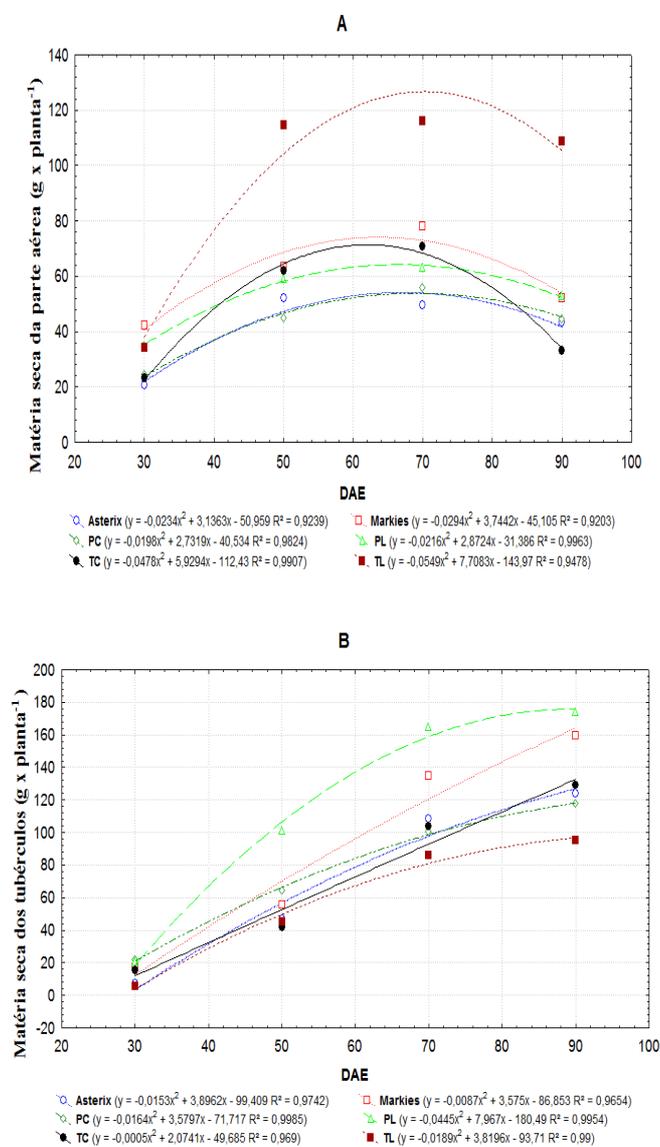


Figura 11 Matéria seca da parte aérea (A) e matéria seca dos tubérculos (B) para os grupos de clones ao longo do ciclo vegetativo. (PC – tuberação precoce e ciclo vegetativo curto; PL – tuberação precoce e ciclo vegetativo longo; TC – tuberação tardia e ciclo vegetativo curto; TL – tuberação tardia e ciclo vegetativo longo)

