

**SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES
PARA A QUALIDADE DE PROCESSAMENTO
EM BATATA**

LEONARDO LOPES BHERING

2006

LEONARDO LOPES BHERING

**SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES PARA A
QUALIDADE DE PROCESSAMENTO EM BATATA**

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

Orientador

Prof. César Augusto Brasil Pereira
Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

LEONARDO LOPES BHERING

**SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES PARA A
QUALIDADE DE PROCESSAMENTO EM BATATA**

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

APROVADA em 23 de fevereiro de 2006

Prof. Dr. João Bosco dos Santos

UFLA/DBI

Prof. Dra. Dulcinéia de Carvalho

UFLA/DCF

Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

Aos meus pais, José Antônio Bhering e Maria do Carmo, e ao meu irmão Elder pelo amor, incentivo, amizade, exemplo de luta e persistência em todos os momentos da minha vida;

DEDICO

“O sucesso nasce do querer. Sempre que o homem aplicar a determinação e a persistência para um objetivo, ele vencerá os obstáculos, e se não atingir o alvo, pelo menos fará coisas admiráveis”.

(José de Alencar)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade e pela fonte de iluminação.

Ao Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto pela orientação, incentivo e amizade.

Ao Prof. João Bosco dos Santos pelo auxílio nos trabalhos moleculares.

Ao Prof. Cosme Damião Cruz pela disposição e auxílio nas análises. A todos professores da Genética pela convivência e conhecimentos transmitidos.

A toda equipe do Pe. José Antônio e membros do grupo pela proteção.

Ao Lamartine e a todos do laboratório de Genética Molecular pela amizade e auxílio.

À secretária Elaine, ao Raimundo e aos demais funcionários do Departamento de Biologia pela paciência e auxílio em todos os momentos.

Aos companheiros da “Batata”, Flávio, Felipe, Eduardo, Gabriel, Cristiana, Suzana, Josi, André e Dheyne, pelo apoio e cooperação.

Aos colegas do GEN pelo apoio e amizade.

Aos “amigos irmãos”, Flávio, Alex, Felipe, Lívia, Marcus, Helton, Jacaré, que estiveram presentes durante todo o curso, desfrutando comigo dos melhores momentos de descontração e experiência de vida que tive aqui.

Ao amigo José Tarcísio Lima Thièbaut pelo exemplo de dedicação e por ter incentivado o início dos meus estudos na área da Genética Biométrica.

Aos “Pilantras” pela amizade, incentivo e alegria.

Ao primo Sebastião Rosado e família pela recepção e carinho.

Às futuras biólogas, Thaís e Monik, pelo auxílio nos trabalhos laboratoriais.

À professora Dulcinéia e a todos do laboratório de Melhoramento Florestal, que muito auxiliaram nos trabalhos ali realizados.

À Dra. Daniella Fries pelos ensinamentos e paciência no trabalho realizado no Laboratório de Biologia Molecular do Dep. de Fisiologia Vegetal.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade da realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

Enfim, aos que de alguma forma apoiaram, oraram, ajudaram ou torceram por mim.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Panorama Geral da bataticultura.....	3
2.2 A indústria da batata	4
2.3 Qualidades para processamento da batata.....	8
2.3.1 Matéria Seca	8
2.3.2 Açúcares Redutores	10
2.4 Seleção Precoce	15
2.5 Marcadores Genéticos.....	17
2.5.1 Marcadores Isoenzimáticos.....	18
2.5.2 Marcadores Moleculares.....	18
2.6 Seleção Assistida por Marcadores (SAM).....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Material.....	25
3.2 Avaliação de Campo.....	26
3.2.1 Geração <i>seedling</i> (S).....	26
3.2.2 Primeira Geração Clonal (C1)	27
3.2.3 Segunda Geração Clonal (C2)	28
3.2.4 Análise de variância dos experimentos.....	29
3.2.5 Teste de médias.....	30
3.2.6 Estimativa da herdabilidade.....	30
3.2.7 Correlação de Pearson	31
3.2.8 Estimativas dos coeficientes de variação genético e ambiental.....	32
3.2.9 Seleção de Clones	32

