



**RELAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DO CICLO
VEGETATIVO E A TOLERÂNCIA AO CALOR
EM BATATA**

**GUILHERME HENRIQUE MARTINS RODRIGUES
RIBEIRO**

2010

GUILHERME HENRIQUE MARTINS RODRIGUES RIBEIRO

**RELAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO E 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

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Guilherme Henrique Martins Rodrigues.

Relação entre a duração do ciclo vegetativo e a tolerância ao calor em batata / Guilherme Henrique Martins Rodrigues Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2010.

67 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. Solanum tuberosum L. 2. Estresse térmico. 3. Caracteres morfofisiológicos. 4. Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.213

GUILHERME HENRIQUE MARTINS RODRIGUES RIBEIRO

**RELAÇÃO ENTRE A DURAÇÃO DO CICLO VEGETATIVO E 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”.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2010

Prof. Dr. José Donizete Alves

UFLA

Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua

EPAMIG

Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, por essa oportunidade;

Aos meus pais; José Daniel e Waldea, pelo amor e carinho que sempre recebi.

Aos meus familiares, amigos e professores, pela ajuda na caminhada,

OFEREÇO.

Aos meus pais, por tudo que me proporcionaram, pelas oportunidades que me deram, pelo amor e carinho que recebi e por sempre me orientarem sobre as decisões de minha vida. A minha irmã Daniela, minha sobrinha Ana Luiza e toda minha família, pelo apoio, carinho e compreensão que sempre tiveram comigo todos esses anos.

A todos com todo meu respeito e carinho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me guiar durante essa difícil caminhada.

Aos meus pais por confiarem no meu potencial, sempre me apoiarem nas decisões e incentivarem meu progresso.

A minha família que mesmo de longe, sempre me incentivou, me amparou nos meus tropeços e comemorou as minhas conquistas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso de graduação e também o curso de mestrado.

A CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus amigos que fiz ao longo da vida, pela grande amizade e apoio nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto, por toda atenção dedicada, pelo apoio, ensinamento, orientação e acima de tudo amizade durante a realização deste trabalho.

Ao companheiro Raimundo Ferreira, pela dedicação demonstrada durante toda condução dos experimentos, e pela grande amizade em todos os momentos.

Ao Doutorando César Ticona Benavente, pela amizade e pela fundamental ajuda nas análises estatísticas e disponibilidade de avaliação neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do programa de melhoramento da batata, Izabel, Cleiton, Pira (Fabrício), Kayo, Jéssica e Isabela pela grande amizade, pelos bons momentos proporcionados e força durante a condução dos experimentos.

Agradeço de forma especial aos amigos Paulista (Luis Paulo), Alex, Baiano (Leandro) e André que já deixaram a batata, mas foram de grande ajuda durante este experimento e ao longo do curso de mestrado.

A todos os meus familiares que sempre mostraram confiança no meu trabalho e apoiaram incondicionalmente.

Aos professores; Magno, João Bosco, João Candido, Elaine e Flavia, pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos amigos do GEN, pelos momentos de estudo e principalmente pelos momentos de diversão.

A todos que de certa forma me ajudaram e deram forças para conclusão deste trabalho, que encerra mais uma jornada da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEORICO.....	3
2.1 Importância da cultura da batata.....	3
2.2 Influência da temperatura na cultura da batata.....	4
2.3 Melhoramento visando tolerância ao calor.....	9
2.4 Ciclo vegetativo.....	11
2.5 Melhoramento para duração de ciclo vegetativo.....	15
2.6 Índices morfofisiológicos.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Local e material experimental.....	19
3.2 Condução dos experimentos.....	19
3.3 Características avaliadas.....	20
3.4 Análises estatísticas.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26

4.1 Condições climáticas e de ciclo vegetativo.....	26
4.2 Análises estatísticas.....	30
4.3 Teores de clorofila.....	36
4.4 Características que envolvem parte aérea.....	42
4.5 Características relacionadas aos tubérculos.....	50
5 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

RESUMO

RIBEIRO, Guilherme Henrique Martins Rodrigues. **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.*

Nas regiões tropicais, fatores climáticos exercem grande influência sobre a produtividade das cultivares de batata, principalmente a temperatura. Considerando as predições de aquecimento global, são previstas grandes perdas na produção mundial de batata. A cultura da batata no Brasil está baseada em cultivares importadas, pouco adaptadas às condições tropicais, muito sensíveis ao calor, e que apresentam nestas condições ciclo vegetativo em torno de 100 dias. Nos últimos anos o panorama da bataticultura nacional tem sido modificado, com a incorporação de novas regiões produtoras, como Bahia, Goiás e a região do Triângulo Mineiro. Estas novas regiões produtoras se caracterizam por grandes áreas, alta mecanização e por apresentarem um clima com temperaturas mais elevadas. De maneira geral, as altas temperaturas limitam os níveis de produtividade alcançados na cultura. O presente trabalho teve como objetivo estudar os processos de crescimento, tuberização e partição de matéria seca para os tubérculos ao longo do ciclo vegetativo, para o que foram utilizados caracteres morfofisiológicos. Para a realização deste estudo foram utilizados clones de ciclo longo e de ciclo curto, assim como testemunhas de ciclo curto e longo. Foram realizadas cinco colheitas por safra, em duas safras diferentes. Os caracteres morfofisiológicos avaliados foram ciclo vegetativo, produção de tubérculos, porcentagem de matéria seca dos tubérculos, taxa de tuberização, matéria seca total da parte aérea, partição de matéria seca para os tubérculos, taxa de crescimento da cultura teores e os teores de clorofila a, b e total. Os resultados mostram que os clones de ciclo longo foram mais produtivos que os de ciclo curto no final do ciclo vegetativo em ambas as safras. Os clones de ciclo longo apresentaram característica *stay-green*, devido menor velocidade de senescência das plantas em relação aos clones de ciclo curto. Os grupos de ciclo longo se mostraram mais eficientes nas condições de temperaturas elevadas, apresentando maiores taxas de crescimento, e maior partição de matéria seca no final do ciclo resultando em maior produção. Os resultados deste estudo sugerem que os genótipos de ciclo longo são mais tolerantes ao calor, que os de ciclo curto.

*Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA

ABSTRACT

RIBEIRO, Guilherme Henrique Martins Rodrigues. **Relationship between the duration of vegetative growth cycle and heat tolerance in potatoes.** 2010. 67 p. Dissertation (Masters in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras.

In the tropics, climatic factors, specially the temperature, have great influence on tuber yield of potato cultivars. Considering the predictions of global warming, great yield losses are expected for the potato crop around the world. In Brazil, the potato growers use introduced cultivars from temperate countries which are poorly adapted to the tropics and are very sensitive to heat besides presenting a short vegetative cycle of about 100 days. The potato crop in Brazil in the last decades has changed due to incorporation of new areas in the production system such as the States of Bahia, Goiás and the region of Triângulo Mineiro. These regions are characterized by large areas with intense mechanization and temperatures which are warmer than the optimal required by the crop. In general, warmer temperatures limit tuber yield reached by the crop. The purpose of this work was to study the plant growth, tuberization and dry matter partitioning during the vegetative cycle of potato clones differing in the duration of the growth cycle using morphophysiological traits. For this purpose clones and checks with long and short vegetative cycles were used. For each growing season (rainy and winter) five harvests were performed. The morphophysiological traits evaluated were duration of the growth cycle, tuber yield, dry matter content of tubers, tuberization rate, total dry matter content of the canopy, crop growth rate, and chlorophyll content. The results showed that clones with longer growth cycle were more productive than clones with shorter growth cycle at the end of the growing season in both seasons. The clones with longer growing cycle presented stay green due to a slower rate of senescence. The longer cycle clones were more efficient in the warmer temperatures presenting higher growth rate and more partitioning of dry matter to the tubers resulting in higher tuber yields. The genotypes with longer growth cycle were more tolerant to heat stress than the clones with shorter vegetative growth duration.

* Major professor: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é uma cultura de grande importância mundial, sendo a quarta mais plantada no mundo perdendo apenas para o arroz, trigo e o milho. Sua relevância fez com que a ONU declarasse o ano de 2008 como o Ano Internacional da Batata, fato que na agricultura, só havia ocorrido antes para a cultura do arroz, em 2004. Atualmente mais da metade da produção mundial se concentra nos países em desenvolvimento, destacando China e Índia que respondem por um terço da produção mundial.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais e Minas Gerais o maior produtor nacional. No Brasil a cultura da batata é considerada uma das principais hortaliças tanto em área cultivada quanto em preferência alimentar assumindo em algumas regiões importância de grande cultura, sendo uma grande geradora de renda tanto para os agricultores como para as regiões produtoras.

Nas condições tropicais, os fatores edafoclimáticos e fitossanitários exercem grande influência sobre o desempenho agrônomo das cultivares. Assim, a busca por cultivares mais adaptadas ao clima tropical tem sido uma das preocupações dos melhoristas brasileiros. Devido à maioria das cultivares empregadas no país ser de origem europeia, estas quando submetidas às condições tropicais são afetadas principalmente pelas altas temperaturas, além do fotoperíodo mais curto, fazendo com que a sua produtividade seja reduzida.

As altas temperaturas causam redução da produção de tubérculo, como redução na capacidade fotossintética, aumento das perdas com a respiração e diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos. Ocorre ainda redução na produção comercial pelo aumento de tubérculos com desordens fisiológicas e a perda da qualidade dos tubérculos pela diminuição da matéria seca.

Vários estudos têm sido realizados na área de fisiologia vegetal, para melhor entender os mecanismos de resistência e tolerância ao calor. Entre os mecanismos fisiológicos relacionados com a tolerância ao calor em batata, citam-se a maior eficiência fotossintética sob condições de altas temperaturas e a menor taxa de degradação de clorofila sob estresse térmico (Wolf et al., 1990).

Outra característica afetada pelas condições tropicais é o ciclo vegetativo que é encurtado para cerca de 100 dias. É sabido que, em regiões temperadas, as cultivares com ciclo mais longo (>130 dias) são mais produtivas que as mais precoces. Silva & Pinto (2005) observaram que, também para as condições tropicais, clones com ciclo mais longo são, de modo geral, mais produtivos que os clones mais precoces. Silva et al. (2009), sugerem que a maior produção dos clones de ciclo longo pode ser função da sua maior eficiência fotossintética e da possível condição de stay-green (permanecer verde), segundo Thomas & Howarth (2000). Nessas circunstâncias, as estratégias para aumentar os níveis de produtividade da cultura passam pela manutenção da área foliar fotossinteticamente ativa por mais tempo, que está diretamente relacionada à maior duração do ciclo vegetativo.

Considerando as predições de aquecimento global nos próximos 60 anos, Hijmans (2003) previu perdas na produção mundial de batata na faixa de 18 a 32% sem adaptação dos métodos de produção, ou 9 a 18% com a adaptação em termos de época de plantio e da utilização de cultivares tolerantes a calor.

O objetivo deste estudo foi avaliar os processos de crescimento vegetativo e dos tubérculos, assim como a partição de matéria seca para os tubérculos, em clones de batata com diferentes ciclos vegetativos, na safra de inverno e das águas, para se estabelecer uma possível relação entre a duração do ciclo vegetativo e a tolerância ao calor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da cultura da batata

A batata é originária da região dos Andes onde é cultivada há mais de oito mil anos, até então adaptada às condições de clima frio e dias curtos. Com a colonização espanhola a cultura foi levada para a Europa no século XVI e foi inicialmente usada como planta ornamental. Com sua importância nutricional sendo reconhecida passou a ser cultivada em todo o continente, sofrendo um sistemático processo de seleção visando à adaptação aos dias longos.

Atualmente a produção mundial de batata está em torno de 315 milhões de toneladas sendo os maiores produtores mundiais a China, Rússia e Índia. O Brasil ocupa a décima quinta posição da produção mundial sendo hoje o maior produtor na América do Sul com 3,55 MT, superando o Peru que produz 3,38 MT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2007).

No Brasil a área plantada está em torno de 140 mil hectares com uma produtividade média de 24 t/ha. Os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná são os maiores produtores, responsáveis por mais de 80% de toda a produção nacional. Minas Gerais é o estado que mais produz batata no país (em torno de 33%), com destaque para a região sul, responsável por boa parte da produção estadual (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009).

Nos últimos anos o panorama da bataticultura brasileira vem passando por mudanças com a inclusão de novas regiões de cultivo, onde se encontram temperaturas mais altas como Goiás, Bahia e a região do triângulo mineiro, que se caracterizam por grandes áreas e agricultura empresarial, o que contrapõe com as antigas zonas produtoras como a região do sul de Minas e Rio Grande do Sul que apresentam agricultura familiar e pequenas áreas de cultivo (Deleo & Boteon, 2005). No Brasil devido à grande diversidade climática das regiões

produtoras a batata é cultivada praticamente durante todo o ano, e o seu cultivo se estende desde o Rio Grande do Sul até a Bahia.

A bataticultura nacional está quase que totalmente baseada em cultivares importadas, principalmente da Europa, e que foram desenvolvidas para suas condições de cultivo e para as necessidades dos seus produtores. Estas cultivares quando são trazidas para o Brasil encontram características de clima bem diferentes daquelas de onde se originaram, e isto faz com que não consigam expressar todo seu potencial genético e acabem por apresentar produtividades inferiores às obtidas em países europeus. Baseado neste fato se justifica a necessidade do melhoramento para as condições brasileiras, visando uma adaptação aos dias curtos e temperaturas mais elevadas (Pinto, 1999).

A batata é fonte de carboidratos, vitamina C e potássio o que a torna uma ferramenta no combate à desnutrição, além de produzir uma grande quantidade de alimento num período curto de tempo. Estas foram as justificativas utilizadas pela ONU para declarar o ano de 2008 como Ano Internacional da Batata, de maneira a chamar a atenção do mundo para uma olerícola que no passado foi responsável pelo crescimento populacional europeu e hoje é essencial no combate a fome e a pobreza. O consumo deste alimento dobrou nos países em desenvolvimento nos últimos quarenta anos embora o consumo per capita nestes países não ultrapasse 21 kg anuais contra 96 kg consumidos nos países europeus.

2.2 Efeitos da temperatura na cultura da batata

A batata é muito sensível ao calor que pode reduzir a sua produção sob condições de estresse. Já se sabe que a temperatura exerce grande influência na cultura, podendo afetar de modo prejudicial em todas as fases do desenvolvimento da planta. A magnitude do efeito da temperatura depende do quanto esta influencia no desenvolvimento da parte aérea e na partição de

matéria seca produzida, mas pode chegar a ser limitante à produção de batata, principalmente em regiões tropicais (Menezes et al., 2001).

É difícil estimar uma temperatura ideal, pois esta pode variar de acordo com os estádios de desenvolvimento da planta, que se dividem em três: o primeiro compreende o período de emergência até o início de tuberização; o segundo compõe o início da tuberização e o desenvolvimento inicial dos tubérculos; e o terceiro compreende o tempo de crescimento e amadurecimento dos tubérculos (Silva, 2004), porém segundo alguns autores esta temperatura ótima estaria entre 14 e 22° C (Driver & Hawkes, 1943; Yamaguchi et al., 1964; Marinus & Bodlaender, 1975; Sands et al., 1979).