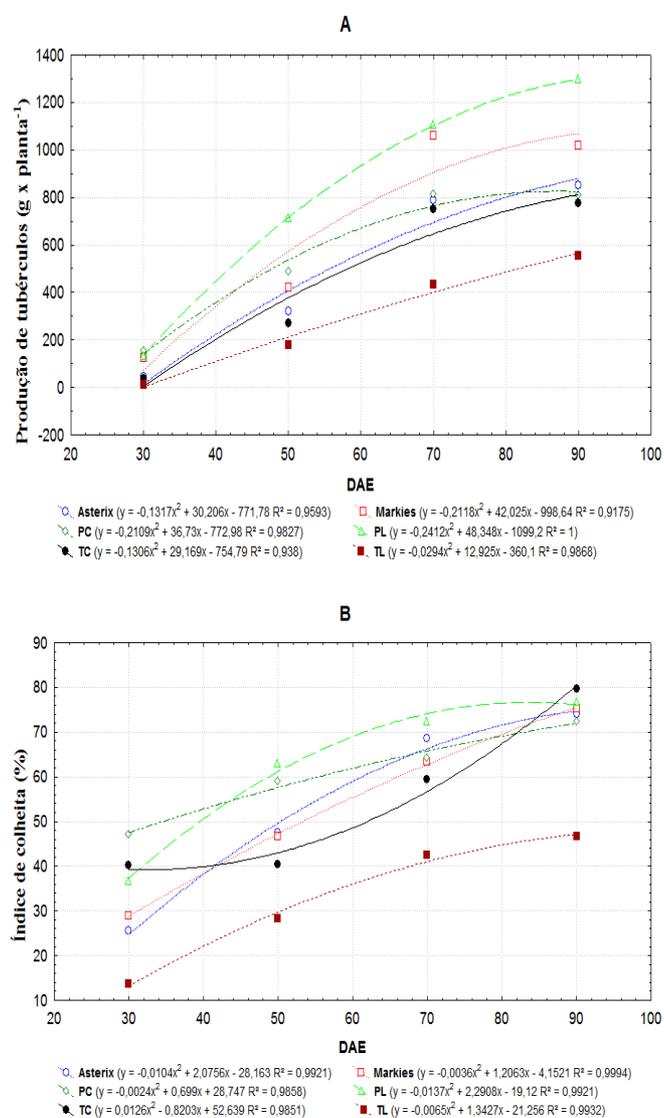


Figura 12 Índice de colheita (%) (A) e produção total de tubérculos (B) para os grupos de clones ao longo do ciclo vegetativo. (PC – tuberação precoce e ciclo vegetativo curto; PL – tuberação precoce e ciclo vegetativo longo; TC – tuberação tardia e ciclo vegetativo curto; TL – tuberação tardia e ciclo vegetativo longo)

5 DISCUSSÃO

Nos ensaios para avaliar o início da tuberização, a duração do ciclo vegetativo, os índices morfofisiológicos e o comportamento dos vinte clones na condição com estresse, foram verificadas elevadas temperaturas, o que, de fato, comprova o estresse térmico. Haverkort e Verhagen (2008) afirmam que temperaturas diárias médias (dia e noite) acima de 21 °C são consideradas muito altas para o cultivo da batata e que, geralmente, isso ocorre quando as temperaturas diurnas e noturnas estão na faixa de 27 °C e 15 °C, respectivamente. Os mesmos autores citam, ainda, que, sob estresse de calor, pode ocasionar atraso na tuberização.

Embora temperaturas altas atrasem o início da tuberização, houve clones que conseguiram tuberizar precocemente, o que demonstra variabilidade genética para este caráter (Figura 2). Em condições semelhantes às realizadas neste trabalho, Menezes et al. (1999) também verificaram atraso na tuberização, mas o número de tubérculos no final do ciclo foi ligeiramente superior na condição de estresse de calor.

Trabalhos similares, quanto ao início da tuberização, foram realizados por Krauss e Marschner (1982), em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12 horas e temperatura média de 30 °C e sem suprimento de nitrogênio, que não observaram tuberização, somente o desenvolvimento exagerado das hastes. Porém, Menzel (1985) trabalhou com quatro cultivares em casa de vegetação sob temperaturas médias de 18/34 °C (noite/dia), com 14 horas de fotoperíodo, e encontrou, após quatro semanas, 0,8 tubérculos por planta.

No ensaio para avaliar a duração do ciclo vegetativo, foi verificada elevada amplitude do caráter sob estresse de calor (Figura 4). Silva et al. (2012) relataram, também, a existência de variabilidade para o caráter com a formação de três grupos, com base em notas 1 (longo) a 9 (curto), enquanto Silva e Pinto

(2005) mostraram variações de ciclo curto entre 99-104 dias após o plantio (DAP) e longo entre 123-128 DAP.

Mienie e Ronde (2008) também relataram a variação quanto à duração do ciclo vegetativo com a tolerância ao calor para doze genótipos de batata com base na sensibilidade térmica das folhas a 37 °C e 45 °C, relatando que três cultivares de ciclo longo foram tolerantes ao calor. Os autores concluíram que o mecanismo fisiológico relacionado com a tolerância é a maior eficiência fotossintética a altas temperaturas. Em contrapartida, Wivutvongvana (1979) comparou clones de batata tolerantes e sensíveis em condições de longo fotoperíodo, e relatou que a tolerância ao calor está mais associada à menor respiração noturna do que a fotossíntese.

No ensaio para avaliar o ciclo vegetativo (item 4.1), foram verificados 22,2% de distúrbios fisiológicos, entre corações ocos (7,35%), embonecamentos (4,40%) e rachaduras (10,45%). Menezes et al. (1999), sob estresse de calor, com temperatura máxima de 28,9 °C e mínima de 18,1 °C, encontraram 12% de desordens fisiológicas. Feltran e Lemos (2008) observaram que, sob temperatura média de 26 °C, o índice de desordens fisiológicas foi superior a 20% da produtividade total, com tubérculos rachados e embonecados. Wang, Bussan e Bethke (2012), sob temperatura controlada de 30 °C, em casa de vegetação, com uma cultivar, encontraram desordens num total de 14%.