3.3 Avaliações de laboratório	33
3.3.1 Material experimental	33
3.3.2 Extração de DNA.....	33
3.3.3 Extração de isoenzimas.....	34
3.3.4 Análise de RAPD.....	35
3.3.5 Análise de PCR.....	36
3.3.6 Extração de Açúcares Redutores	37
3.4 Análise de Regressão Múltipla <i>Stepwise</i>	38
3.5 Eficiência da Seleção Assistida	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Geração <i>seedling</i> (S).....	41
4.2 Primeira Geração Clonal (C1)	44
4.3 Segunda Geração Clonal (C2)	47
4.4 Coeficientes de correlações entre gerações.....	52
4.5 Resposta Correlacionada.....	54
4.6 Avaliações de laboratório	56
4.6.1 Regressão linear múltipla <i>Stepwise</i>	57
4.6.2 Seleção Assistida	60
4.7 Considerações gerais.....	69
5 CONCLUSÕES	70
5.1 Seleção Fenotípica	70
5.2 Seleção Assistida	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

RESUMO

BHERING, Leonardo Lopes. **Seleção Assistida por Marcadores para a qualidade de processamento em batata**. LAVRAS: UFLA, 2006. 87p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*

A seleção precoce de clones que possuam níveis elevados de matéria seca e baixos teores de açúcares redutores é uma necessidade nos programas de melhoramento para a qualidade de processamento da batata (*Solanum tuberosum* L.). Com a utilização de marcadores genéticos a seleção precoce tornou-se possível, visto que eles permitem a identificação precisa de indivíduos superiores. Sendo assim, procura-se cada vez mais encontrar marcadores capazes de caracterizar tais indivíduos e utilizá-los via seleção assistida. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da seleção assistida utilizando os marcadores identificados por Andreu (2004), que estariam associados à qualidade de processamento industrial da batata. Clones provenientes de 20 famílias foram avaliados nas gerações *seedling* (S), primeira geração clonal (C1) e segunda geração clonal (C2). Os experimentos foram conduzidos no sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. As estimativas das correlações simples para os caracteres entre gerações foram significativas, porém baixas, confirmando a inviabilidade de se efetuar a seleção precoce nestas primeiras gerações com base apenas em informações fenotípicas. Os marcadores utilizados forneceram um total de 16 marcas, sendo que, pela regressão múltipla *stepwise*, apenas sete destas tiveram associação com as características estudadas. Além disso, nenhuma marca associada ao peso específico de tubérculos na geração C1 teve associação significativa na geração C2. O mesmo foi observado com o teor de açúcares redutores, sendo este um indicativo da interação QTLs x ambientes. A seleção assistida não se mostrou eficiente em relação à fenotípica em nenhum dos casos avaliados, não sendo, portanto, útil em uma possível seleção precoce. Estes resultados indicam que tais marcadores não estão próximos aos genes controladores das características desejadas, sendo necessária a identificação de novos marcadores mais associados a tais características que possibilitem uma maior eficiência da seleção assistida.

* Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto - UFLA.

ABSTRACT

BHERING, Leonardo Lopes. **Marker Assisted Selection for tuber processing traits in potato.** LAVRAS: UFLA, 2006. 87p. (Master's Dissertation on Plant Genetics and Breeding)*

The early generation selection for clones with high levels of tuber specific gravity and reduced amounts of reducing sugars for tuber processing is a requirement in potato breeding programs (*Solanum tuberosum*L.). By the deployment of genetic markers the selection of superior clones at early generations became possible and can precisely identify those individuals genetically superior. For that, it is necessary to identify genetic markers closely linked to the genes of interest in order to use them in assisted selection programs. The aim of this research was to evaluate the efficiency of marker assisted selection using genetic markers previously identified by Andreu (2004), which are assumed to be associated with potato industrial processing quality. Clones from 20 families were evaluated during the seedling generation (S), first clonal generation (FCG) and second clonal generation (SCG). The experiments were conducted in Southern Minas Gerais State, Brazil. The estimated coefficients of simple correlation for all traits between generations were significant, even though of low magnitude, confirming that selection at early generation based only on phenotypic traits is unviable. A total of sixteen bands were amplified using these markers, however, by multiple stepwise regression, only seven of these bands showed association with the characteristics evaluated. Moreover, no markers associated with tuber specific gravity content and reducing sugars level in the FCG were significantly associated with these traits in the SCG, suggesting the existence of QTLs x environment interactions. The marker assisted selection resulted less efficient than the phenotypic selection in all cases studied, and thus not recommended for early generation selection of clones for industry processing quality. These results suggest that the markers used were not closely linked to the genes controlling these characteristics of interest. Thus, it is important to identify new markers more closely associated with such characteristics of interest, what could improve the efficiency of marker assisted selection.

* Adviser Professor: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum L.*) é o quarto cultivo em importância mundial depois do trigo, milho e arroz. No Brasil, a principal forma de consumo é *in natura*, enquanto em países industrializados a batata processada representa quase a totalidade do consumo. Conseqüentemente, características como aparência geral, formato, tamanho e cor da periderme dos tubérculos influenciam a escolha feita pelos consumidores brasileiros. Porém, para o processamento na forma de fritura, características como alto teor de matéria seca, olhos pouco profundos e baixo teor de açúcares redutores devem ser consideradas na seleção de tubérculos.