No primeiro estágio, baixas temperaturas são indesejáveis, pois causam atraso na emergência da planta (Malik et al., 1992). Estudos conduzidos por Epstein (1966) demonstraram que até os 60 dias as plantas não haviam emergido à temperatura de 9°C; e em temperaturas de 22 e 29°C, as plantas emergiram entre 13 e 18 dias após o plantio. Em geral, a emergência demora até 30 dias em temperaturas do solo por volta de 10 a 14°C e apenas 8 a 10 dias em temperaturas do solo entre 21 e 23°C. Entretanto, poderá não haver emergência em temperaturas do solo menores que 10°C (Fontes & Finger, 1999).

No segundo estágio de desenvolvimento altas temperaturas levam a um atraso no início da tuberização, o que resulta em tubérculos de menor tamanho devido a um menor período de tempo para seu desenvolvimento, podendo acarretar uma menor produção. O número de tubérculos também é afetado, porém em menor proporção.

Na fase de enchimento e amadurecimento de tubérculos, temperaturas elevadas levam a um maior desenvolvimento da parte aérea em detrimento destes, devido a uma menor partição de fotossimilados e aumento na taxa de respiração. Existem na literatura diversos relatos da diminuição do teor de matéria seca nos tubérculos devido às altas temperaturas (Haynes et al., 1989;

Haynes & Haynes, 1983, 1981; Johansen et al., 1967; Menezes et al., 1999; Prange et al., 1990). Sabe-se que algumas desordens fisiológicas como rachaduras e embonecamentos são devido a temperaturas elevadas, e estas desordens afetam diretamente a aparência do produto final.

Reduções na produção de tubérculos devido as temperatura elevadas, já foram relatados na literatura por Sarquís et al. (1996) e também Khedher & Ewing (1985) que relataram reduções que podem chegar a mais de 80%. Menezes et al. (1999) mostraram que, em condições de altas temperaturas, a produção foi reduzida em 25,5%, principalmente devido ao atraso no início da tuberização e à redução na partição dos fotoassimilados para os tubérculos. Além disso, observaram uma redução no teor de matéria seca dos tubérculos.

O processo de fotossíntese também é afetado pela temperatura. A faixa ótima para fotossíntese nas folhas está entre 20 a 24° C (Hammes & Jager, 1990; Prange et al., 1990; Thorton et al., 1996, Fleisher, 2006). Valores superiores causam reduções significativas nas taxas de fotossíntese líquida, que é definida como a diferença entre a fotossíntese bruta (tudo o que é literalmente produzido pela fotossíntese no interior dos cloroplastos) e o que é consumido pela respiração e, às vezes, pela fotorrespiração (Benincasa, 1988). Quanto maior a fotossíntese líquida, maior será a produção da cultura.

Para a maioria das cultivares européias cada elevação de 5° C na temperatura da folha leva a uma redução de 25% na taxa de fotossínteses e a respiração pode ser dobrada com um aumento de 10° C (Burton, 1981). O processo pode até ser inibido em plantas não aclimatadas expostas às condições de altas temperaturas (Reynolds, 1990). Segundo Timlin et al. (2006) a diminuição da taxa fotossintética é provavelmente devido à baixa eficiência do fotossistema II, e também a menor atividade da rubisco, como já foi observado em outras culturas como algodão e trigo.

Wolf et al. (1990), estudando o efeito de temperaturas elevadas em algumas cultivares de batata, observaram que temperaturas até 38°C não ocasionaram redução na fotossíntese quando as plantas já vinham se desenvolvendo nessas condições anteriormente. Porém, temperaturas maiores que 40 a 42°C, ou a transferência de plantas de regimes de 22°C para 32°C, causaram redução significativa na fotossíntese líquida. Ficou comprovado que as altas temperaturas são associadas à diminuição da resistência do estômato, ao aumento da transpiração e à maior diferença entre a temperatura do ar e da folha. Estes autores chegaram à conclusão de que a cultura da batata pode ser adaptada a temperaturas relativamente altas e ter uma adequada taxa de fotossíntese. Observaram, ainda, diferenças entre as cultivares para a tolerância ao calor, com o clone CL-884 mostrando maior capacidade para realizar a fotossíntese em temperaturas acima de 40°C.

Reynolds et al. (1990) procuraram identificar os processos fisiológicos que prejudicam o desempenho da planta em ambientes estressantes. Os autores estudaram o desempenho de acessos de diferentes espécies do gênero *Solanum*, tolerantes e suscetíveis ao calor, em relação à fotossíntese, mostrando que a resposta varia significativamente entre as espécies. Seus dados sugerem ainda que as diferenças de sensibilidade, entre tolerantes e suscetíveis, são resultantes da senescência acelerada da parte aérea, perda de clorofila, redução na condutância estomática e inibição de reações enzimáticas sob altas temperaturas.

Um dado estresse ambiental pode induzir desequilíbrio metabólico na planta, afetando consideravelmente a produção de tubérculos. É sabido que as altas temperaturas aumentam a partição de matéria seca para a parte aérea em detrimento das raízes, dos estolões e dos tubérculos (Prange et al., 1990; Malik et al., 1992; Sarquís et al., 1996).

Uma das prováveis causas da menor produção em condições de calor é o menor acúmulo de fotossimilados, sendo a produção final de tubérculos

resultado da acumulação direta de fotoassimilados pelo processo de fotossíntese. No entanto, a redistribuição de fotoassimilados armazenados em outros órgãos da planta, principalmente folhas e hastes, tem importância considerável no enchimento dos tubérculos (Moorby, 1970).

Já se sabe que a temperatura noturna ótima é diferente da ótima diurna. Assim, tão importante quanto as temperaturas ideais, são as diferenças entre as do dia e da noite. Sabe-se que as altas temperaturas noturnas são ainda mais prejudiciais à cultura, pois podem impedir o início da tuberização e retardar o enchimento dos tubérculos, uma vez que aumentam a taxa de respiração e consomem as reservas produzidas durante o dia. Segundo Gregory (1956), tanto os aumentos na temperatura diurna como noturna acima dos níveis ideais, prejudicam o rendimento dos tubérculos, porém temperaturas noturnas mais elevadas parecem ser mais danosas à planta de batata.

Para o bom desenvolvimento da cultura se faz necessário um gradiente entre temperaturas diurnas e noturnas, sendo importante uma termoperiodicidade diária, com temperaturas diurnas amenas e noturnas mais baixas cerca de 10° C (Filgueira, 1999). A importância das temperaturas noturnas é indiscutível visto que a produção depende da quantidade de fotossimilados disponíveis para os tubérculos quando a respiração e o desenvolvimento da parte aérea são reduzidos (Silva, 2004).

Benoit et al. (1986), procuraram avaliar o efeito de diferenças nas temperaturas diurnas e noturnas, no crescimento da planta. Os autores trabalharam com temperaturas diurnas sempre maiores do que as noturnas e foram coletados dados da parte aérea e procurou isolar somente o efeito da temperatura. Neste trabalho foi observado que temperaturas noturnas elevadas prejudicam o desenvolvimento da planta, e em condições de temperaturas acima da ideal a fotossíntese líquida poderia ser totalmente consumida pela respiração.

Os efeitos adversos do estresse por altas temperaturas na planta de batata podem ser resumidos em crescimento acelerado, com menor partição de fotoassimilados para os tubérculos, fotossíntese reduzida e respiração aumentada, início da tuberização e crescimento de tubérculos inibidos, maior número de tubérculos com desordens fisiológicas, dormência dos tubérculos reduzida ou suprimida, teor de matéria seca pode ser reduzido e também o nível de glicoalcaloides pode ser elevado (Levy & Veilleux, 2007), além de aumentar a incidência de insetos pragas e certas doenças fúngicas como pinta preta (*Alternaria solani*) e rizoctoniose (*Rizoctonia solani*), e as podridões causadas por bactérias (*Pectobacterium*).

2.3 Melhoramento visando tolerância ao calor

As temperaturas elevadas e a utilização de cultivares não adaptadas a estas condições são fatores que causam perdas no cultivo da batata, desde a produção até a comercialização. Desta forma, para que a cadeia produtiva cresça se faz necessário o uso de cultivares adaptadas, visando aumentar a produtividade, diminuir o custo de produção e reduzir as perdas devido a desordens fisiológicas e morfológicas causadas pelo calor (Pinto & Benites, 2006).

Segundo Hall (1992), os mecanismos de tolerância ao calor ainda não estão bem elucidados, porém está relacionado ao desempenho de um genótipo em condições de altas temperaturas comparado ao seu desempenho em condições favoráveis, ou seja, quando se comparam genótipos em condições de estresse térmico, busca-se a resistência genética ao calor.

Levy & Veilleux (2007), comentam que a tolerância ao calor em batata envolve um crescimento vigoroso, início da tuberização e desenvolvimento concomitante, particionamento de carboidratos equilibrada do caule e tubérculos, e acúmulo de amido nos tubérculos.

Entre os mecanismos bioquímicos e fisiológicos relacionados com a tolerância ao calor destacam-se, a maior eficiência fotossintética em altas temperaturas, (Wolf, 1990) e também uma menor atividade da amilase e invertase, e ainda um menor acúmulo de amido nas folhas (Basu & Minhas, 1991).

Na literatura, são encontrados muitos métodos para realizar o melhoramento visando tolerância ao calor. O método mais utilizado consiste em avaliar clones avançados em condições de estresse e selecionar aqueles com produção superior às cultivares disponíveis, o que é denominado de medição direta da resistência (Hall & Ziska, 2000). Ainda há métodos que tem como base estudos fisiológicos para a seleção indireta, avaliação de genótipos sob condições controladas de casa de vegetação e auxílio da biologia molecular. Estudos de caracteres morfológicos têm sido desenvolvidos na tentativa de encontrar aqueles mais correlacionados com a tolerância ao calor. A variabilidade em caracteres morfológicos, em clones tolerantes e suscetíveis, sob condições controladas, foi considerada adequada à avaliação da tolerância ao calor (Morpurgo & Ortiz, 1988).

Segundo Levy & Veilleux (2007), vários procedimentos de triagem para a seleção de genótipos tolerantes ao calor têm sido empregados, principalmente nas gerações iniciais antes de avançar para os testes de campo. Sattelmacher (1983), em um experimento realizado em casa de vegetação, verificou a capacidade de tuberização de seedling sob altas temperaturas. Ele descobriu que seedlings que tuberizavam após três semanas nestas condições, mostravam alta produção no campo com 50 dias, porém uma tuberização tardia em seedlings estava associada com melhor produção no final do ciclo.

Levy (1984) avaliou seedlings para capacidade de tuberização sob altas temperaturas em casa de vegetação e alguns clones selecionados apresentaram bom desempenho em campo. Em outro experimento Levy et al. (1991), a partir

de uma população oriunda do cruzamento entre parentais tolerantes e sensíveis ao calor, realizaram seleção de genótipos tolerantes em duas etapas. Os autores primeiramente selecionaram seedlings sob condições de temperaturas elevadas, e posteriormente transferiram os seedlings para temperaturas amenas, para aumentar o número de seleções. Várias cultivares recomendadas para o clima quente de Israel tem sido lançadas a partir deste esquema de avaliações em casa de vegetação (Levy et al., 2001; Susnochi et al., 1987).

Os programas de melhoramento da batata usualmente empregam métodos de seleção que visam obter clones de adaptação ampla. Contudo, é comum a seleção de clones para ambientes favoráveis, que permite a maximização da variação genética (Byrne et al., 1995), bem como para ambientes desfavoráveis. Esta última tem grande importância para viabilizar a agricultura em áreas consideradas impróprias para o cultivo (Lambert, 2004).

Para Cecarelli et al. (1998), a maioria dos programas de melhoramento realiza a seleção sob condições favoráveis, ainda que o alvo sejam as condições desfavoráveis (estresse). Isto porque, nas condições favoráveis, o controle da variação ambiental é mais eficiente, fazendo com que sejam mais bem expressas as diferenças genéticas. Além do mais, os genótipos com altos potenciais produtivos, selecionados em condições ótimas, geralmente apresentam desempenho melhor do que os genótipos selecionados em condições adversas, não somente em condições favoráveis, mas também sob estresse moderado (Duvick, 1992).

Uma das estratégias possíveis para se obter genótipos resistentes ao calor seria a utilização de genótipos com maior ciclo vegetativo (Silva, 2004). Outras estratégias seriam a seleção de genótipos com maior eficiência fotossintética, quando submetidos às condições de estresse, e a seleção direta de genótipos com alta produção e partição de matéria seca. Esta última pode ser mais bem empregada utilizando os índices morfofisiológicos (Magalhães, 1979;

Radford, 1967), que agregam os valores de produção de matéria seca e a eficiência fotossintética da planta.

2.4 Ciclo vegetativo

As cultivares de batata são classificadas, segundo Griffith et al. (1984), dentro de três grupos de maturação: precoce, intermediário e tardio. Levy et al. (1991) mostraram que a tolerância ao calor está associada à precocidade, é controlada geneticamente e que genótipos tolerantes podem ser identificados em progênies de um genitor suscetível. Levy (1986) encontrou relação da precocidade de maturação de plantas com menores perdas de produção sob temperaturas elevadas, podendo ser a precocidade um mecanismo de escape ao estresse.

Segundo Griffith et al. (1984) as cultivares precoces são associadas com baixo rendimento no final de ciclo, enquanto cultivares de ciclo intermediário e tardio chegam a altas produções, em parte devido ao maior período no campo. Além disso cultivares com alta produção inicial mantêm esta condição até o final do ciclo vegetativo.

Levy & Veilleux (2007), comentam que existem diferença de potencial de rendimento entre as cultivares precoce e tardia em condições favoráveis de crescimento. As cultivares de ciclo precoce geralmente têm menor potencial de rendimento devido ao seu curto período de crescimento, enquanto que as cultivares de maturação tardia permanecem verdes por mais tempo e acumulam maior rendimento durante um período mais longo. Por conseguinte, a combinação de tolerância ao calor com maturação mais tardia é desejada, a fim de produzir rendimentos elevados de tubérculo em climas quentes. Tibbitts et al. (1992) também sugeriram que as cultivares de maturação tardia tinham maior potencial de rendimento.

No estudo realizado por Silva & Pinto (2005) para definir a magnitude de acúmulo diário de fotoassimilados nos tubérculos, foi levado em consideração a duração do ciclo vegetativo e a implicação da colheita antecipada sobre a produção de tubérculos por planta, a porcentagem de tubérculos graúdos e o peso específico de tubérculos. Quanto a produção de tubérculos por planta, verificou-se que os clones mais tardios são mais produtivos, tanto na colheita antecipada quanto na colheita de fim de ciclo vegetativo. Em geral, a porcentagem de tubérculos graúdos foi maior na colheita de fim de ciclo para a maioria dos clones estudados. O peso específico dos tubérculos apresentou-se ligeiramente maior para a situação de colheita de fim de ciclo. Diante destas observações, os autores concluíram que uma das estratégias possíveis para aumentar a produtividade da cultura da batata em regiões tropicais seria a seleção visando o aumento do ciclo vegetativo.

Há relatos na literatura de que a planta de batata no final do ciclo vegetativo promove uma remobilização de fotoassimilados (Moorby, 1970) e nitrogênio (Harris, 1983; Millard et al., 1989) da parte aérea para os tubérculos. Essa hipótese foi confirmada por Kooman & Rabbinge (1996), primeiramente porque se verificou que as cultivares precoces têm menor longevidade das folhas do que as cultivares tardias; em segundo lugar devido à variabilidade na longevidade individual das folhas nas cultivares tardias, ou seja, poucas folhas na parte aérea destas cultivares senescem cedo. Estes acontecimentos têm sido atribuídos à remobilização do nitrogênio para os tubérculos. Um terceiro argumento é de que o rápido crescimento da planta leva à diminuição da longevidade das folhas, causando redução do ciclo vegetativo. Com o rápido crescimento da planta os tubérculos também crescem rapidamente; por esta razão, necessitam de mais nitrogênio obtido da parte aérea, reduzindo, assim, a longevidade das folhas.