As testemunhas de ciclo vegetativo longo (Markies e Asterix) tiveram seus ciclos reduzidos devido ao efeito drástico da temperatura (Tabela 1). Esta redução no ciclo vegetativo sob condições de estresse térmico também foi relatada por Ribeiro (2010), que observou encurtamento do ciclo vegetativo de 15 dias para os genótipos de ciclo longo e de seis dias para os de ciclo curto. Provavelmente, todos os clones experimentais também tiveram os ciclos vegetativos reduzidos em função do estresse térmico. Contudo, não foi possível

determinar a duração do ciclo dos clones na ausência do estresse, uma vez que ocorreu a incidência de requeima no final do ciclo vegetativo.

Nos ensaios para avaliar o comportamento dos grupos de clones em condições contrastantes de temperatura, foi verificado que a redução no teor de matéria seca dos tubérculos sob estresse de calor foi inferior à relatada por Haverkort e Harris (1987) (Tabela 6). Vale salientar que os clones experimentais pertencem a uma população que passou por três ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor e, portanto, têm maior estabilidade para este caráter (BENITES; PINTO, 2011). Os autores verificaram que a concentração de matéria seca nos tubérculos decresceu 0,45% a cada 1 °C de aumento na temperatura, partindo de porcentagem inicial de 20% e temperatura média de 14 °C.

A redução de matéria seca evidenciada no trabalho foi notificada por outros autores. Molahlehi, Steyn e Haverkort (2013) avaliaram três cultivares de batata sob condições subtropicais em Lesotho/África do Sul, na safra 2011/12, com temperaturas médias máximas de 27,3 °C e mínimas de 13,9 °C, para o local desfavorável (Roma), e 24,4 °C e 11,2 °C, para o local favorável (Mokhotlong), relatando perdas para matéria seca de 22,2%, de um ensaio para o outro, para a cultivar Mondial.

Harahagazwe, Ledent e Rusuku (2012) trabalharam com cinco clones do CIP tolerantes ao calor e três cultivares em dois ambientes em Burúndi/África, um sob estresse com temperaturas médias variando entre 25,1 °C e 26 °C e outro sem estresse de calor (16,9 °C a 19,4 °C), e verificaram produtividades de matéria seca aos 101 DAE, variando de 9,7 a 11,6 t.ha⁻¹, na condição favorável e de 2,4 a 3,7 t.ha⁻¹, aos 69 DAE para a desfavorável, o que, de fato, evidencia as perdas devido a elevadas temperaturas.

O comportamento dos grupos de clones (PC, PL, TC, TL) foi semelhante, tanto sob estresse de calor quanto sob temperaturas mais amenas,

evidenciado por diferenças não significativas para a interação entre grupos x locais (Tabela 5). Este resultado facilita o trabalho de seleção, pois clones selecionados para tolerância ao calor poderiam também responder positivamente às temperaturas mais amenas. De fato, quando se compara a média de produção do grupo PL com a média dos demais grupos, observa-se superioridade de 39%, tanto na condição com e sem estresse de calor (Tabela 6).

A média para a produção de tubérculos dos grupos avaliados em Bom Repouso, comparada à do experimento de Lavras, sofreu redução de 14,1% (Tabela 6). Esse resultado foi contraditório, visto que as temperaturas noturnas e diurnas foram mais amenas, o que contribui para aumentar a produtividade. Porém, a partir dos 90 DAE, foi verificado aumento na incidência de requeima (*Phytophthora infestans*) na lavoura, o que reduziu o ciclo vegetativo, impedindo o aumento de produção, principalmente dos clones de ciclo longo.

Os clones do grupo TC apresentaram as menores médias para produção total de tubérculos e tubérculos graúdos, o que condiz com o esperado, uma vez que clones que tuberizam tardiamente e entram em senescência mais cedo apresentam período de enchimento dos tubérculos reduzido, prejudicando sua produtividade (Tabelas 1 e 6). Todavia, no mesmo grupo, foi relatada a existência de quatro clones tolerantes e responsivos com base no peso específico. Esse resultado é contraditório, porém, como todos eles apresentaram baixa produção, possivelmente compensaram na maior partição de matéria seca para os tubérculos no final do ciclo vegetativo, o que foi evidenciado nas avaliações morfofisiológicas (Figura 12 A).