Para atender a demanda de cultivares de batata nacionais que satisfaçam aos padrões de consumo para o processamento na forma de fritura, os programas de melhoramento genético no Brasil têm dado, atualmente, alta prioridade à produção de novas cultivares mais adaptadas, produtivas e com boas qualidades culinárias. Estes programas se iniciam com o cruzamento entre genitores e a produção de milhares de *seedlings* (S), que originam milhares de clones, os quais devem ser avaliados para a seleção dos mais promissores. No início do programa o melhorista se depara com enorme número de clones e pequeno número de tubérculos-sementes de cada um deles. Assim, as avaliações iniciais são pouco precisas. À medida que o número de clones vai se reduzindo e o número de tubérculos-sementes de cada clone vai aumentando, as avaliações passam a ser mais precisas, permitindo que a seleção seja mais rigorosa e eficiente.

A seleção precoce é, portanto, uma necessidade nos programas de melhoramento de batata, embora sua eficiência seja questionável.

Com o advento das modernas técnicas moleculares um novo horizonte abriu-se aos melhoristas, os quais puderam vislumbrar maiores possibilidades de

incrementar a precisão experimental e, conseqüentemente, aumentar os ganhos com a seleção. Permitiu-se também a seleção de indivíduos com base nas informações diretas de seu genótipo, ou ainda a incorporação de informações quanto ao genótipo de um indivíduo obtidas via marcadores genéticos aos métodos clássicos de melhoramento, chamada seleção assistida por marcadores (*Marker Assisted Selection – MAS*).

A seleção assistida por marcadores (SAM) tem despontado nos últimos anos como uma nova estratégia de seleção, já que os ganhos com os índices de marcador assistido são teoricamente maiores que com a seleção fenotípica. A SAM pode ainda auxiliar na seleção precoce de materiais superiores, evitando inúmeras avaliações em campo, diminuindo o tempo necessário para a obtenção de novas cultivares.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os marcadores identificados por Andreu (2004) e a eficiência da SAM como uma ferramenta útil na seleção precoce para caracteres de tubérculos importantes no processamento da batata na forma de fritura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama Geral da bataticultura

A batata é uma fonte cada vez mais importante de alimento, de emprego rural e de recursos financeiros, contribuindo para alimentação e a estabilização social do meio rural, principalmente nos países em desenvolvimento. No setor de produção, cada hectare de batata pode gerar anualmente 3 a 4 empregos diretos na agricultura e o mesmo número de empregos indiretos (outras atividades da economia relacionadas à produção e distribuição da batata).

É a quarta cultura na ordem de importância mundial depois do milho, do trigo e do arroz; é um dos principais alimentos da humanidade, sendo cultivada em mais de 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas.

A produção mundial de batata em 2004 (FAO, 2005) atingiu o total de 328,866 milhões de toneladas, em uma área de 19,132 milhões de hectares. Neste mesmo ano, a produção brasileira foi de 2,892 milhões de toneladas em uma área de 138,6 mil hectares, colocando o Brasil como 12º maior produtor. O Brasil possui elevado potencial edafoclimático para o cultivo da batata, que em geral é produzida com alto nível tecnológico. Em 2004, a produtividade da batata brasileira (20,865 kg/ha) superou a produtividade média do mundo em 21,3% (FAO, 2005). O maior Estado produtor brasileiro em 2004 foi Minas Gerais, com uma produção de 949 mil toneladas, seguido por São Paulo e Paraná, sendo estes três Estados responsáveis por mais de 80% da produção nacional (Agrianual, 2005). Dividindo-se a safra brasileira total de 2004 pela população de 2004, registrada pelo IBGE (182.957.000 habitantes), obtém-se a disponibilidade *per capita* da produção de 15,8 Kg/hab/ano.

No entanto, em função de fatores tecnológicos, econômicos, sociais e culturais, a batata não constitui alimento básico comum na mesa do consumidor

brasileiro. A falta de informação quanto às qualidades intrínsecas do produto e o pouco interesse em esclarecer as dúvidas induzem a demanda pela batata a ser baseada em características de aparência visual e não naquelas relacionadas à sua qualidade nutricional e à sua grande versatilidade na cozinha.

A batata é um dos alimentos mais completos, sendo fonte de proteína de alta qualidade, vitaminas e sais minerais, além de proporcionar energia oriunda dos carboidratos. Em termos nutricionais, 100 g de batata suprem cerca de 10% das necessidades recomendadas de proteína para uma criança, ou 10% de tiamina, niacina, vitamina B6, ácido fólico e 50% de vitamina C para um adulto.