Uma característica importante relacionada à longevidade da parte aérea é o chamado *stay-green*, que refere-se a um atraso na senescência de um genótipo quando comparado com outro. Schittenheim et al. (2004) de uma maneira muito simples conceituaram plantas *stay-green* como sendo quaisquer plantas que apresentam tendência em manter as folhas verdes.

Existem cinco tipos de planta *stay-green* relatados por Thomas & Howarth (2000) e Thomas & Smart (1993), os quais têm como base a taxa fotossintética e o conteúdo de clorofila. A caracterização destes tipos é feita a partir do ponto de início da degradação de clorofila. O tipo A é caracterizado por atraso no início da degradação de clorofila e diminuição da capacidade fotossintética, mas em velocidade normal. No tipo B, ocorre o início da degradação da clorofila em tempo normal, mas a taxa de degradação da clorofila e a diminuição da capacidade fotossintética são menores quando comparadas à taxa padrão. Os tipos C, D e E de *stay-green*, relatados por Thomas & Howarth (2000), referem-se, respectivamente, à iniciação e velocidade normais da diminuição da capacidade fotossintética, mas sem degradação de clorofila; à parada brusca na capacidade fotossintética, mas sem degradação de clorofila; e ao aumento de conteúdo de clorofila, mas com iniciação e velocidade normais da diminuição da capacidade fotossintética.

A clorofila é um grupo de pigmentos fotossintéticos presente nos cloroplastos, responsável pela coloração verde das plantas. Conforme a quantidade de clorofila presente nas plantas diminui, as outras cores começam a aparecer, principalmente durante a senescência foliar. Existem na verdade dois tipos de clorofila, chamados a e b. Elas diferem muito pouco, apenas na composição de uma cadeia lateral (na clorofila a é $-\text{CH}_3$ e na b é $-\text{CHO}$), ambas são fotorreceptoras muito eficientes.

Os diferentes grupos laterais nas duas clorofilas sintonizam o espectro de absorção em diferentes comprimentos de onda. Logo estes dois tipos de

clorofilas complementam-se ao absorver a luz do sol. A clorofila absorve tão eficazmente a luz que consegue mascarar outras cores menos intensas. Algumas dessas cores mais delicadas (de moléculas como caroteno e quercetino) são reveladas quando a molécula de clorofila decai no outono, e as folhas ficam avermelhadas, laranjas e marrons.

Os teores de clorofila total foliar, frequentemente, têm sido utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas e as avaliações individuais das clorofilas a e b, revelam a ligação direta com absorção e transferência de energia pelo aparato fotossintético. Enquanto a clorofila a participa diretamente da etapa fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético – transferência de energia), a clorofila b, carotenóides e as ficobilinas que, conjuntamente, constituem os chamados pigmentos acessórios, auxilia na absorção de luz (Taiz & Zeiger, 2009).

2.5 Melhoramento para duração de ciclo vegetativo

Nas condições tropicais ocorre um encurtamento do ciclo vegetativo por causa do fotoperíodo menor, e com isso uma menor produção em relação aos cultivos realizados em condições temperadas devido a um menor acúmulo de fotoassimilados por dia. Uma estratégia que vem chamando a atenção dos pesquisadores envolvidos nesta área é a avaliação de genótipos de ciclo longo em relação a precoces para aumentar a produção.

Geralmente há um consenso entre os produtores de preferir variedades mais precoces, e é justificável, pois devido ao investimento colocado na cultura o agricultor quer ter o retorno de seu capital o mais rápido possível. Porém Silva & Pinto 2005, mostraram que genótipos de ciclo longo foram mais produtivos que os precoces em colheita antecipada, podendo ser colhidos aos 100 dias sem perdas na matéria seca.

Nesta mesma linha de raciocínio Silva et al. (2009), trabalhando com quatro clones e realizando oito colheitas, estudaram os processos de crescimento, tuberização e partição de matéria seca utilizando de caracteres morfofisiológicos. Os autores verificaram que a maior produção dos clones de ciclo longo foi devido à maior produção e duração da área foliar fotossinteticamente ativa o que possibilitou maior velocidade de tuberização ao longo do período de enchimento dos tubérculos. Os autores ainda relataram que devido a um maior período para enchimento dos tubérculos ser prolongado, os clones de ciclo longo obtêm maior produção ao final do ciclo e que há uma tendência de stay-green para os clones de ciclo longo.

Rodrigues et al. (2010) 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 avaliadas, individualmente, a produção de tubérculos e o ciclo vegetativo de 1.561 genótipos de 22 famílias de irmãos germanos, no segundo avaliaram-se as mesmas características de 320 genótipos selecionados para ciclo vegetativo precoce, intermediário e longo. Os autores concluíram que de modo geral, os genótipos de ciclo longo foram mais produtivos que os genótipos mais precoces, e que a seleção individual foi mais eficiente que a seleção de famílias.

Segundo Keulen & Stol (1995), maiores produtividades podem ser obtidas com períodos mais longos de manutenção da folhagem verde, as quais poderiam ser alcançadas com a adaptação as condições tropicais. Existe potencial para o melhoramento combinando ciclo vegetativo e elevada alocação de fotoassimilados para os tubérculos, levando a uma maior produção.

2.6 Índices morfofisiológicos

Os índices morfofisiológicos possibilitam a análise quantitativa do crescimento vegetal e foram desenvolvidos por fitofisiólogos ingleses (Blackman, 1968; Blackman, 1919; Briggs et al., 1920; Watson, 1952). A partir do uso destes índices é possível avaliar a produção líquida por planta com base no desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo (Magalhães, 1979).

Para que se possa realizar a análise de crescimento são necessários dois parâmetros: o total de matéria seca por planta (W) e o total de área foliar na planta (A). No caso de a planta formar uma cobertura sobre o solo os dois parâmetros serão medidos por unidade de área de solo, sendo o total de área foliar da planta por unidade de área de solo denominado de índice de área foliar (IAF) (Radford, 1967). De modo geral os conceitos de W e A são a quantificação do material vegetal presente e a quantificação do sistema assimilatório do material vegetal, respectivamente (Radford, 1967). Os estimadores dos índices morfofisiológicos mais utilizados na análise de crescimento são:

a) taxa de crescimento da cultura (TCC), em um instante de tempo (t) - definida como sendo o incremento de material vegetal por unidade de tempo:

$$TCC = \frac{dW}{dt}$$

b) taxa de crescimento relativo da planta (TCR) em um instante de tempo (t) - definida como o incremento de material vegetal por unidade de tempo:

$$TCR = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} (\ln W)$$

c) taxa assimilatória líquida da planta (TAL) em um instante de tempo (t) - definida como sendo o incremento do material vegetal por unidade de material assimilado por unidade de tempo:

$$TAL = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$

d) razão de área foliar da planta (RAF) em um instante de tempo - definida como a taxa de material assimilado por unidade de material vegetal presente:

$$RAF = \frac{A}{W}$$

ou então:

$$RAF = \frac{LW}{W LW} A$$

Pode-se verificar que as expressões de TCR, TAL e RAF são interrelacionadas. Em um determinado instante de tempo, tem-se:

$$TCR = TAL \times RAF.$$

Na prática não se faz o uso destes índices morfofisiológicos em tempos pontuais, ou colheitas, separadamente. O que tem sido feito é calcular a média desses índices entre sucessivas colheitas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e material experimental

Este trabalho foi conduzido em duas safras distintas. A primeira realizou-se na safra de inverno de 2008 e a segunda na safra das águas de 2009. Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), cuja altitude é de 910 metros acima do nível do mar e suas coordenadas geográficas são de 21° 58' de latitude sul e 45° 22' de longitude oeste. O clima da região é caracterizado por temperatura anual média de 19,4°C, precipitação total anual média de 1529,7 mm e umidade relativa do ar média anual de 76,2%.

Foram utilizados 10 clones do programa de melhoramento genético de batata do DBI-UFLA tolerantes ao calor, sendo seis de ciclo longo (mais de 100 dias) e quatro de ciclo curto (aproximadamente 100 dias). Como testemunhas foram utilizadas três cultivares comerciais não tolerantes ao calor sendo Ágata e Monalisa de ciclo curto e Markies de ciclo longo.

3.2 Condução dos experimentos

Em cada safra foram efetuadas cinco épocas de colheitas, realizadas aos 50, 70, 90, 110 dias após o plantio (DAP) e a última após a completa morte da parte aérea e que foi realizada aos 130 DAP na safra de inverno e aos 120 DAP na safra das águas. Cada uma das cinco épocas de colheitas foi considerada como um experimento, com delineamento de blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais constituíram de três plantas espaçadas de 0,30 m e 0,80 m entre linhas. Entre as parcelas experimentais foi plantado um tubérculo da cultivar Asterix, que possui a película avermelhada, com a finalidade de evitar a mistura de parcelas durante a colheita.

O preparo do solo foi realizado com aração seguida de gradagem, e posteriormente o sulcamento da área juntamente com a adubação de plantio de 1500 kg/ha do formulado comercial 8-28-16 (N, P₂O₅, K₂O). Trinta dias após o plantio foi realizada a adubação de cobertura com sulfato de amônio, sendo utilizados 300 kg/ha, seguida da operação de amontoa. O controle de pragas e doenças e os tratos culturais foram realizados conforme as práticas adotadas na produção comercial de batatas na região. O manejo da irrigação foi conduzido com um turno de rega fixo semanal, desde o plantio e sendo suspenso após a senescência da parte aérea.

3.3 Características avaliadas

Foram avaliadas em cada época de colheita as seguintes características:

- a) Ciclo vegetativo: número de dias do plantio à senescência natural da parte aérea, considerando a data em que duas das plantas constituintes da parcela estavam em completa senescência;
- b) Produção de tubérculos (g planta⁻¹): produção de tubérculos dividida pelo número de plantas da parcela;
- c) Porcentagem de matéria seca dos tubérculos (%): obtida com base no peso fresco e no peso dos tubérculos secos em estufa a 60° C, através da simples relação entre as massas;
- d) Taxa de crescimento dos tubérculos (g planta⁻¹ dia⁻¹): para cada época de colheita foi estimada conforme a equação:

$$T_i = \frac{R_i - R_{i-1}}{DAF_i - DAF_{i-1}}$$

Em que:

T_i : é a taxa de crescimento dos tubérculos observada, referente à época de colheita i ;

P_i : é a produção de tubérculos referente à época de colheita i ;

DAP_i : é o número de dias após o plantio referente à época de colheita i .

e) Matéria seca da parte aérea (g 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;

f) Partição de matéria seca para os tubérculos (%): é a relação entre a matéria seca particionada para os tubérculos e a matéria seca total da planta;

g) Teor de clorofila total, clorofila a e clorofila b do terço superior da planta ($\text{mg g de matéria fresca foliar}^{-1}$): determinados através do método proposto por Arnon (1949), sendo coletada uma folha do terço superior de cada planta da parcela. Utilizou-se a determinação da absorbância das amostras com base nas leituras espectrofotométricas, a 663 e 645 nm, respectivamente para clorofilas a e b. Em seguida, procedeu-se a quantificação e os cálculos de mg de clorofila por g de matéria fresca do tecido foliar da parte aérea, a partir das equações:

$$\text{Clo a} = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) (V/1000P),$$

$$\text{Clo b} = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) (V/1000P) \text{ e}$$

$$\text{Clo total} = \text{Clo a} + \text{Clo b}.$$

Em que:

A: é a absorvância dos extratos no comprimento de onda determinado;

V: é o volume final do extrato clorofila-acetona;

P: matéria fresca em g do material vegetal da parte aérea.

h) Taxa de crescimento médio da cultura ($\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$): para cada época de colheita foi estimada conforme a equação:

$$TCC = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Em que:

TCC: é a taxa de crescimento médio da cultura;

W_i : matéria seca total da planta na época de colheita i ;

t_i : tempo em dias referente a época de colheita i .

3.4 Análises estatísticas

Para cada colheita foi realizada uma análise de variância, considerando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m + b_j + g_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é o valor observado referente ao genótipo i na repetição j

m é o efeito fixo da média geral do experimento

g_i é o efeito fixo do genótipo i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 13$

b_j é o efeito aleatório da repetição j , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

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

Em cada safra foi feita uma análise de variância, considerando as cinco épocas de colheita. Esta análise seguiu o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + b_{j(k)} + g_i + c_k + gc_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} é o valor observado referente ao genótipo i , na colheita k na repetição j ;

m é o efeito fixo da média geral do experimento

g_i é o efeito fixo do genótipo i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 13$

$b_{j(k)}$ é o efeito aleatório da repetição j dentro da época de colheita k , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

c_k é o efeito fixo da época de colheita k , sendo $k = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

gc_{ik} é o efeito da interação entre o genótipo i com a época de colheita k ;

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

Foi realizada uma análise de variância conjunta, para as duas safras, considerando todas as épocas de colheita. Para a análise de variância foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = m + g_i + b_{j(k)} + c_k + s_l + gc_{ik} + gs_{il} + cs_{kl} + gcs_{ikl} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} é o valor observado referente à safra l, na colheita k na repetição j, no genótipo i;

m é o efeito fixo da média geral do experimento

g_i é o efeito fixo do genótipo i, sendo $i = 1, 2, 3, \dots, 13$

$b_{j(k)}$ é o efeito aleatório da repetição j dentro da época de colheita k, sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

c_k é o efeito fixo da época de colheita k, sendo $k = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

s_l é o efeito aleatório de safra, sendo $l = 1$ e 2 ;

gc_{jk} é o efeito da interação entre o genótipo i com a época de colheita k;

gs_{il} é o efeito da interação entre o genótipo i e a safra l

cs_{kl} é o efeito da interação entre a época de colheita k e a safra l

gcs_{ikl} é o efeito da interação entre o genótipo i e a época de colheita k e a safra l

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

Também foi realizada uma análise de variância conjunta do experimento da safra de inverno e do experimento da safra das águas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas e ciclo vegetativo

O primeiro experimento foi plantado em 22/05/2008. No período entre o plantio e a última colheita a temperatura média do ar ficou próxima aos 18° C, com máximas que se mantiveram em torno de 26° C e mínimas ao redor de 10° C (FIGURA 1 A). Observa-se que durante a condução deste experimento as temperaturas estiveram próximas das ideais para a cultura da batata, que está entre 14 e 22° C (Driver & Hawkes, 1943; Yamaguchi et al., 1964; Marinus & Bodlaender, 1975; Sands et al., 1979).