No presente trabalho, foram encontrados clones tolerantes ao calor somente no grupo de ciclo vegetativo longo (Figura 7), com destaque para o grupo PL. Rykaczewska (2013) trabalhou com seis cultivares de diferentes ciclos vegetativos, em casa de vegetação e em câmara de crescimento, sob temperaturas médias de 25/32 °C (noite/dia) e fotoperíodo de 15 horas. Clones

tolerantes foram observados em diferentes grupos de maturação (ciclo curto e intermediário). O autor concluiu que quanto mais cedo ocorreu o estresse de calor, maior foi o impacto negativo no crescimento e na produtividade da cultura.

No ensaio conduzido sob estresse de calor em Lavras, as altas temperaturas foram registradas desde a emergência (Figura 6 A), reforçando, mais uma vez, o grande potencial produtivo dos clones sob estresse térmico.

Ao realizar associação entre os grupos de clones com a tolerância ao calor e responsividade, pode-se dizer que foram identificados genótipos que tiveram médias superiores, tanto para produção como peso específico, quando submetidos ao estresse, e que responderam muito bem à melhoria do ambiente (Figura 9 A e B). Essa maior estabilidade revela que seus comportamentos são mais previsíveis e que eles sofrem menos os impactos negativos das temperaturas altas, assegurando-lhes melhores rendimentos em vários ambientes.

Os grupos de clones com ciclo vegetativo longo (PL e TL), independente da tuberização, foram mais produtivos (Tabela 6). Merecem realce os clones IRF 7-61 e IRF 10-24, ambos do grupo PL, que tiveram produção de tubérculos superior à das testemunhas (Tabela 6) e foram classificados como tolerantes e responsivos (Figura 9 A).

Resultado contraditório foi relatado por Levy (1986), que trabalhou com tolerância ao calor em nove cultivares de batata, nas condições semiáridas do Mediterrâneo, e encontrou relação entre precocidade de maturação de plantas (ciclo curto) com menores perdas de produção sob temperaturas elevadas. Uma justificativa para tal fato é que as cultivares de ciclo curto acumulam maior quantidade de fotoassimilados em tempo relativamente curto e entram em senescência mais cedo, evitando a exposição prolongada às crescentes temperaturas do verão, ao passo que os genótipos de ciclo longo acumulam mais

no final do ciclo vegetativo, ocorrendo perdas de rendimento sob estresse de calor.

Os índices morfofisiológicos contribuem para o entendimento do comportamento dos diferentes grupos de clones sob estresse de calor. Por exemplo, o grupo PL sempre mostrou valores superiores para todos os índices, exceto matéria seca da parte aérea. A maior produção de tubérculos deste grupo é consequência do período de enchimento dos tubérculos mais prolongado, que remobiliza maior quantidade de fotoassimilados para os mesmos. Este resultado é apoiado tanto pela taxa de crescimento da cultura (Figura 10 A) quanto pela taxa de tuberização (Figura 10 B) e índice de colheita (Figura 12 A).

A cultivar Markies apresentou comportamento semelhante ao do grupo PL, que é sabidamente conhecido por ser tolerante ao calor, além de superá-la praticamente em todos os índices morfofisiológicos. Assim, pode-se inferir que o grupo PL apresenta maior nível de tolerância ao calor, comparado aos outros grupos.

Resultado semelhante ao grupo PL foi evidenciado por Dam, Kooman e Struik (1996), que trabalharam com duas cultivares em elevadas temperaturas (30/24 °C dia/noite) sob fotoperíodo de 18 horas e evidenciaram que o genótipo de ciclo longo foi mais eficiente em tuberizar, porém, a taxa de crescimento dos tubérculos decresceu significativamente devido a temperaturas elevadas. Talvez o genótipo de ciclo longo, neste caso, não apresente início precoce de tuberização, não criando o dreno necessário para que ocorra maior partição de fotoassimilados para os tubérculos.

O grupo TL apresentou a maior matéria seca da parte aérea (Figura 11 A), todavia, os clones tiveram a menor partição de matéria seca para os tubérculos, ou seja, menor dreno (Figura 12 A). Isso ocorreu, possivelmente, devido à tuberização tardia, o que refletiu em baixa produção de tubérculos

(Figura 12 B). Assim, pode-se inferir que o grupo TL é sensível ao estresse de calor.