Ao contrário dos outros grandes países produtores mundiais de batata onde as cultivares e sua finalidade culinária são identificadas na comercialização, no Brasil ainda existe muito pouca informação a respeito da aptidão culinária dos tubérculos e, em consequência, sobre a qualidade final do produto após processamento.

2.2 A indústria da batata

Desde o século II d.C. a maioria dos povos nativos das montanhas do Peru já processava os tubérculos de batata, utilizando-os desidratados ou na forma de fritura. Este tipo de processamento facilitava o seu transporte, conservação e era imprescindível à sobrevivência dos povos indígenas, pois a batata era, para eles, um alimento básico com produção instável. Após a sua introdução na Europa, o processamento da batata foi “redescoberto”, sobretudo na forma de fritura, e tal utilização se estendeu para todo o mundo, especialmente para a América do Norte, onde adquiriu grande importância (Talbert, 1975; Hawkes, 1994).

Os principais produtos industrializados derivados da batata podem ser divididos em dois segmentos, produtos desidratados e produtos congelados. Os produtos obtidos a partir da desidratação das batatas, tais como fécula, grânulos,

flocos e farinha, são utilizados pela indústria alimentícia na fabricação de pães, bolos, como agente espessante em sopas e molhos e na formulação de produtos instantâneos ou de conveniência, como purê, pudins e sopas. Ainda na linha de desidratados, podem ser obtidos cubos de batata e a batata frita, que é geralmente cortada na forma de fatias finas (*chips*) ou ralada (palha). A maior parte da batata industrializada no Brasil é processada desta forma, em fábricas de grande e pequeno porte, gerando um produto de ótima aceitação pelo mercado nacional. O principal segmento de mercado é o consumidor direto, no caso de *chips*, e restaurantes, lanchonetes, para batata palha. Uma outra forma para o aproveitamento industrial da batata é através da refrigeração e do congelamento, obtendo-se batatas pré-fritas congeladas, purê de batatas congelado, batatas descascadas, fatiadas pré-fritas ou não, acondicionadas em plásticos especiais, sob atmosfera modificada e refrigeradas. Este produto é também chamado de batata minimamente processada (Berbari & Aguirre, 2002).

As batatas pré-fritas congeladas consumidas no Brasil são, em grande parte, importadas dos Estados Unidos, Holanda, Canadá, França e Argentina, em embalagens de 500g e 1kg para atender ao consumo doméstico e de 5kg para o mercado institucional (setor de refeições coletivas). A instalação de unidades industriais para produção de batatas pré-fritas congeladas requer investimento elevado devido, principalmente, ao custo do equipamento de congelamento. Este é um segmento de mercado em grande expansão, visto que, nos últimos 30 a 40 anos, a industrialização da batata tem aumentado em todas as partes do mundo, principalmente na forma de *chips* e batata pré-frita congelada, tornando-se um produto que possa ser consumido de forma rápida e fácil. Na Tabela 1 observam-se as importações de batata por tipo no ano de 2004. Aproximadamente 77% de toda a batata importada o foi na forma de pré-frita congelada, o que corresponde a mais de 85% de todo capital gasto com as importações brasileiras de batata.

TABELA 1. Importações brasileiras de batata por tipo em 2004.

Tipo	Mil US\$	Toneladas
Sementes	1.491	2.407
Frescas / Refrigeradas	1.804	20.361
Farinha e sêmolas	52	41
Flocos grânulos e pellets	2.773	2.573
Féculas	310	626
Preparadas, conservadas não congeladas	2.216	730
Preparadas, conservadas congeladas	51.383	88.958
Congeladas não cozidas ou cozidas	37	69
TOTAL	60.067	115.766

Fonte: Secex- MDIC – 2005; Vilela et al. (2005).

A tendência mundial do mercado da batata na última metade do século passado foi a redução do consumo da batata *in natura* e o aumento do consumo da batata processada na forma de pré-frita (USDA, 2002). Com o processamento tem-se a redução de desperdício por parte do consumidor; além disto, não é necessária preparação no que se refere a seleção, limpeza, lavagem, descascamento e corte.

O maior produtor mundial de batata pré-fritas é os EUA, que destinaram 70% da produção da batata fresca à indústria durante os anos de 2000 e 2001. No final da década de 1990, a produção anual de batata no Brasil foi de aproximadamente 2,7 milhões de toneladas (Agrianual, 2002). Deste total, 10% destinaram-se ao processamento industrial, como *chips*, palha, palitos pré-fritos (*french-fries*) ou pré-cozida (Takano, 2001). Deve-se considerar ainda que grande parte da batata comercializada *in natura* é consumida preferencialmente na forma de fritura (Okamura, 2001).