O experimento conduzido na safra das águas foi plantado no dia 15/09/2009, sendo observadas temperaturas bem superiores às do experimento anterior. A temperatura média durante a condução do experimento esteve ao redor dos 22° C, com máxima média em torno de 29° C com picos que chegaram próximos a 35° C. A mínima média foi de 17° C (FIGURA 1 B). Como podem ser observadas, as temperaturas neste período já não foram tão favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Ao se analisar as condições de temperatura de ambos os experimentos verificou-se um aumento de cerca de 4° C nas médias, além da elevação dos valores de máxima e mínima (FIGURA 1), também nota-se uma menor amplitude térmica na safra das águas. Além do aumento na temperatura a pressão de patógenos e pragas também foi maior neste período. Khedher & Ewing (1985), Marinus & Bodlaender (1975), Dam et al. (1996), Gawronska et al. (1992) verificaram que temperaturas acima de 18-20° C, além de estimular o desenvolvimento das hastes, afetaram o início da tuberização e o acúmulo de matéria seca.

Com relação ao ciclo vegetativo verificou-se que na safra de inverno todos os genótipos apresentaram ciclo vegetativo superior a 100 DAP, sendo que

a média para os genótipos de ciclo longo foi de 120 DAP e para os de ciclo curto 105 DAP (TABELA 1). Na safra das águas observou-se uma redução de 15 dias para o grupo de genótipos de ciclo longo. O clone CBM 22-19, por exemplo, foi o que apresentou maior redução de ciclo, aproximadamente 21 dias (TABELA 1). Já os genótipos de ciclo curto apresentaram uma redução média de 6 dias (TABELA 1). O clone que teve a menor redução de ciclo foi o PRM 490, que reduziu apenas 2 dias (TABELA 1). Esta redução no ciclo vegetativo da planta de batata sob condições de temperaturas elevadas, já foi relatado na literatura (Marinus & Bodlaender, 1975; Menzel, 1985; Fleisher et al., 2006), e se deve principalmente ao aumento da taxa de senescência foliar.

Na safra das águas não ocorreu diferenças significativas na duração do ciclo vegetativo dos genótipos (TABELA 1), embora a média para os clones de ciclo longo tenha sido de 105,7 DAP e para os clones de ciclo curto 99,2 DAP.

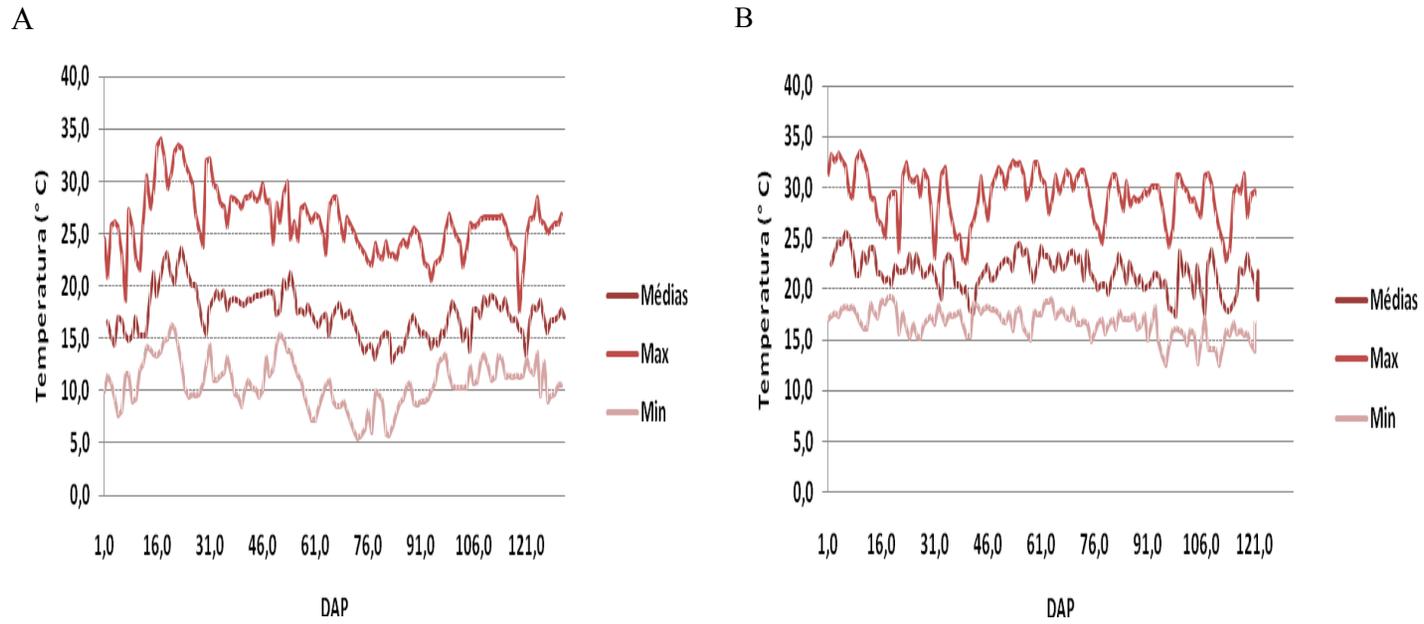


FIGURA 1 Temperaturas médias, máximas e mínimas ocorridas durante o ciclo vegetativo da cultura. A – Safra de inverno B – Safra das águas - Lavras 2008 e 2009.

TABELA 1 Médias dos clones e das testemunhas para ciclo vegetativo nas safras de inverno e das águas.

Clones	Dias Após Plantio (DAP)	
	Inverno (2008)	Águas (2009)
CBM 02-03	119,3 a ¹	108,0 a ¹
CBM 04-48	113,3 a	102,3 a
CBM 07-78	117,7 a	105,7 a
CBM 18-11	119,3 a	106,0 a
CBM 19-11	121,7 a	106,0 a
CBM 22-19	127,7 a	106,3 a
Markies	120,3 a	105,7 a
CBM 16-16	108,3 b	101,7 a
CBM 19-39	106,7 b	99,7 a
SR1 04-04	104,3 b	99,0 a
PRM 490	101,0 b	99,0 a
Monalisa	101,3 b	99,0 a
Agata	108,3 b	97,7 a

^{1/} Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade.

4.2 Análises estatísticas

Os clones dentro de cada grupo (ciclo curto e ciclo longo), assim como as testemunhas em seus respectivos grupos mostraram comportamentos semelhantes, de modo que não serão apresentados resultados para os genótipos individualmente.

O resumo das análises de variâncias das duas safras, assim como a análise conjunta, para todas as características avaliadas encontram-se nas TABELA 2, 3 e 4 respectivamente. A análise conjunta das características que envolviam a parte aérea foi realizada até a colheita realizada aos 110 dias, devido à completa senescência de todos os clones de ciclo curto após esta.

Na safra de inverno, para a fonte de variação colheitas todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade pelo teste de F (TABELA 2), e reflete o crescimento e desenvolvimento das plantas. Também houve diferenças significativas entre os genótipos para todas as características avaliadas (TABELA 2). A interação genótipos X colheitas não apresentou diferença significativa apenas para matéria seca de tubérculos (TABELA 2), isto provavelmente se deve ao fato de a porcentagem de matéria seca se manter praticamente constante nas duas últimas colheitas.

O desdobramento dos graus de liberdade de genótipos revelou que entre os grupos (clones de ciclo curto, clones de ciclo longo, testemunhas de ciclo curto e testemunha tardia), houve diferenças significativas apenas para produção de tubérculos, matéria seca da parte aérea e para matéria seca de tubérculos. Para interação colheitas X grupos as diferenças significativas foram observadas apenas para matéria seca da parte aérea e para partição de matéria seca para os tubérculos (TABELA 2).

A TABELA 3 apresenta o resumo das análises de variâncias da safra das águas, para todas as características avaliadas. Assim como na safra anterior,

para a fonte de variação colheitas, todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas no nível de 1% de probabilidade pelo teste F (TABELA 3). Ao se analisar os genótipos verificou-se que eles diferenciaram entre si para todas as características. Para a interação genótipos X colheitas apenas não se observou diferença significativa para as características referentes aos teores de clorofila.

Para as características teor de clorofila a, teor de clorofila b e teor de clorofila total, não ocorreram diferenças significativas entre os grupos. Já para as demais características houve diferenças significativas (TABELA 3). Para fonte de variação colheita x grupos, que representa o comportamento dos grupos ao longo de seus ciclos vegetativos, apenas houve diferença significativa para produção por planta e matéria seca da parte aérea.

Na análise conjunta, para a fonte de variação safras observou-se diferenças significativas no nível de 1% pelo teste de F para todas as características (TABELA 4). Isto já era esperado visto que as condições de condução do experimento nas duas safras foram bem distintas, principalmente no que se refere às temperaturas. Também foi observada diferença significativa no nível de 1% para todas as características para as fontes de variação colheitas, que como já mencionado anteriormente, foi devido ao desenvolvimento da planta, e para a interação colheitas X safras, ou seja, o comportamento mostrado nas colheitas diferiu nas duas safras indicando que as plantas se desenvolveram de maneira diferente nas duas condições de cultivo (TABELA 4).

Para a interação genótipos X safra, foram verificadas diferenças significativas para todas as características avaliadas, exceto para o teor de clorofila a. Menezes et al. (1999), trabalhando com dois grupos de genótipos, na safra de inverno e das águas, também encontrou diferenças significativas para interação genótipo X Safra. Já nas fontes de variação genótipos e genótipos X

colheitas houve diferença significativa no nível de 1% pelo teste de F para todas as características (TABELA 4).

Para a interação tripla genótipos X colheitas X safras, que representa o desempenho dos genótipos nas diferentes colheitas nas duas safras, só não foi observado diferenças significativas para os teores de clorofila (TABELA 4). Para as demais características os genótipos comportaram de maneira diferente em todas as colheitas realizadas nos dois experimentos.

Apenas não houve diferenças significativas entre os grupos para os teores de clorofila a, b e total. O mesmo comportamento foi observado para as interações colheitas X grupos e safras X grupos (TABELA 4). O resultado da interação safra X grupo indica que os grupos de genótipos avaliados não apresentaram o mesmo comportamento nas duas safras. Na interação tripla grupos X colheitas X safras, que representa a diferença entre os grupos nas colheitas das duas safras, somente foi observada diferença significativa para a matéria seca da parte aérea e para a partição da matéria seca para os tubérculos (TABELA 4).

Alguns destes resultados apresentados na TABELA 4 são facilmente entendidos analisando separadamente o comportamento de cada grupo em cada uma das características avaliadas nas diferentes safras.

Para todas as características avaliadas foram feitas análises de regressão (FIGURAS 2 a 10), de maneira a discriminar os comportamentos dos grupos de clones e das testemunhas ao longo do ciclo vegetativo.

TABELA 2 Resumo das análises conjuntas de variâncias para teor de clorofila a, clorofila b, clorofila total, produção de tubérculos por planta, matéria seca de parte aérea, matéria seca dos tuberculos e partição de matéria seca para os tubérculos, na safra de inverno - Lavras 2008.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Clor. a (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. b (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. Total (mg g massa fresca ⁻¹)	Produção (g planta ⁻¹)	M. S. Parte aérea (g planta ⁻¹)	M. S. Tuberculos (%)	Partição para os tubérculos M.S. (%)
Colheitas	4	26,2202**	79,0443**	195,6644**	3348126,09**	3558,0958**	357,1264**	1,3977**
Blocos /Colheitas	10	1,0132**	1,3126	4,2820	35553,24	10,5015	6,1967	0,0011
Genótipos	12	0,7483*	2,7253*	6,2927*	860749,04**	137,0152**	54,8691**	0,0113*
GenótiposXColheitas	48	0,5354*	1,8577*	4,3471*	68116,31**	103,9841**	9,3344	0,0083**
Erro	150	0,2919	0,9971	2,3349	29227,50	33,5231	8,7915	0,0038
C.V.		49,78	49,03	48,94	23,85	49,46	15,23	7,66

TABELA 3 Resumo das análises conjuntas de variâncias para teor de clorofila a, clorofila b, clorofila total, produção de tubérculos por planta, matéria seca de parte aérea, matéria seca dos tubérculos e partição de matéria seca para os tubérculos, na safra das águas – Lavras 2009.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Clor. a (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. b (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. Total (mg g massa fresca ⁻¹)	Produção (g planta ⁻¹)	M. S. Parte aérea (g planta ⁻¹)	M. S. Tuberculos (%)	Partição para os tubérculos M.S. (%)
Colheitas	4	56,6398**	185,6852**	447,4315**	1499485,96**	21865,3420**	201,6162**	3,2184**
Blocos /Colheitas	10	0,2064	0,6783	1,6331	23830,81	203,8088	6,3902	0,0088
Genótipos	12	0,3543*	1,1611*	2,7983*	175695,94*	1147,6836**	31,8166**	0,1221**
GenótiposXColheitas	48	0,2412	0,7910	1,9059	40936,84**	683,9225**	9,1078**	0,0359**
Erro	120	0,1872	0,6142	1,4798	17368,31	231,2850	5,0802	0,0094
C.V.		33,14	33,15	33,14	30,38	62,98	15,07	13,78

TABELA 4 Resumo das análise conjuntas de variâncias referente aos experimentos das duas safras, para teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total, produção de tubérculos por planta, matéria seca de parte aérea, matéria seca dos tubérculos e partição de matéria seca para os tubérculos. Lavras 2008 e 2009.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Clor. a (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. b (mg g massa fresca ⁻¹)	Clor. Total (mg g massa fresca ⁻¹)	Produção (g planta ⁻¹)	M. S. Parte aérea (g planta ⁻¹)	M. S. Tuberculos (%)	Partição para os tubérculos M.S. (%)
Safras	1	4,0592**	8,0225**	23,4944**	9308619,97**	15911,6475**	2286,1246**	1,3389**
Colheitas	4	78,8061**	245,6116**	602,4053**	4209734,69**	12428,0402**	488,4059**	4,2191**
ColheitasXSafras	4	5,2706**	23,3835**	50,7613**	323587,08**	13727,6874**	40,3076**	0,4950**
Blocos / Colheitas /Safras	20	0,6098**	0,9954	2,9575	29692,03	107,1551	6,2934	0,0050
Genótipos	12	0,6571**	2,1326**	5,1390**	655237,94**	334,1038**	62,9021**	0,0742**
GenótiposXColheita	48	0,5009**	1,7276**	4,0711**	57353,83**	484,1225**	12,8783**	0,0203**
GenótiposX Safra	12	0,4088	1,5674*	3,5637*	337530,96**	985,0954**	23,2871**	0,0721**
GenótiposXColheitasX Safras	48	0,2682	0,9002	2,1326	50146,81**	338,8023**	6,5355	0,0249**
Erro	270	0,2454	0,8269	1,9548	24106,49	121,4173	7,1889	0,0062
C.V.		41,71	41,55	41,41	26,41	63,03	15,40	10,39

4.3 Teores de clorofila

Os teores de clorofila a, b e total foram crescentes nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas, na safra de inverno. Os valores máximos ocorreram em média aos 66,5 DAP para clones de ciclo curto e 69,2 DAP para os de ciclo longo (FIGURAS 2 A, 3 A e 4 A), e indicam o início da senescência fisiológica das plantas. Esta diferença de apenas 2,7 dias contrasta com os resultados de Silva et al. (2009), que observaram uma diferença de aproximadamente 29 dias no início da senescência entre os clones de ciclo curto e longo. Neste trabalho os autores trabalharam com dois clones de ciclo norma e dois de ciclo longo. Esses autores verificaram que o início da senescência dos clones de ciclo curto ocorreu muito precocemente aos 35 DAP, o que contribui para a grande diferença em relação aos clones de ciclo longo. Outro fato que também pode ter contribuído para esta diferença, é que o presente experimento foi conduzido em condições de temperatura mais favoráveis, que as relatadas por Silva et al. (2009).