Resultado similar foi notificado por Timlin et al. (2006), em experimento realizado em casa de vegetação, com a cultivar Atlantic, em seis temperaturas (dia/noite) constantes de 12, 16, 20, 24, 28 e 32 °C. Os autores observaram que, sob temperaturas elevadas, as plantas acumulam carbono (C), mas não particionam para os tubérculos, podendo até ocorrer sob determinadas temperaturas balanço de C negativo, principalmente no final do ciclo vegetativo.

Hancock et al. (2014) também relataram que genótipos de batata condicionados a elevadas temperaturas (30/20 °C dia/noite) exibiram mudanças na alocação de biomassa do tubérculo para a parte aérea, o que foi comprovado pelo aumento da matéria seca foliar e redução do peso fresco e seco e de matéria seca dos tubérculos, resultando em índice de colheita significativamente reduzido, ou seja, baixa produção de tubérculos por planta. Wolf, Marani e Rudich (1990) também relataram que, em temperaturas médias variando de 22 °C a 32 °C, ocorreu aumento da biomassa da parte aérea e a translocação de fotoassimilados para os tubérculos foi baixa nessas condições.

Para Levy e Veilleux (2007), os clones de maturação precoce, geralmente, têm menor potencial produtivo devido ao curto período do ciclo vegetativo, enquanto aqueles de maturação tardia retêm a parte aérea verde por mais tempo e acumulam maior produção durante um período mais longo. Segundo estes autores, a combinação de tolerância ao calor com maturação tardia (ciclo longo) é desejável, a fim de se obter altas produtividades de tubérculos em climas quentes.

A maior taxa de crescimento da cultura do grupo PL indica que a planta apresentou maior desenvolvimento que os demais. Isto, provavelmente, se deve ao maior potencial fotossintético, como demonstrado por Ribeiro (2010) para clones de ciclo longo. Porém, ao contrário do grupo TL, o grupo PL particiona

os fotoassimilados para os tubérculos desde cedo, criando um dreno forte, o que evita o acúmulo desses fotoassimilados na parte aérea (Figura 11 A), resultando em alto índice de colheita.

Silva et al. (2009) trabalharam com dois clones de ciclo longo e dois de ciclo curto, em oito colheitas, sob temperaturas acima de 20 °C, e também verificaram que os clones de ciclo longo apresentaram valores superiores aos de ciclo curto para o mesmo índice morfofisiológico. Segundo os autores, isso é devido ao crescimento mais vigoroso e à maior longevidade da área foliar fotossinteticamente ativa. Silva e Pinto (2005) trabalharam com 23 genótipos de ciclo curto e longo, realizando quatro colheitas, e verificaram que os clones de ciclo longo foram sempre superiores aos clones de ciclo curto.

6 CONCLUSÃO

Os clones de tuberização precoce e ciclo vegetativo longo são mais produtivos que os demais grupos (tuberização precoce e ciclo curto, tuberização tardia e ciclo curto, tuberização tardia e ciclo longo) tanto em condição de estresse de calor como em temperaturas mais amenas.

Os clones de tuberização precoce e ciclo vegetativo longo criam um dreno forte desde o início da tuberização e forçam a partição de fotoassimilados para os tubérculos resultando em alto índice de colheita.

Uma boa estratégia para melhorar a produtividade de tubérculos em condições tropicais seria a seleção de genótipos que tuberizam precocemente e apresentam ciclo vegetativo mais longo.

REFERÊNCIAS

- AHMADI, S. H. et al. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 11, p. 1923-1930, Nov. 2010.
- AHN, Y.; CLAUSSEN, K.; ZIMMERMAN, J. L. Genotypic differences in the heat-shock response and thermo tolerance in four potato cultivars. **Plant Science**, Shannon, v. 166, n. 4, 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 Science**, Dubai, v. 11, n. 5, p. 633-639, 2011.
- ANBESSA, Y. et al. Selection efficiency across environments in improvement of barley yield for moderately low nitrogen environments. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 2, p. 451-457, Jan. 2010.
- BENAVENTE, C. A. T.; PINTO, C. A. B. P. Selection intensities of families and clones in potato breeding. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 60-68, jan./fev. 2012.
- BENITES, F.; PINTO, C. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 133-140, June 2011.
- BLUM, A. Heterosis, stress, and the environment: a possible road map towards the general improvement of crop yield. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 16, p. 4829-4837, 2013.
- BORTOLINI, F.; DALL'AGNOL, M.; BISSANI, C. A. Características morfofisiológicas associadas à tolerância à seca em sete genótipos da coleção nuclear de trevo branco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1632-1638, 2011.