Há uma crescente utilização de batata processada no Brasil, especialmente das batatas fritas, em fatias ou palitos, produzidas pela indústria e por estabelecimentos voltados à alimentação. Assim, o Brasil possui um mercado consumidor em potencial para a batata processada industrialmente na forma de fritura, desde que algumas dificuldades sejam minimizadas. Percebendo tal oportunidade de mercado, nos últimos anos muitas empresas têm surgido para disputar o mercado de processamento da batata, que desde 1974 é liderado e explorado com sucesso pela Elma Chips, apesar das dificuldades enfrentadas por todas as empresas do setor (Elma Chips, 2002; Norio & Fukua, 2001).

Outras empresas vêm atendendo ao mercado por meio de importações de batata processada, principalmente pré-frita congelada. Todavia, tais produtos são cotados a preços elevados no mercado varejista. A indústria nacional poderia fazer frente à concorrência de tais produtos, desde que produzisse também com semelhante padrão de qualidade, o que depende, principalmente, da disponibilidade de matéria-prima com características essenciais ao processamento industrial.

Além do mercado promissor, o processamento da batata no Brasil ainda conta com outra grande vantagem, que é a produção durante todo o ano em algumas regiões, como o sul de Minas Gerais. Deste modo, poder-se-ia atender à estabilidade de fornecimento de matéria-prima à indústria, sem a necessidade de formação de grandes estoques armazenados em câmaras frias, que oneram os custos e depreciam o produto final, pois aumentam os teores de açúcares redutores presentes nos tubérculos.

Apesar dessas vantagens, alguns problemas precisam ser superados, tais como a adaptação da produção à necessidade da indústria (que requer preços mais constantes e matéria-prima de qualidade, conforme o tipo de utilização) e a demanda de cultivares que atendam a tais especificações, segundo as quais

devem possuir atributos necessários à industrialização, como altos teores de matéria seca e baixas concentrações de açúcares redutores; não possuir podridões e mancha chocolate ou coração oco, além de apresentar boa qualidade externa, como olhos pouco profundos; não apresentar crescimento secundário e embonecamento e possuir, ainda, tamanho e formato adequados para cada finalidade (Popp, 1994; Lopes & Buso, 1997; Norio & Fukua, 2001).

2.3 Qualidades para processamento da batata

2.3.1 Matéria Seca

O teor de matéria seca é uma das mais importantes características para o processamento da batata na forma de fritura, sendo que a utilização de tubérculos com elevados teores é essencial para manter um alto rendimento industrial (proporção entre volume de matéria-prima utilizado e volume de produtos obtidos após processamento), uma menor absorção de óleo e, conseqüentemente, maior crocância, afetando, assim, a qualidade final do produto (Melo, 1999; Silva, 1991; Gould, 1989; Zorzella, 1999).

A quantidade de matéria seca é uma característica que depende principalmente do conteúdo de amido nos tubérculos, visto que este constitui o componente principal da matéria seca, conferindo à batata condição de alimento energético (Lorenzo, 1994).

Segundo Chen et al. (2001), o acúmulo de matéria seca nos tubérculos maduros de batata é o resultado da fixação do carbono pela fotossíntese, a síntese de amido e sua conversão em sacarose nas folhas verdes, e pelo transporte da sacarose das folhas até o tubérculo.

A síntese, o transporte e o acúmulo de matéria seca são características quantitativas controladas por vários genes (Haynes & Haynes, 1983) e afetadas por diferentes fatores ambientais, como local, época de cultivo, pragas, doenças,

adubação e manejo de água, dentre outros (Smith, 1975; Chen et al., 2001; Dale & Mackay, 1994; Resstman, 1970; Heemst, 1986; Westermann et al., 1994ab; Reis Júnior & Fontes, 1996; Levy, 1986 e Shock et al., 1993). Na literatura encontram-se valores de herdabilidade variando de 0,38 a 0,72 para o teor de matéria seca na batata (Rodrigues & Pereira, 2003; Salamoni et al. 2000; Capezio et al. 1992/1993).

O primeiro passo a ser tomado para conseguir materiais com elevados teores de matéria seca é plantar cultivares que possuam esta característica genética, visto que o acúmulo de matéria seca pode ser alterado por diversas condições ambientais devido a uma expressiva interação genótipos x ambientes (Feltran et al., 2004; Beukema & Zaag, 1990; Cacace et al., 1994; Melo, 1999).