Praticamente não houve diferença entre os grupos de clones para o início da senescência, porém a velocidade de degradação da clorofila dos clones de ciclo longo ocorreu mais lentamente que nos clones de ciclo curto (FIGURAS 2, 3 e 4). Assim fica caracterizado o *stay-green* do tipo B (Thomas & Howarth, 2000) que os clones de ciclo longo possuem em relação aos de ciclo curto.

Com relação ao comportamento das cultivares testemunhas para os teores de clorofila a, b e total, ainda na safra de inverno, observou que as de ciclo curto apresentaram o seu máximo em média aos 66, 8 DAP, mesma época encontrada para os clones de ciclo curto. Porém os valores encontrados foram inferiores ao dos clones. Já a testemunha de ciclo longo apresentou uma curva decrescente para todos os três teores de clorofila, sendo o máximo médio encontrado aos 44, 3 DAP (FIGURA 2 A, 3 A e 4 A).

Nas FIGURAS 2B, 3B e 4B estão representados os comportamentos dos grupos com relação aos teores de clorofila a, b e total. Na safra das águas. Observa-se que os teores de clorofila para os grupos de clones apresentaram um comportamento semelhante, sendo estes decrescentes. Os máximos médios ocorreram aos 49 e 52 DAP para os clones de ciclo curto e longo respectivamente, mais uma vez confirmando o maior potencial fotossintético dos clones de ciclo longo.

Chamou a atenção principalmente, o comportamento da testemunha de ciclo longo, que apresentou os teores de clorofila crescentes até próximo à segunda colheita, atingindo seu máximo aos 67 DAP, sendo este 12 dias após o dos clones de ciclo longo, demonstrando um potencial fotossintético ainda maior. Os teores de clorofila a, b e total encontrado nesta testemunha foram superiores aos encontrados nos demais grupos. Já as testemunhas de ciclo curto apresentaram teores decrescentes e suas médias foram as menores entre todos os grupos.

Comparando os teores de clorofila da safra de inverno (FIGURA 2A, 3A e 4A) com os da safra das águas (FIGURAS 2B, 3B e 4B), verificam-se valores maiores na safra das águas, provavelmente devido a um maior desenvolvimento vegetativo. O ciclo vegetativo na safra das águas foi reduzido em aproximadamente 15 dias para os genótipos de ciclo longo e 6 dias para os de ciclo curto. Estes resultados confirmam o que foi relatado por Marinus & Bodlaender (1975), que trabalhando com 6 espécies de *Solanum demissum*, em casa de vegetação observaram uma redução no ciclo vegetativo quando os genótipos foram submetidos a condições de calor.

A maior durabilidade da área fotossinteticamente ativa é responsável pela ampliação do período de enchimento dos tubérculos (Kooman & Rabbinge, 1996). Pelos dados apresentados na TABELA 1 e nas FIGURAS 2, 3 e 4 verifica-se que não há uma relação entre o início da senescência e o ciclo

vegetativo. Alguns genótipos tiveram sua senescência foliar precoce e seu ciclo não foi afetado, sendo este superior ao de genótipos com senescência mais tardia.

Na safra de inverno os clones de ciclo longo diferenciaram mais dos de ciclo curto e das cultivares testemunhas, mostrando valores superiores para os teores de clorofila a, b e total durante praticamente todo o ciclo (FIGURA 2A, 3A e 4A). O desempenho das testemunhas nesta safra não foi expressivo. Já na safra das águas o destaque se deu novamente para materiais de ciclo longo, porém foi a testemunha tardia que se mostrou superior ao restante dos genótipos, tendo os grupos de clones comportamento muito semelhante (FIGURAS 2B, 3B e 4B).

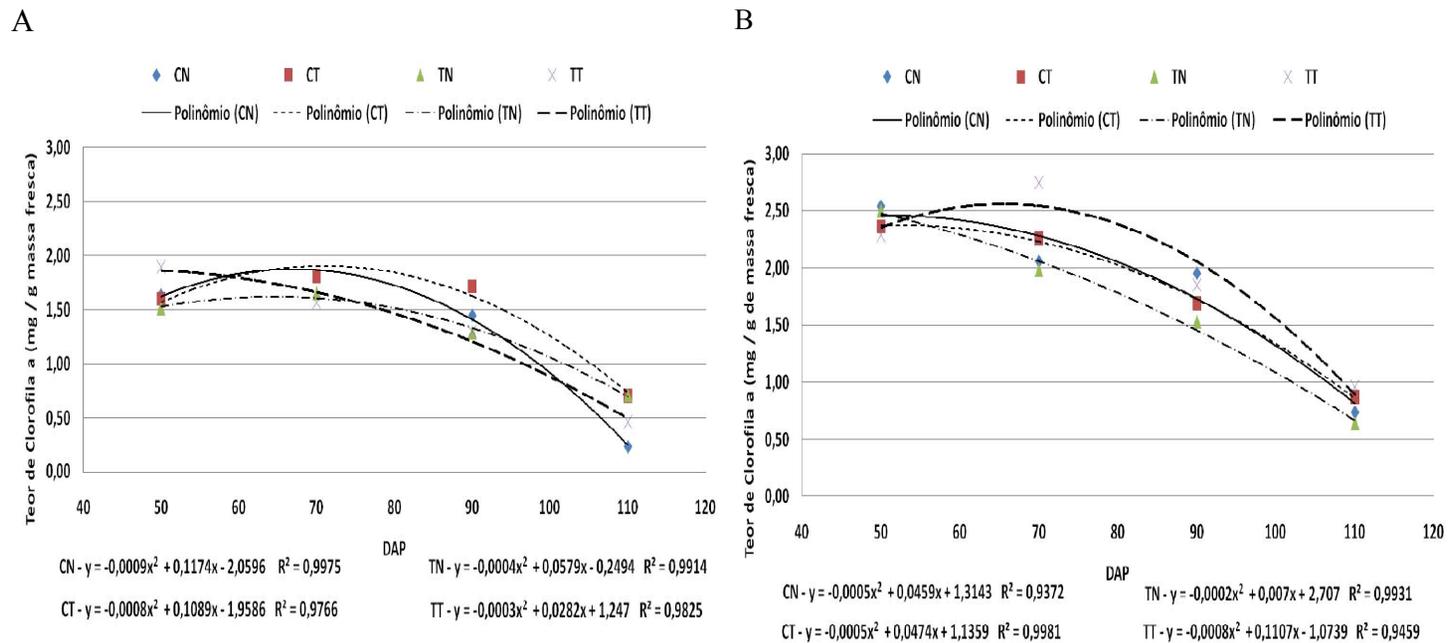


FIGURA 2 Teor de clorofila a para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

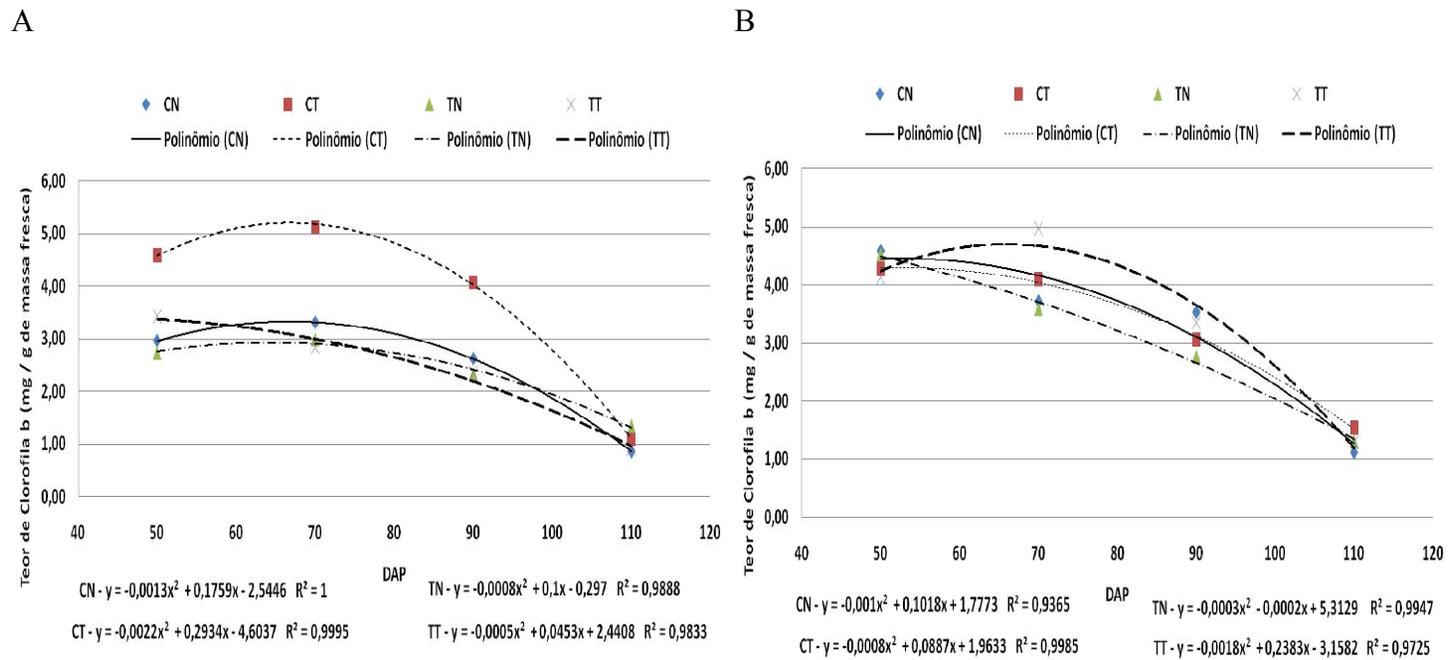


FIGURA 3 Teor de clorofila b para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio. TN – testemunhas de ciclo normal e TT – testemunha de ciclo tardio).

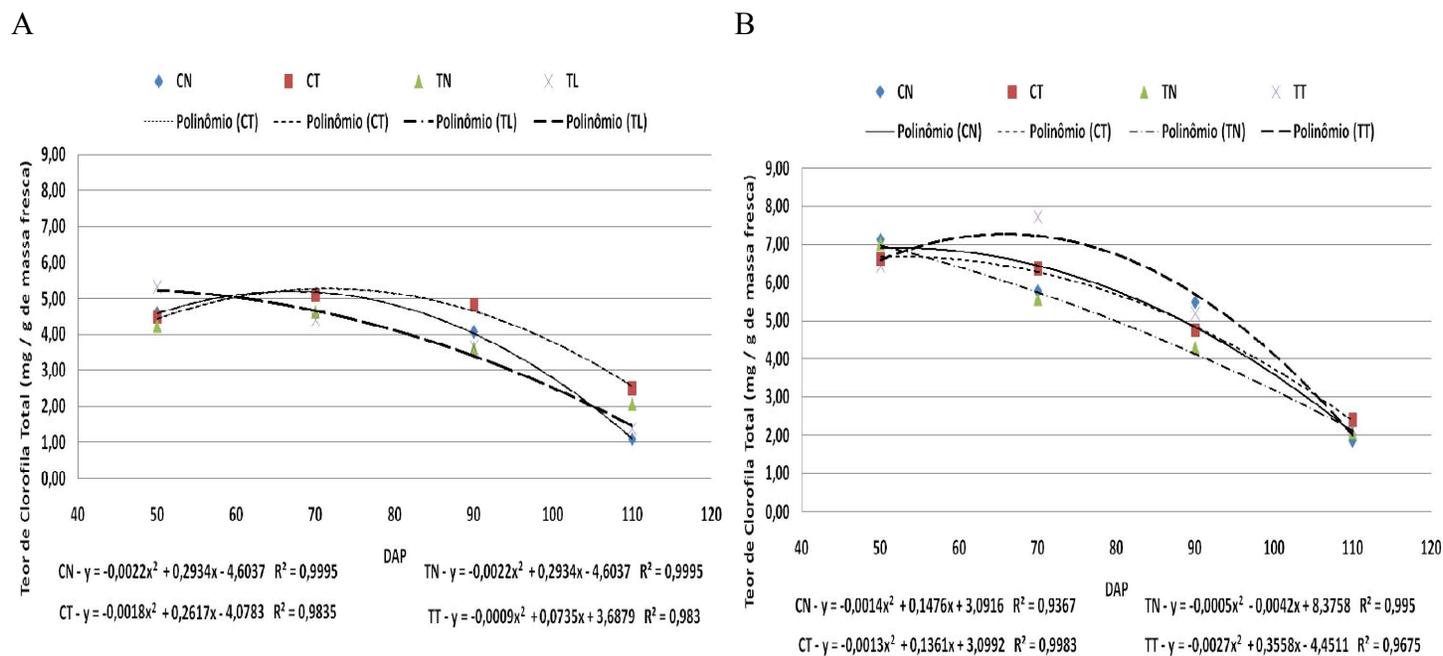


FIGURA 4 Teor de clorofila total para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT – testemunha de ciclo tardio).

4.4 Características que envolvem a parte aérea

A taxa de crescimento da cultura mede a capacidade da planta em produzir material novo, ou seja, o quanto de matéria seca é produzido em relação ao que já existe (Radford, 1976), incluindo parte aérea e tubérculos. Observa-se que na safra de inverno, os clones de ciclo longo foram superiores aos demais grupos praticamente durante todo o ciclo (FIGURA 5 A). Os valores máximos atingidos pelos clones ocorreram aos 69 e 60 DAP para os clones de ciclo curto e longo respectivamente. Estes picos no crescimento dos clones foram mais tardios que o encontrado nas testemunhas, sendo de 39 e 45 DAP para as de ciclo curto e longo respectivamente.

Ao se estabelecer uma relação da taxa de crescimento com a produção, observa-se que na parte final do ciclo estas características estão ligadas, e nota-se que os materiais de ciclo mais longo apresentam uma tendência de prolongamento de valores positivos para esta taxa, o que corresponde dizer que prolongam o tempo de enchimento dos tubérculos.

Ainda na safra de inverno ao se analisar o comportamento das testemunhas de ciclo curto, constata-se que estas foram a que apresentaram menor crescimento. Este grupo foi superado pelos grupos de clones e também pela testemunha de ciclo longo (FIGURA 5 A).

Na safra das águas a taxa de crescimento da cultura discriminou os grupos de ciclo longo dos grupos de ciclo curto, ou seja, clones e testemunhas de ciclo semelhante apresentaram o mesmo comportamento (FIGURA 5 B). Tanto os clones como as testemunhas de ciclo longo apresentaram valores superiores aos outros grupos durante praticamente todo o ciclo, atingindo o maior desenvolvimento aos 74 e 75 DAP para os clones e testemunhas respectivamente, mostrando assim um grande potencial em produzir material

novo na planta. Os genótipos de ciclo curto obtiveram seu desempenho máximo aos 71 e 69 DAP para os clones e testemunhas respectivamente.

Com relação ao comportamento dos genótipos para a taxa de crescimento da cultura, na safra das águas, o que se observa é que os genótipos de ciclo curto investiram mais tempo com o crescimento da parte aérea, enquanto os genótipos de ciclo longo investiram mais tempo em tuberizar. Pela FIGURA 5B, nota-se que os genótipos de ciclo longo atingiram seu máximo e logo reduziram seus valores. Já os genótipos de ciclo curto levaram mais tempo para atingir o máximo, em média aos 70 DAP, e só começaram a reduzir seus valores próximos aos 80 DAP (FIGURA 5B).