CAIRNS, J. E. et al. Identification of drought, heat, and combined drought and heat tolerant donors in maize. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 4, p. 1335-1346, July/Aug. 2013.

CALDIZ, D.; HAVERKORT, A.; STRUIK, P. Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina. **Agricultural Systems**, Essex, v. 73, n. 3, p. 297-311, 2002.

DAM, J. van; 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**, Wageningen, v. 39, n. 1, p. 51-62, 1996.

FELTRAN, J.; LEMOS, L. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2008.

FERNANDES, A. M. et al. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 826-835, ago. 2010.

FISCHER, L. et al. Morphological and molecular characterization of a spontaneously tuberizing potato mutant: an insight into the regulatory mechanism of tuber induction. **BMC Plant Biology**, London, v. 8, n. 117, p. 1-13, Nov. 2008.

FLEISHER, D. H. et al. Effects of carbon dioxide and phosphorus supply on potato dry matter allocation and canopy morphology. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 36, n. 4, p. 566-586, Feb. 2013.

HANCOCK, R. D. et al. Physiological, biochemical and molecular responses of the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant to moderately elevated temperature. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 439-450, Feb. 2014.

HARAHAGAZWE, D.; LEDENT, J. F.; RUSUKU, G. Growth analysis and modelling of CIP potato genotypes for their characterization in two contrasting environments of Burundi. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 7, n. 46, p. 6173-6185, 2012.

HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 14, n. 5, p. 9643-9684, May 2013.

HAVERKORT, A. J. et al. Climate change and potato production in contrasting South African agro-ecosystems: effects on land and water use efficiencies. **Potato Research**, Wageningen, v. 56, n. 1, p. 31-50, Jan. 2013.

HAVERKORT, A. J.; HARRIS, P. M. A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 39, p. 271-282, 1987.

HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, Wageningen, v. 51, n. 3/4, p. 223-237, 2008.

HENZ, G. P.; BRUNE, S. **Redução de perdas pós-colheita em batata para consumo**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 9 p. (Circular Técnica, 34).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: estatística da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2012. 84 p.

KHEDHER, M.; EWING, E. Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. **American Potato Journal**, Orono, v. 62, n. 10, p. 537-554, Oct. 1985.

KIM, H. et al. Selection of heat tolerant potato lines via in vitro screening of true potato seeds. **Acta Horticulturae ISHS**, The Hague, n. 935, p. 225-230, 2012.

KIRIGWI, F. M. et al. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. **Euphytica**, Wageningen, v. 135, n. 3, p. 361-371, Jan. 2004.

KRAUSS, A.; MARSCHNER, H. Influence of nitrogen nutrition, daylength, and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization in potato plants. **Potato Research**, Wageningen, v. 25, p. 13-21, 1982.

LAMBERT, E. D. S.; PINTO, C. A. B. P.; MENEZES, C. B. de. Potato improvement for tropical conditions: I., analysis of stability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 6, n. 2, p. 129-135, June 2006a.

LAMBERT, E. D. S.; PINTO, C. A. B. P.; MENEZES, C. B. de. Potato improvement for tropical conditions: II., selection indices and efficiency of indirect selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 6, n. 3, p. 185-193, Sept. 2006b.

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

LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents and selection for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 2, p. 130-136, 1991.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 84, n. 6, p. 487-506, 2007.

MANDAL, N. P. et al. Implications of genotype x input interactions in breeding superior genotypes for favorable and unfavorable rainfed upland environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 118, n. 2, p. 135-144, Aug. 2010.

MARTÍNEZ-GARCÍA, J. F. et al. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. **Journal of Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 20, n. 4, p. 377-386, Dec. 2001.

MENEZES, C. B. de et al. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras “das águas” e de inverno no sul de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 776-783, jul./ago. 1999.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C.; LAMBERT, E. D. 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.

MENZEL, C. M. Tuberization in potato at high temperatures: responses to exogenous gibberellin, cytokinin and ethylene. **Potato Research**, Wageningen, v. 28, p. 263-266, 1985.