O teor de matéria seca dos tubérculos aumenta com o desenvolvimento progressivo do ciclo da planta (Melo, 1999); além disso, há variação no teor de matéria seca entre tubérculos de uma mesma planta (Heemst, 1986).

Altas temperaturas, especialmente à noite, quando as plantas estão respirando, e portanto gastando uma quantidade maior de energia, diminuem o teor de matéria seca. Isto explica porque os tubérculos colhidos em condições tropicais apresentam um menor teor de matéria seca do que os colhidos em condições temperadas, quando se utiliza a mesma cultivar (O`Hair, 1985; Manrique, 1989; Malik et al., 1992; Cacace et al., 1994; Menezes, 2001; Fontes & Finger, 1999).

O cálculo dos teores de matéria seca pode ser obtido colocando os tubérculos em estufa a 60°C e deixando-os até que o seu peso fique constante, porém este método é destrutivo, o que provoca a diminuição da sua utilização.

Segundo Schippers (1976), existe uma correlação positiva entre o peso específico e o teor de matéria seca dos tubérculos, e com a expressão algébrica a seguir determina-se o teor de matéria seca; $MS = -217,2 + 221,2 D$, em que MS: matéria seca e D: densidade do tubérculo (peso específico). Sendo assim, a

metodologia mais empregada para determinação da matéria seca é a estimativa do peso específico (Porter et al., 1964; Woodbury & Weinheimer, 1965; Kleinkoff et al., 1987), que se trata de uma metodologia simples e não destrutiva.

Desta forma, o teor de matéria seca é avaliado indiretamente pelo peso específico dos tubérculos, e esta metodologia consiste em obter o peso dos tubérculos no ar e na água, em balança hidrostática; de acordo com a seguinte equação obtém-se o peso específico (Smith, 1975; Kleinkopf et al., 1987):

$$PE = \text{Peso no ar} / (\text{Peso no ar} - \text{Peso na água}).$$

Montaldo (1984) sugere, além da metodologia em balança hidrostática, a utilização de soluções salinas com concentrações conhecidas, variando entre 1,055 a 1,110, sendo doze soluções com intervalo de 0,005, para a determinação do peso específico dos tubérculos. É considerado como o peso específico de um tubérculo aquele correspondente à última solução em que tal tubérculo afundou, isso quando as soluções são colocadas em ordem crescente de concentração. Segundo Talburt & Smith (1975), cada variação de 0,005 unidades do peso específico corresponde a uma variação de 1% de matéria seca.

Para a produção industrial de *chips*, batata palha e palitos, o teor de matéria seca deve ser de 20% a 24%, o que equivale a um peso específico de 1,080 a 1,095 (Pereira, 2000; Almeida et al., 1983;).

Cacace et al. (1994) sugerem que em relação à matéria seca os tubérculos podem ser separados em três grupos: alto teor de matéria seca (valores superiores a 20%), teor intermediário (valores entre 18% e 19,9%) e baixo teor de matéria seca (valores inferiores a 17,9%).

2.3.2 Açúcares Redutores

Os açúcares redutores são açúcares simples, formados nas plantas pelo processo da fotossíntese, combinam-se na forma de sacarose e são transportados

até os tubérculos. Posteriormente, dentro dos tubérculos, a sacarose é transformada em amido e este é armazenado até que a planta pare de produzir açúcares (Gould, 1989).

No processo de respiração dos tubérculos, o amido é hidrolisado à sacarose, e esta, por sua vez, em açúcares redutores, liberando dióxido de carbono e água (Gould, 1989).

Em termos de qualidade para processamento, as altas concentrações de açúcares, principalmente das hexoses, glicose e frutose, são críticas, pois estes açúcares redutores influenciam diretamente a coloração dos produtos processados e, portanto, condicionam a sua aceitação pelos consumidores (Pereira & Costa, 1997; Dale & Mackay, 1994). Além desses açúcares, os teores de ácido ascórbico, ácidos fenólicos e glutamina atuam como agentes secundários do escurecimento. Estes têm ação mais destacada quando os teores de açúcares redutores são mais baixos (Rodriguez-Saona & Wrolstad, 1997).

A principal razão para estes açúcares redutores afetarem a qualidade da batata é o fato de que, sob temperatura de fritura maior que 60°C, começa a ocorrer a reação de Maillard ou reação de escurecimento não enzimático entre os açúcares e os compostos nitrogenados dos grupos de α -aminoácidos presentes nos tubérculos (Pini et al., 2004; Schallenberg et al., 1959; Beukema & Zaag, 1990; Cunningham & Stevenson, 1963; Talburt et al., 1975). Este escurecimento se dá inicialmente entre os grupos carbonilas dos açúcares e o grupamento amina, normalmente de aminoácidos, proteínas e peptídeos, que após várias etapas acabam culminando na formação de melanoidinas, que são compostos escuros de alto peso molecular contendo nitrogênio e também formam compostos voláteis, conferindo odor característico (Bobbio & Bobbio, 1989).