A taxa de crescimento da cultura foi mais prolongada na safra de inverno (FIGURA 5 A), enquanto que na safra das águas o crescimento desta taxa ocorreu mais tardiamente e durante um período de tempo menor (FIGURA 5 B). O auge do crescimento na safra das águas sofreu uma defasagem em relação à safra de inverno. Os clones de ciclo longo se destacaram em ambas as safras apresentando valores superiores aos demais grupos, embora na safra com temperaturas mais altas, a testemunha de ciclo longo tenha tido desempenho semelhante.

A matéria seca total da parte aérea representa o desenvolvimento vegetativo da planta ao longo do ciclo. O máximo desenvolvimento atingido, durante a safra de inverno foi aos 67, 4 e 43,9 DAP para os clones de ciclo normais e longo respectivamente (FIGURA 6 A). A partir daí houve um decréscimo de matéria seca.

Os clones de ciclo longo alcançaram o máximo de matéria seca da parte aérea precocemente e foram superiores aos demais grupos, mostrando uma tendência de rápido desenvolvimento de parte aérea e um grande potencial fotossintético. Resultados semelhantes foram relatados por Silva & Pinto (2005) que 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, evidenciando o potencial desses clones em apresentar maior área foliar fotossinteticamente ativa. Silva et al. (2009) trabalharam com dois clones de ciclo longo e dois de ciclo curto, em oito colheitas, e também verificaram que os clones de ciclo longo apresentarem valores superiores aos de ciclo curto para matéria seca da parte aérea.

O comportamento das testemunhas para esta característica foi muito semelhante ao dos clones de ciclo curto (FIGURA 6 A).

Na FIGURA 6B, está representado o desenvolvimento vegetativo da cultura na safra das águas, através da matéria seca da parte aérea da planta. Verifica-se que os clones de ciclo longo tiveram durante todo o ciclo vegetativo valores superiores aos dos clones de ciclo curto. O auge do desenvolvimento ocorreu em torno de 78 DAP para ambos os grupos. A testemunha de ciclo longo apresentou valores superiores aos demais grupos durante todo o ciclo e seu auge ocorreu aos 77 DAP.

De maneira geral, o desenvolvimento da parte aérea tem valores crescentes até próximo a metade do ciclo, a partir desse período, há um decréscimo na matéria seca total da parte aérea, devido à senescência natural das folhas e à remobilização de nutrientes para os tubérculos (Moorby, 1970; Kooman & Rabbinge, 1996).

Ao se relacionar a taxa de crescimento da cultura (FIGURA 6 B) com a matéria seca da parte aérea (FIGURA 7 B), verifica-se que o comportamento dos clones de ciclo longo merece destaque. Este grupo de clones teve um menor desenvolvimento da parte aérea que os clones de ciclo curto, porém sua taxa de crescimento da cultura, que mede o incremento de matéria seca na planta como um todo, incluindo parte aérea e tubérculos, sempre mostrou valores superiores aos dos clones de ciclo curto. Com base nestes resultados pode-se dizer que os

clones de ciclo longo tem uma tendência de priorizar o desenvolvimento dos tubérculos em detrimento da parte aérea.

A temperatura tem um efeito importante sobre o particionamento de assimilados para as diferentes partes da planta de batata. As temperaturas elevadas reduzem o particionamento de assimilados para os tubérculos e aumentar a partição na parte aérea (Gregory, 1956; Marinus & Bodlaender, 1975; Wolf et al., 1990; Basu & Minhas, 1991; Wolf et al., 1991; Gawronska et al., 1992; Dam et al., 1996).

Para a partição de matéria seca para os tubérculos na safra de inverno, constatou-se um comportamento muito semelhante entre todos os grupos, observando uma tendência de aumento linear (FIGURA 7 A). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva & Pinto (2005).

Os grupos de clones mostraram, na safra das águas, um comportamento semelhante pra a partição de matéria seca, embora os clones de ciclo longo tenham apresentado valores superiores durante todo o ciclo (FIGURA 7 B). As testemunhas de ciclo curto foram as que mais particionaram matéria seca para os tubérculos, por outro lado as de ciclo longo foram a que tiveram os menores valores.

Timlin et al. (2006), em um experimento realizado em casa de vegetação, sob condições controladas de luz, temperatura e concentração de CO₂. Os autores observaram que sob temperaturas elevadas, as plantas acumulam C mais não particionam para os tubérculos, podendo até ocorrer sob determinadas temperaturas, balanço de C negativo principalmente no final do ciclo vegetativo.

Observou-se que na safra das águas, ocorreram valores menores para partição de matéria seca para os tubérculos. Estes resultados confirmam o que é relatado por alguns autores (Ewing, 1981; Dam et al., 1996), os quais afirmam que o principal problema de cultivo da batata onde ocorre temperaturas elevadas,

não é a redução no desenvolvimento total da planta, mas sim a mudança na partição de fotoassimilados.

O comportamento dos grupos para a partição de matéria seca para os tubérculos foi melhor diferenciado no período mais quente, pois se notou uma tendência dos grupos mais precoces em particionar mais rapidamente nos estágios iniciais, enquanto os grupos de ciclo mais longo particionaram mais durante todo ciclo (FIGURA 6 B). Este resultado concorda com Kooman & Rabbinge (1996), que utilizaram um modelo de simulação baseado nos dados de cinco experimentos na Holanda. Em seus resultados observou uma maior partição de assimilados nos genótipos de ciclo longo, do que nos de ciclo curto.

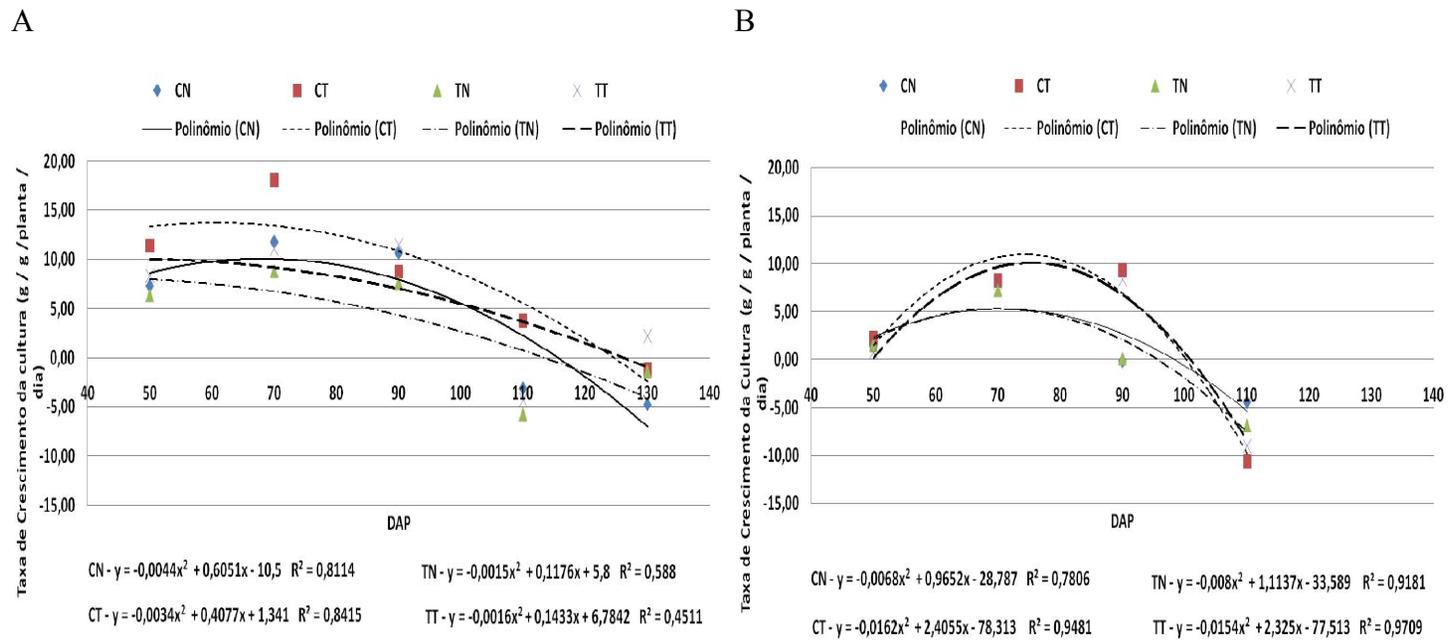


FIGURA 5 Taxa de crescimento da cultura para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

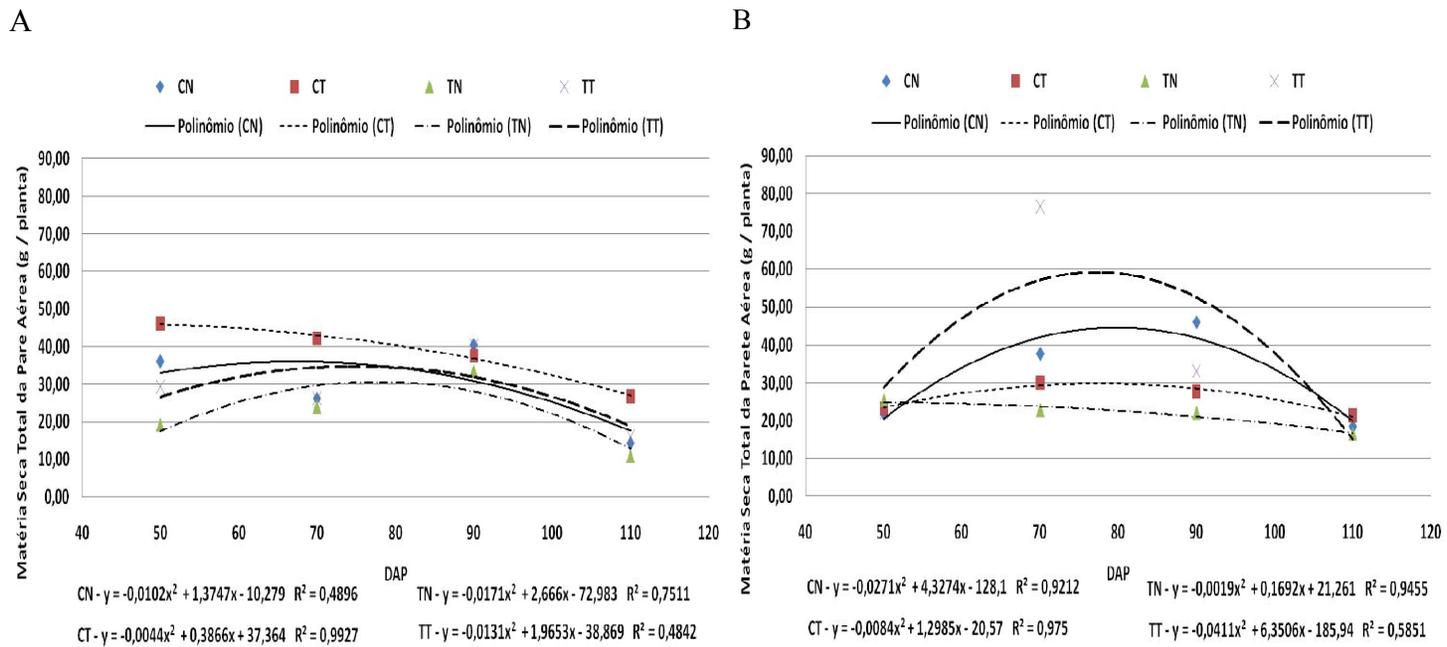


FIGURA 6 Matéria seca da parte aérea para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

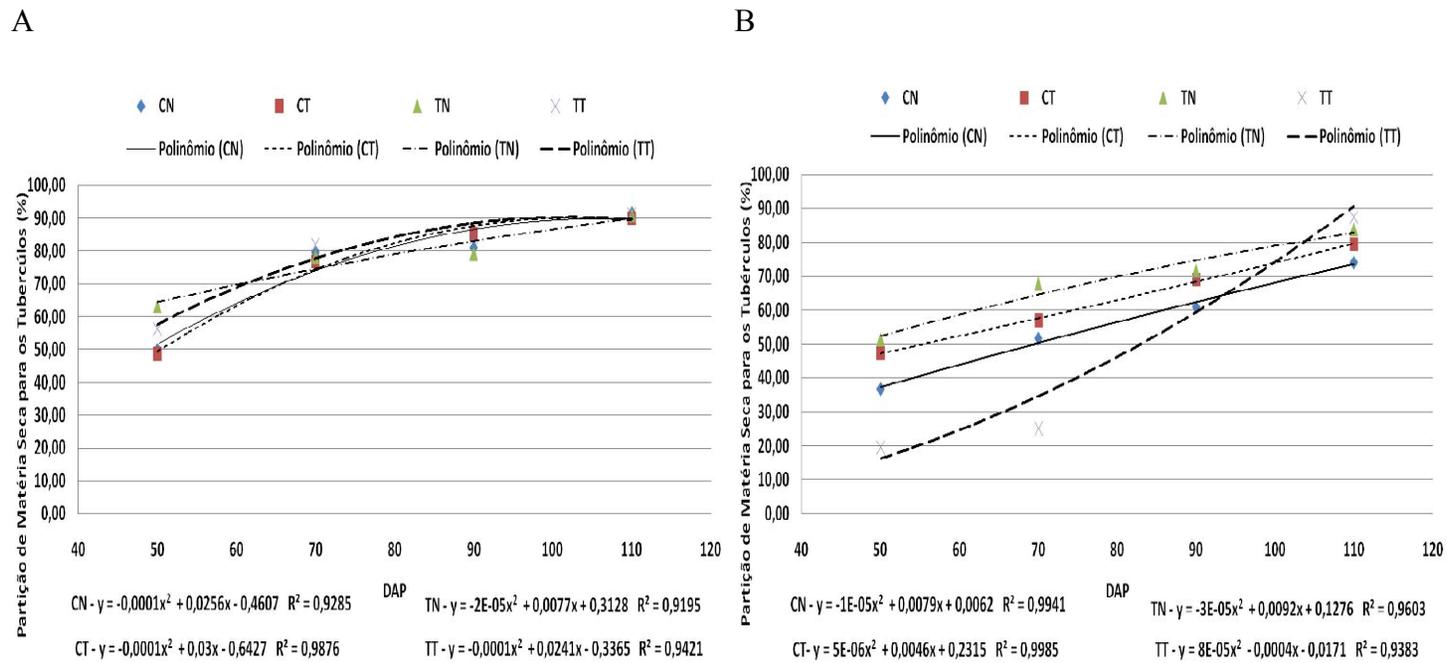


FIGURA 7 Partição de matéria seca para os tubérculos para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

4.5 Características relacionadas aos tubérculos

Na FIGURA 8A está representado o comportamento dos grupos de genótipos com relação à taxa de crescimento dos tubérculos, na safra de inverno e das águas. Os clones de ciclo longo mantiveram maior taxa de crescimento dos tubérculos que os demais grupos durante todo o ciclo, na safra de inverno, e a sua máxima tuberização ocorreu aos 79,5 DAP. Também se observou uma tendência de prolongamento do período com valores positivos para os grupos de ciclo longo, levando a um incremento adicional na produção de tubérculos.

Segundo Levy & Veilleux (2007), a duração do período de tuberização e a taxa de crescimento dos tubérculos, variam entre os genótipos e dependem das condições ambientais.