MIENIE, A.; RONDE, J. A. A comparison of drought stress and heat stress in the leaves and tubers of 12 potato cultivars. **South African Journal of Science**, Johannesburg, v. 104, n. 3/4, p. 156-159, Mar./Apr. 2008.

MITI, F.; TONGOONA, P.; DERERA, J. S1 selection of local maize landraces for low soil nitrogen tolerance in Zambia. **African Journal of Plant Science**, Johannesburg, v. 4, n. 3, p. 67-81, 2010.

MOLAHLEHI, L.; STEYN, J. M.; HAVERKORT, A. J. Potato crop response to genotype and environment in a subtropical highland agro-ecology. **Potato Research**, Wageningen, v. 56, n. 3, p. 237-258, Sept. 2013.

OLIVEIRA, D. de et al. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 25-32, 2011.

PARENTONI, S. N. et al. Melhoramento para tolerância ao alumínio como fator de adaptação a solos ácidos. In: NASS, L. L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p. 783-852.

PETKOVA, V. et al. Field screening for heat tolerant common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) by measuring of chlorophyll fluorescence induction parameters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 101-106, 2007.

PINTO, C. A. B. P. et al. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 399-405, out./dez. 2010.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012. 305 p.

RAMALHO, M. A. P.; SILVA, G. S.; DIAS, L. A. S. Genetic plant improvement and climate changes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 189-195, June 2009.

RENSINK, W. et al. Gene expression profiling of potato responses to cold, heat, and salt stress. **Functional & Integrative**, Berlin, v. 5, n. 4, p. 201-207, 2005.

RIBEIRO, G. H. M. R. **Relação entre a duração do ciclo vegetativo e a tolerância ao calor em batata**. 2010. 67 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RIBEIRO, J. D. R.; RIBEIRO, G. H. M. R.; PINTO, C. A. B. P. Batata: tecnologias e sustentabilidade de produção: evolução e desafios da bataticultura em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 270, p. 7-13, 2012.

RODRIGUES, G. B. et al. Seleção para duração do ciclo vegetativo em batata e relação com a produtividade de tubérculos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 280-285, set. 2009.

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

SARKAR, D. The signal transduction pathways controlling in planta tuberization in potato: an emerging synthesis. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2008.

SARQUÍS, J.; GONZÁLES, H.; BERNAL-LUG, I. Response of two potato clones (*Solanum tuberosum* L.) to contrasting temperature regimes in the field. **American Potato Journal**, Orono, v. 73, n. 7, p. 285-300, 1996.

SCHITTENHEIM, S.; MENGE-HARTMANN, U.; OLDENBURG, E. Photosynthesis, carbohydrate metabolism, and yield of phytochrome-B overexpressing potatoes under different light regimes. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 1, p. 131-142, 2004.

SHRIVASTAVA, P. et al. Effect of high temperature at different growth stages on rice yield and grain quality traits. **Journal of Rice Research**, Manila, v. 5, n. 1, p. 2-4, 2012.

SILVA, F. L. da et al. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 295-302, 2009.

SILVA, G. O. et al. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 557-560, 2012.

SILVA, L.; PINTO, C. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, n. 1, p. 20-28, Mar. 2005.

SINGH, R. P. et al. Impacts of high-temperature stress and potential opportunities for breeding. In: YADAV, S. S. et al. (Ed.). **Crop adaptation to climate change**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. p. 166-185.

TAI, G. C. C.; LEVY, D.; COLEMAN, W. K. Path analysis of genotype-environment interaction of potatoes exposed to increasing warm climate. **Euphytica**, Wageningen, v. 75, n. 1/2, p. 49-61, Jan. 1994.

TIMLIN, D. et al. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 5, p. 1195-1203, Sept. 2006.

WAHID, A. et al. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.

WANG, Y.; BUSSAN, A. J.; BETHKE, P. C. Stem-end defect in chipping potatoes (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by mild environmental stresses. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 89, n. 5, p. 392-399, Oct. 2012.

WATERER, D. et al. Evaluation of abiotic stress tolerance of genetically modified potatoes (*Solanum tuberosum* cv. Desiree). **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 25, n. 3, p. 527-540, 2009.

WIVUTVONGVANA, M. **Physiological response of heat tolerant and heat sensitive potatoes (*Solanum* species)**. 1979. 242 f. Dissertation (Ph.D. in Genetics and Plant Breeding) - Cornell University, Ithaca, 1979.

WOLF, S.; MARANI, A.; RUDICH, J. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 5, p. 513-520, 1990.