Segundo Melo (1999) e Pereira (2000), os teores de açúcares redutores nos tubérculos de batata indicados para a indústria de batata frita devem estar abaixo de 0,2%. Storey & Davies (1992) acrescentam ainda que os teores de

0,1% são ideais e os acima de 0,33%, inaceitáveis. A cor desenvolvida após fritura pode ser branco amarelado (aceitável), passando por uma coloração ouro (desejável) e marrom escuro (rejeitável).

A capacidade de uma planta acumular maior ou menor concentração de açúcares redutores nos tubérculos é uma característica quantitativa, que é sujeita a uma considerável influência genética devido ao grande número de genes e também à influência ambiental (Stevenson et al., 1954; Melo 1999; Shock et al., 1993). Por sua natureza quantitativa, pode-se então esperar ganhos gradativos com a seleção (Love et al., 1998).

Dentre os inúmeros fatores ambientais que afetam o acúmulo de açúcares redutores pode-se destacar o grau de maturação dos tubérculos na colheita, as condições climáticas e nutricionais de desenvolvimento das plantas, o manejo da lavoura e a temperatura de armazenamento dos tubérculos (Gould, 1988; Melo, 1999; Van Es & Hartmans, 1981; Beukema & Zaag, 1990; Hertog et al., 1997; Kincaid et al., 1993; Shock et al., 1992; Shock et al., 1993).

Caso seja necessário armazenar os tubérculos antes do seu processamento, prática comum em países do Hemisfério Norte, onde a produção de batata ocorre somente uma vez ao ano, deve-se tomar cuidado com a temperatura de armazenamento, pois temperaturas inferiores a 4°C podem induzir ao acúmulo de açúcares redutores nos tubérculos pela conversão do amido em glicose e frutose (Coffin et al., 1987; Shock et al., 1993; Marangoni, 1997; Davies & Viola, 1992; Copp et al., 2000; Sowokinos et al., 1997; Vliet & Schrimenr, 1960; Burton, 1989; Verma et al., 1974; Stevenson et al., 1954; Pressey, 1969; Bacarin, et al., 2005).

O frio altera a composição lipídica das membranas plasmáticas celulares, o que produz um rápido aumento na atividade de diferentes enzimas envolvidas nas diferentes etapas de várias vias bioquímicas relacionadas ao metabolismo de aminoácidos e carboidratos (Guy, 1990; Thomashow, 1990). Durante o

armazenamento a baixas temperaturas, o amido é a única fonte de carbono para a respiração (Isherwood, 1973) e o fornecimento de esqueletos carbônicos para outras rotas biossintéticas (Ileperuma et al., 1998). A conversão do amido para açúcares redutores simples é mediada principalmente via fosforilase, porque a sacarose é o primeiro açúcar a acumular quando os tubérculos são submetidos a baixas temperaturas (Barker, 1968; Isherwood, 1973). Provavelmente, quando o tempo de armazenamento sob baixas temperaturas é longo, ou seja, em torno de 60 dias, as membranas do amiloplasto perdem sua seletividade, deixando os açúcares em contato com enzimas que o degradam. Porém, em algumas cultivares a membrana do amiloplasto não perde sua seletividade nos tempos de armazenamento e a baixas temperaturas, mostrando, assim, que o acúmulo de açúcar redutor sob baixas temperaturas pode ser diferencial para cada cultivar (Edwards et al., 2002).

Segundo Coelho et al. (1999) e Chapper et al. (2002), o acondicionamento consiste de um período de 2 a 4 semanas a 20°C – 24°C depois de armazenamento a frio e resulta numa rápida diminuição dos teores de açúcares redutores em algumas cultivares, melhorando sua condição para fritura. Resultado semelhante foi observado por Edwards et al. (2002), sendo que as cultivares estudadas, após acondicionamento, apresentaram teores de açúcares redutores menores do que as não acondicionadas. Assim, o acondicionamento dos tubérculos de batata após o armazenamento sob baixas temperaturas tem efeito benéfico, pois contribui para a diminuição dos níveis dos açúcares redutores (Bacarin et al., 2005).

De acordo com alguns autores (Habib & Brown, 1956; Verna et al., 1974; Uppal & Verna, 1990), há diferenças genéticas entre clones na acumulação de açúcares relacionados à temperatura de armazenamento da batata. Segundo Isherwood (1976) e Copp et al. (2000), mudanças metabólicas produzidas pelo frio podem induzir a expressão diferencial de certos genes.