Na safra das águas, nota-se que genótipos dos grupos de ciclo longo também foram mais eficientes em tuberizar, apresentando valores superiores aos dos genótipos de ciclo curto (FIGURA 8B). Os genótipos de ciclo longo mostraram um crescimento para esta característica até 77 e 80 DAP para os clones e para a testemunha, respectivamente.

Manrique (1989) e Dam et al. (1996) relataram resultados semelhantes, demonstrando que a taxa de crescimento dos tubérculos decresceu significativamente devido a temperaturas elevadas, além de haver atraso no início da tuberização e, subsequentemente, encurtamento do período de crescimento dos tubérculos.

Assim como a taxa de crescimento da cultura, também a taxa de crescimento dos tubérculos foi mais prolongada na safra de inverno (FIGURA 5A e 8A), enquanto que na safra das águas a tuberização ocorreu mais tardiamente e durante um período de tempo menor (FIGURA 5B e 8B). Pode-se dizer que na safra das águas a taxa de crescimento dos tubérculos, foi mais acelerada, o que pode ocasionar defeitos fisiológicos. Segundo Hughes (1974),

esses defeitos resultam da maior velocidade de crescimento dos tubérculos em temperaturas elevadas (maior TCT) e também devido a períodos de estresse hídrico, que normalmente ocorrem associados às temperaturas altas.

Ainda com relação à taxa decréscimo dos tubérculos, verifica-se que o pico do crescimento na safra das águas sofreu uma defasagem em relação à safra de inverno. Os clones de ciclo longo se destacaram em ambas as safras apresentando valores superiores aos demais grupos, embora na safra com temperaturas mais altas a testemunha de ciclo longo tenha tido desempenho semelhante.

Para a produção de tubérculos os clones de ciclo longo se mostraram superiores durante todo o ciclo vegetativo na safra de inverno (FIGURA 9A). Todos os fatores mencionados anteriormente afetaram a produção de tubérculos fazendo com que os clones de ciclo longo produzissem aproximadamente 42% a mais que os de ciclo curto. A produtividade máxima esperada ($1162,7 \text{ g planta}^{-1}$) para os clones de ciclo longo ocorreria aos 116,6 DAP e para os de ciclo curto ($819,4 \text{ g planta}^{-1}$) aos 103,4 DAP (FIGURA 9A), confirmando os resultados obtidos por Silva et al. (2009), que também verificaram uma maior produção final dos genótipos de ciclo longo, cerca de 51% maior.

Ainda na safra de inverno, a testemunha de ciclo longo também apresentou uma produção superior aos grupos de ciclo curto, atingindo uma produção máxima de $872,1 \text{ g planta}^{-1}$ aos 113,1 DAP (FIGURA 9A), sendo 6,5% maior que a dos clones de ciclo curto e 21,5% maior que a das testemunhas de ciclo curto, que atingiu sua máxima produção ($717,6 \text{ g planta}^{-1}$) aos 103 DAP. Esta maior produção dos grupos de ciclo longo é consequência de um prolongamento do tempo de desenvolvimento da planta, sendo confirmado tanto pela taxa de crescimento relativo da cultura (FIGURA 5A) como pela taxa de crescimento dos tubérculos (FIGURA 8A).

Observou-se que na safra das águas, ocorreu um maior desenvolvimento vegetativo da parte aérea, em relação à safra de inverno (FIGURA 6), porém todo esse desenvolvimento não refletiu na produção de tubérculos (FIGURA 9B). Marinus & Bodlaender (1975) e Gautney & Haynes (1983) demonstraram que a temperatura alta causou maior desenvolvimento vegetativo da planta de batata, mas também aumentou a taxa de respiração, reduzindo a produção de tubérculos.

Na safra das águas os clones de ciclo curto foram mais produtivos que os de ciclo longo no intervalo entre 60 até próximo aos 110 DAP, porém, os últimos tiveram maior produção ao final do ciclo (FIGURA 9B). Esta vantagem dos clones de ciclo curto durante um período de tempo, já havia sido comentada por Silva et al. (2009).

Com base nas equações de regressão, foi possível calcular a produção dos grupos aos 120 DAP, ocasião da última colheita. A produção ao final do ciclo foi de 498,2 e 428,2 g planta⁻¹, para os clones de ciclo curto e longo respectivamente. Para os grupos de testemunhas esta produção foi de 394,7 e 661,1 g planta⁻¹, para os genótipos de ciclo curto e longo respectivamente.

Ao analisar o comportamento da testemunha de ciclo longo na safra das águas, verifica-se que existe um grande potencial produtivo. Os valores apresentados por este genótipo foram os maiores tanto para taxa de crescimento (FIGURA 5B) como para matéria seca da parte aérea (FIGURA 6 B), porém, sua partição de matéria seca foi a menor até próximo aos 90 DAP (FIGURA 7 B) e a partir deste momento obteve as maiores produções até o final do ciclo (FIGURA 9B). Baseado nestes fatos pode-se dividir o ciclo deste material em duas partes, a primeira onde se desenvolve uma grande parte aérea e a segunda onde se prioriza o desenvolvimento dos tubérculos, sendo este muito eficiente nesta fase. Ainda é importante considerar alguns dados deste material, sua senescência foliar ocorreu em média 15 dias após os demais grupos e o início de

sua tuberização teve um atraso de 20 dias em relação aos demais, mostrando claramente uma tendência tardia de desenvolvimento.

Assim como a partição de matéria seca para os tubérculos e a matéria seca dos tubérculos, também a produção de tubérculos verifica-se que esta foi bem menor no período de temperaturas mais altas como já relatado na literatura (Sarquís et al., 1996; Khedher & Ewing, 1985; Menezes et al., 1999). Há relatos na literatura, que temperaturas elevadas levam a uma redução na produção de tubérculos devido a um maior desenvolvimento da parte aérea, reduzindo a partição de fotoassimilados para os tubérculos e aumentando a intensidade da respiração (Manrique et al., 1989; Menezes et al., 1999, 2001).

Comparando as produções aos 120 DAP em ambas as safras, quando foi realizada a última colheita na safra das águas. Verifica-se que as maiores reduções ocorreram para os clones sendo de 40 e 63% para os clones de ciclo curto e longo respectivamente. Já os grupos de testemunhas apresentaram reduções de 41 e 23% para os genótipos de ciclo curto e longo respectivamente. Estas reduções na produção, em condições de temperaturas elevadas, confirmam o que é relatado na literatura, por diversos autores (Khedher & Ewing, 1985; Sarquís et al., 1996; Menezes et al., 1999).

Estas reduções de produção de tubérculos contrastam com a revisão de Levy & Veilleux (2007), que consideram como genótipos tolerantes ao calor aqueles que apresentam uma menor redução na produção de tubérculos no período de temperaturas elevadas quando comparado com o período de temperaturas mais favoráveis. Porém, o critério de tolerância adotado para seleção dos clones utilizados neste trabalho foi o proposto por Lambert et al. (2006), em que se consideram como tolerante os genótipos que apresentam boa produção no período mais quente, e respondem favoravelmente a diminuição da temperatura aumentando a produção, sendo os clones selecionados na média dos dois ambientes.

Para os teores de matéria seca dos tubérculos os pontos de máximo ocorreram aos 105 DAP (21,87%) para os clones de ciclo curto e aos 116 DAP (23,61%) para os de ciclo longo na safra de inverno (FIGURA 10A). Embora estas diferenças pareçam pequenas, elas são significativas quando se trata de aptidão para fritura, principalmente em genótipos destinados à indústria. Também para as testemunhas foi observado comportamento semelhante, sendo os valores máximos de 18,25% para os genótipos de ciclo curto e 22,93% para o genótipo de ciclo longo, alcançados aos 111,2 e 111,1 DAP, respectivamente (FIGURA 10A).

A FIGURA 10B mostra o crescimento da matéria seca dos tubérculos durante a safra das águas. Nota-se que os clones de ciclo longo tiveram uma tendência de crescimento, enquanto os de ciclo curto foram mais estáveis, chegando ambos ao final do ciclo com valores parecidos. O comportamento das testemunhas foi semelhante ao observado para os clones.

Em ambas as safras os genótipos de ciclo longo, tiveram um maior teor de matéria seca dos tubérculos. Segundo Tai et al. (1994), consideraram o teor de matéria seca nos tubérculos como único caráter para estimar o índice de suscetibilidade ao calor. Assim observando o comportamento dos clones, que foram selecionados para o calor, não se nota diferenças nos teores de matéria seca dos tubérculos ao final do ciclo. No entanto, quando observamos o comportamento das testemunhas, verificamos uma superioridade do genótipo de ciclo longo, logo pelo critério utilizado por Tai et al. (1994), pode-se dizer que este genótipo é mais tolerante ao calor.

Assim como a produção de tubérculos, a matéria seca dos tubérculos sofreu grande redução com o aumento da temperatura. Enquanto na safra de inverno os valores estiveram entre 18 e 24%, na safra das águas estes ficaram entre 14 e 18% (FIGURA 10), isto mostra uma redução média de quase 25% entre as safras. Esta redução pode inviabilizar o uso dos tubérculos para o

processamento industrial, para qual valores acima de 20% de matéria seca são tidos como ideais. Assim, a redução de 1% da matéria seca na batata poderá resultar em menor rendimento do produto processado. Essa queda de matéria seca dos tubérculos devido à elevação da temperatura esta de acordo com o relatado por diversos autores (Haynes et al., 1989; Haynes & Haynes, 1983, 1981; Johansen et al., 1967; Menezes et al., 1999; Prange et al., 1990).

As testemunhas de ciclo curto apresentaram desempenho inferior aos demais grupos nas duas safras, principalmente na safra das águas. Vale lembrar que a cultivar Ágata a mais plantada no país pertence a este grupo.

Kooman et al. (1996) mencionam que no fim do ciclo vegetativo a produção de tubérculos é determinada principalmente pela produção de matéria seca total. Logo, os genótipos de ciclo longo levam vantagem, pois apresentam um crescimento mais vigoroso, e sendo mais eficiente em particionar matéria seca para os tubérculos, ao final do ciclo apresentam produção superior ao dos genótipos de ciclo curto.

De maneira geral os genótipos de ciclo longo foram superiores aos de ciclo curto, para todas as características avaliadas em ambas as safras. Estes resultados reforçam o que já foi concluído por Silva et al. (2009), e também por Silva & Pinto (2005), que uma das estratégias para o aumento de produtividade nas regiões tropicais é a utilização de cultivares de ciclo longo.

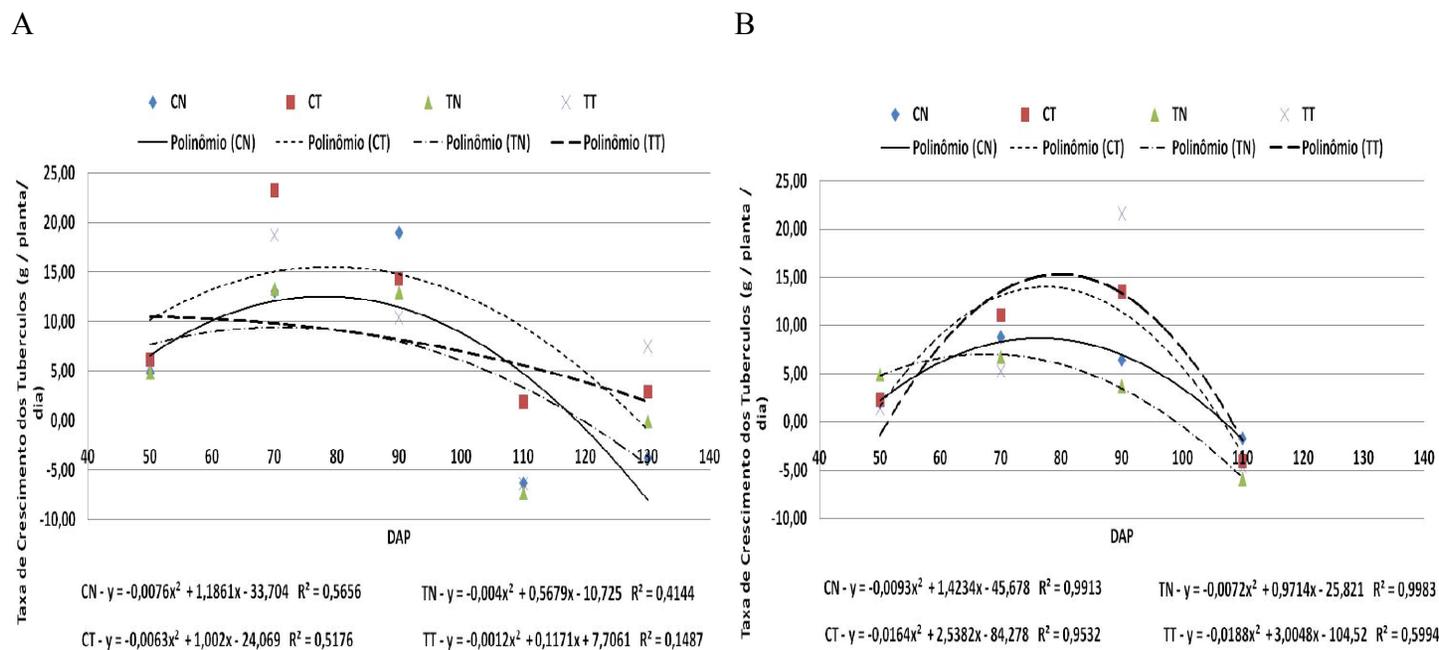


FIGURA 8 Taxa de tuberação para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

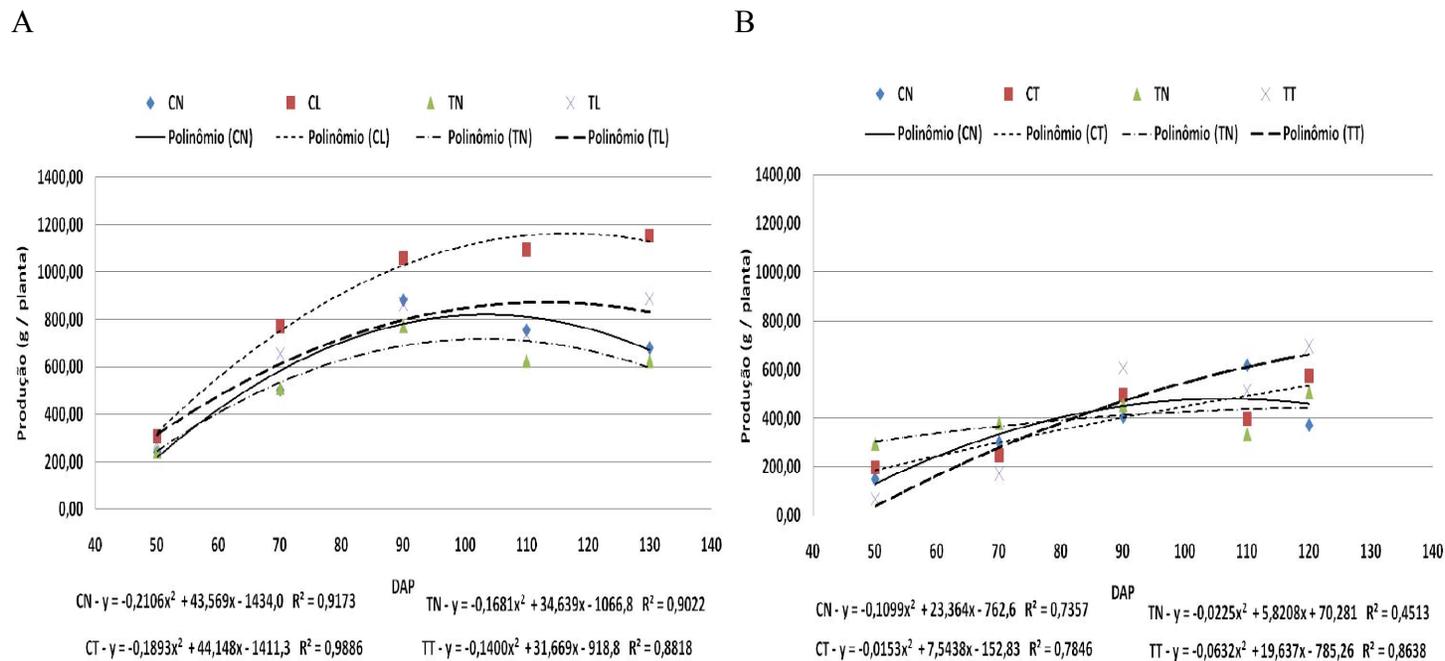


FIGURA 9 Produção de tubérculos para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A - Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 e 2009 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

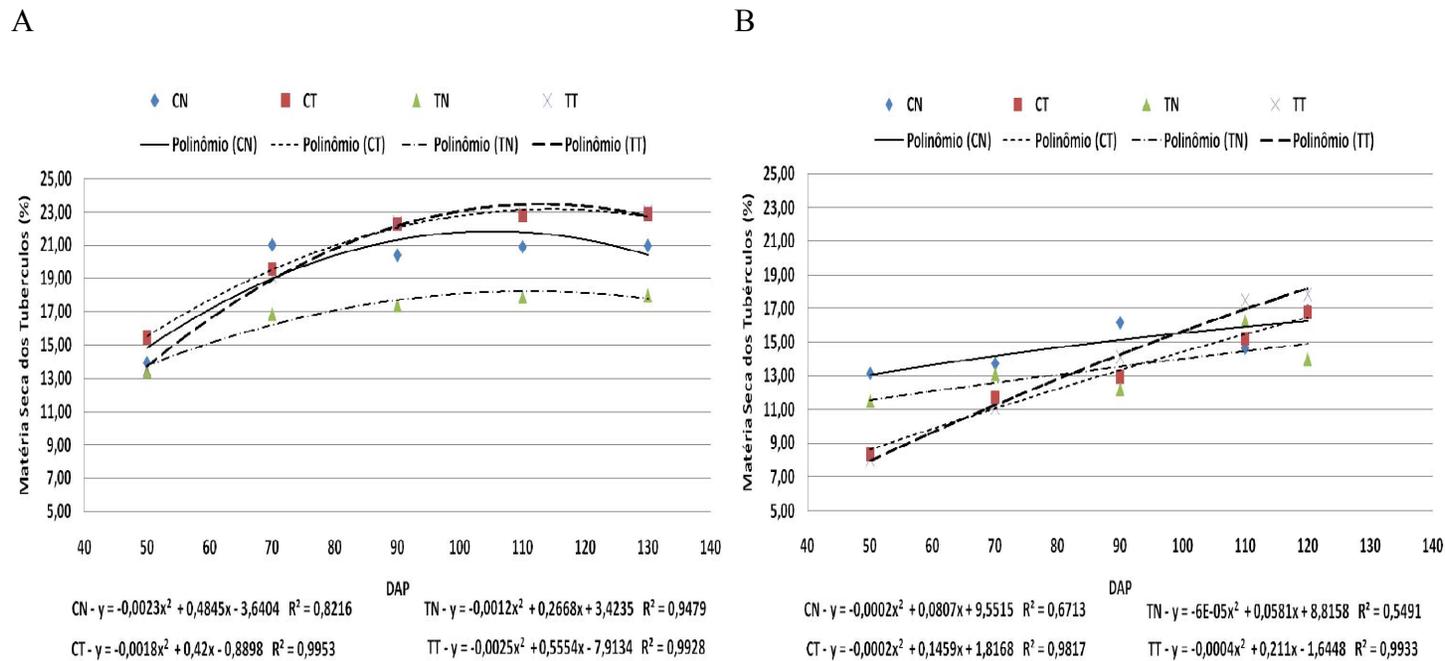


FIGURA 10 Matéria seca dos tubérculos para os grupos de clones e para as testemunhas ao longo do ciclo vegetativo. A – Safra de inverno B – Safra das águas – Lavras 2008 (CN – clones de ciclo normal, CT clones de ciclo tardio, TN – testemunhas de ciclo normal e TT- testemunha de ciclo tardio).

5 CONCLUSÕES

Os teores de clorofila a, b e total foram mais elevados na safra das águas para todos os genótipos avaliados. Os clones de ciclo longo tiveram uma degradação da clorofila mais lenta, que os de ciclo curto, na safra de inverno.

Na safra das águas, os genótipos de ciclo longo apresentaram um maior desenvolvimento da parte aérea, comparado com a safra de inverno.

A taxa de crescimento da cultura, a partição de matéria seca para os tubérculos, a produção de tubérculos e o teor de matéria seca nos tubérculos foram menores para todos os genótipos na safra das águas (temperaturas mais elevadas).

Os genótipos de ciclo longo foram mais produtivos em ambas as safras, que os de ciclo curto, devido a uma maior duração da área foliar fotossinteticamente ativa.

Considerando apenas os clones, conclui-se que os genótipos de ciclo longo apresentaram um melhor desempenho produtivo, em relação aos de ciclo curto, nas duas safras, portanto uma boa estratégia para melhoria da produtividade nas condições tropicais seria a utilização de genótipos com ciclo mais longo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, n. 1, p. 1-15, Jan. 1949.
- BASU, P. S.; MINHAS, J. S. Heat tolerance and assimilate transport in different potato genotypes. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 42, n. 240, p. 861-866, July 1991.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.
- BENOIT, G. R.; GRANT W. J.; DEVINE O. J. Potato top growth as influenced by day-night temperature differences. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 264-269, Mar. /Apr. 1986.
- BLACKMAN, G. E. The application of the concepts of growth analysis to the assessment of productivity. In: ECKARDT, F. E. (Ed.). **Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level**. Paris: Unesco, 1968. p. 243-259.
- BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. **Annals of Botany**, London, v. 33, n. 3, p. 353-360, July 1919.
- BRIGGS, G. E.; KIDD, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth: parts I and II. **Annals of Applied Biology**, Warnick, v. 7, n. 1, p. 103-123, 202-223, Sept. 1920.
- BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 3-14, Jan. 1981.
- BYRNE, P. F.; BOLANOS, J.; EDMEADES, G. O.; EATON, D. L. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 63-69, Jan./Feb. 1995.
- CECARELLI, S.; GRANDO, S.; IMPIGLIA, A. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 103, n. 3, p. 307-318, Oct. 1998.

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, Jan. 1996.

DELEO, J. P. B.; BOTEON, M. Mudanças no mapa da bataticultura nacional. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 33, Mar. 2005. Disponível em: <http://www.abbatatabrasileira.com.br/revista11_021.htm>. Acesso em: 18 jan. 2010.

DRIVER, C. M.; HAWKES J. G. Photoperiodism in potato. In: HAWKES J. G. **Imperial bureau of plant breeding and genetics**. Cambridge: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1943. (Technical Communication, 10).

DUVICK, D. N. Genetic contributions to advances in yield of US maize. **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 69-79, Jan. 1992.

EPSTEIN, E. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 2, p. 169-171, Mar./Apr. 1966.

EWING, E. E. Heat stress and the tuberization stimulus. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 31-49, Jan. 1981.

FILGUEIRA, F. A. R. Práticas culturais adequadas em bataticultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 34-41, mar./abr. 1999.

FLEISHER, D. H.; TIMLIM, D. J.; REDDY, V. R. Temperature influence on potato leaf and distribution and on canopy photosynthetic rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 1442-1452, Nov./Dec. 2006.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 24-29, mar./abr. 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat**. Rome, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

GAUTNEY, T. L.; HAYNES, F. L. Recurrent selection for heat tolerance in diploid potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *phureja* and *stenotomum*). **American Potato Journal**, Orono, v. 60, n. 7, p. 537-542, July 1983.

GAWRONSKA, H.; THORNTON, M. K.; DWELLE, R. B. Influence of heat stress on dry matter production and photoassimilate partitioning by four potato clones. **American Potato Journal**, Orono, v. 69, n. 10, p. 653-665, Oct. 1992.

GRIFFITH, R. L.; ALLEN, E. J.; O'BRIEN, SUSAN A.; O'BRIEN, P. J. Comparisons of growth and early yields of potato varieties of contrasting maturity classification at three sites. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 103, n. 2, p. 443-458, Oct. 1984.

HALL, A. E. Breeding for heat tolerance. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 10, p. 129-168, Jan./Dec. 1992.

HALL, A. E.; ZISKA L. H. Crop breeding strategies for the 21st century. In: REDDY K. R.; HODGES H. F (Ed.). **Climate change and global crop productivity**. New York: CABI, 2000. p. 407-423

HAMMES, P. S.; DEJAGER, J. A. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. **Potato Research**, Wageningen, v. 33, n. 3, p. 515-520, Dec. 1990.

HARRIS, P. M. The use of root data in some agronomic research. Root ecology and its practical application. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM GUMPENSTEIN, 1983, London. **Proceedings...** London: IEEE, 1983. p. 525-533.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. Stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 10, p. 503-508, Oct. 1981.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. Stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 60, n. 1, p. 17-26, Jan. 1983.

HAYNES, K. G.; WEBB, R. E.; GOTH, R. W.; WILSON, D. R. The correlation of yield and specific gravity in the USA potato breeding program. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 9, p. 587-592, Sept. 1989.

HIJMANS, R. J. The effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 80, n. 4, p.271-279, July 2003.

HUGHES, J. C.; Factors influencing the quality of ware potatoes: (II) environmental factors. **Potato Research**, Wageningen, v. 17, n. 4, p. 512-547, Dec. 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 7 jul. 2009.

JOHANSEN, R. H.; MILLER, J. C.; NEWSOM, D. W.; FONTENOT, J. F. The influence of environment on the specific gravity, plant maturity and vigor of potato progenies. **American Potato Journal**, Orono, v. 44, n. 4, p. 107-122, Apr. 1967.

KEULEN, H. van; STOL, W. Agro-ecological zonation for potato production. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Ed.). **Potato ecology and modeling of crops under conditions limiting growth**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. p. 357-371.

KHEDHER, M. B.; EWING, E. E. Growth analysis 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.

KOOMAN, P. L.; RABBINGE, R. An analysis of the relation between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. **Annals of Botany**, New York, v. 77, n. 3, p. 235-242, Mar. 1996.

LAMBERT, E. S. **Estratégias para o melhoramento da batata para condições tropicais**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LEVY, D. Cultivated *Solanum tuberosum* L. as a source for the selection of cultivars adapted to hot climates. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 61, n. 3, p. 167-170, July 1984.

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, n. 1, p. 85-96, Oct. 1986.

LEVY, D.; ITZHAK, Y.; FOGELMAN, E.; MARGALIT, E.; VEILLEUX, R. E. Ori, Idit, Zohar and Zahov: Tablestock and chpstock cultivars bred for adaptation to Israel. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 3, p. 167-173, May/June 2001.

LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents 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, July 1991.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. E. Adaptation of Potato to High Temperatures and Salinity. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 84, n. 6, p. 487-506, Nov. 2007.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EDUSP, 1979. p. 161-173.

MALIK, N. J.; DWELLE, R. B.; THORNTON, M. K.; PAVEK, J. J. Dry matter accumulation in potato clones under seasonal high temperature conditions in Pakistan. **American Potato Journal**, Orono, v. 69, n. 10, p. 667-677, Oct. 1992.

MANRIQUE, L.A. Analysis of growth of Kennebec potatoes grown under differing environments in the tropics. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 5, p. 277-291, May 1989.

MARINUS, J.; BODLAENDER, K. B. A. Response of some potato varieties to temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 18, n. 2, p. 189-201, June 1975.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E. S. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras das águas e inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 777-784, out./dez. 1999.

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

MILLARD, P.; ROBINSON, D.; MACKIE-DAWSON, L. A. Nitrogen partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) plant in relation to nitrogen supply. **Annals of Botany**, New York, v. 63, n. 2, p. 289-296, Feb. 1989.

MOORBY, J. The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants. **Annals of Botany**, New York, v. 34, n. 2, p. 297-308, Feb. 1970.

MOPURGO, R.; ORTIZ, R. Morphological variation in potato (*Solanum* spp.) under contrasting environments. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 28, n. 3, p. 165-169, July 1988.

PRANGE, R. K.; MCRAE, K. B.; MIDMORE, D. J.; DENG, R. Reduction in potato growth at high temperature: role of photosynthesis and dark respiration. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 6, p. 357-369, June 1990.

PINTO, C. A. B. P. Melhoramento Genético da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 120-128, mar./abr. 1999.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, May/June 1967.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E.; OWENS, T. G. Photosynthesis at high temperature in tuber bearing *Solanum* species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 93, n. 2, p. 791-797, June 1990.

SANDS, P. J.; HACKET, C.; NIX, H. A. A model for the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.): (I) derivation from well-managed field crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 2, p. 309-331, Jan. 1979.

SARQUÍS, J. I.; 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, July 1996.

SAS INSTITUTE. **SAS System**: versão 8.1. Cary, 2000.

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

SILVA, F. L.; PINTO, C. A. B. P.; ALVES, J. D.; BENITES F. R. G.; ANDRADE C. M.; RODRIGUES G. B.; LEPRE A. L.; BHERING L. L. Caracterização morfofisiológica de clones de batata precoces e tardios visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 295-302, 2009.

SILVA, L. A. S. **Duração do ciclo vegetativo e sua relação com o potencial produtivo de genótipos de batata**. 2004. 106 p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, L. A. S.; PINTO, C. A. B. P. 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.

SUSNOSCHI, M.; COSTELLOE, B.; LIFSHITZ, Y.; LEE, H. C.; ROSEMAN, Y. Arma: A potato cultivar resistant to heat stress. **American Potato Journal**, Orono, v. 64, n. 4, p. 191-197, Apr. 1987.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 884p.

THOMAS, H.; HOWARTH, C. J. Five ways to stay green. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 51, n. 343, p. 329-337, Feb. 2000. Supplement.

THORNTON, M. K.; MALIK, N. J.; DWELLE, R. B. Relationship between leaf gas exchange characteristics and productivity of potato clones grown at different temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 73, n. 1, p. 63-77, Feb. 1996.

TIMILIN, D.; RAHMAN, L.; BAKER, J.; REDDY, V. R.; FLEISHER, D. H.; QUEBEDEAUX, B. Whole Plant Photosynthesis, Development, and Carbon Partitioning in Potato as a Function of Temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 1195-1203, Sept. /Oct. 2006.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 101-144, Jan./Dec. 1952.

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

WOLF, S.; MARANI, A.; RUDICH, J. Effect of temperature on carbohydrate metabolism in potato plants. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 42, n. 238, p. 619-625, May 1991.

YAMAGUCHI, M.; TIMM H.; SPURR A. R.. Effects of soil temperature on growth and nutrition of potato plants, and tuberization, composition and periderm structure of tubers. **American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 84, n. 3, p. 412-423, May 1964.