O controle genético destinado à reversão e ao recondicionamento é importante no melhoramento da batata e a herdabilidade para a cor de chips tem sido estudada, encontrando-se, na literatura, valores entre 0,32 e 0,49 (Rodrigues & Pereira, 2003; Salamoni et al., 2000; Colon et al., 1989; Ehlenfeldt et al., 1989; Lauer & Shaw, 1970).

Na herança ao recondicionamento parecem estar envolvidos três locos. Tubérculos bons para a produção de *chips* ocorrem quando existe pelo menos um alelo dominante em cada um dos três locos. *Chips* de coloração indesejável ocorrem quando pelo menos um loco tem todos os alelos recessivos. Segundo Thil & Peloquim (1994), para batatas diplóides, os genótipos com uma constituição A_B_C_ são bons para a produção de *chips* claros, enquanto genótipos do tipo A_B_cc são inadequados para a produção de *chips* claros.

Para o melhoramento, as determinações dos níveis de açúcares redutores e o conhecimento do controle genético podem indicar quais cruzamentos devem ser direcionados para processamento e determinar quais genitores devem ser usados para desenvolver variedades para *chips* (Gould, 1989).

Entre os diversos métodos utilizados para determinar as concentrações dos açúcares redutores estão as glicofitas, usadas para determinação de glicose na urina ou no sangue humano, proposto por Neele & Louwes (1989), sendo esta uma metodologia rápida e barata de estimação da glicose. A grande desvantagem desta metodologia é que as concentrações de açúcares redutores observadas nos tubérculos de batata estão bem acima daquelas encontradas no sangue ou na urina humana, diminuindo a precisão experimental dos dados obtidos. Além disso, estas glicofitas não são fáceis de encontrar no mercado, pois estão sendo substituídas por aparelhos que fazem a leitura do teor da glicose nos humanos, e as concentrações dos açúcares nos tubérculos ultrapassam o limite de leitura dos aparelhos.

Cunningham & Stevenson (1963); Pereira & Costa (1997); Douches et al. (1996); Gould (1988) e Rodrigues & Pereira (2003) têm utilizado a coloração desenvolvida pelas fatias de batata após a fritura (*chips*) como uma estimativa indireta da concentração dos açúcares redutores e da qualidade, comparando-as com as tabelas comerciais ilustrativas como as da *Potato Chips and Snack Food Association* dos EUA, que possui uma escala que varia de 1 a 5, sendo os *chips* com escores iguais ou inferiores a 2,5 considerados aceitáveis comercialmente.

Outra forma é a determinação laboratorial, fazendo-se um macerado do tubérculo da batata e utilizando a metodologia DNS (Ácido Dinitrosalicílico), que já fornece os teores de açúcares em porcentagem (Miller, 1959).

Segundo Iratani & Weller (1976) e Salamoni et al. (2000), existe uma correlação negativa e desejável entre as concentrações de açúcares redutores e a matéria seca dos tubérculos. Sendo assim, no melhoramento da batata, a seleção para baixos teores de açúcares redutores resultaria em clones com maior conteúdo de matéria seca.

2.4 Seleção Precoce

A seleção realizada nas primeiras gerações após a hibridação nos programas de melhoramento de batata é denominada de seleção precoce. A vantagem da seleção precoce é poder agilizar o programa e encurtar os ciclos de seleção. De acordo com Pinto et al. (1994), um dos principais fatores que limitam a eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais é a grande variação não-genética entre os clones, em virtude do número limitado de plantas, da não utilização de repetições e do grande número de clones que são avaliados.

A necessidade de reduzir a quantidade de material para que haja avaliação mais precisa nas gerações avançadas faz com que os melhoristas apliquem uma forte pressão de seleção sobre os genótipos nas primeiras gerações clonais.

Inúmeros trabalhos indicam que nenhuma seleção para características de produção deve ser realizada nesta fase e que a seleção nas fases iniciais deveria ser conduzida apenas para características de alta herdabilidade.

Pinto et al. (1994) comentam que a seleção nas primeiras gerações clonais é uma prática rotineira nos programas de melhoramento de batata, mas sua eficiência é baixa quando se trata de caracteres como a produção de tubérculos e seus componentes.

Muitos trabalhos demonstram a baixa eficiência da seleção precoce, mas apóiam a sua realização de maneira branda, eliminando somente aqueles materiais que se mostraram reprováveis para os caracteres de alta herdabilidade (Neele & Lowes, 1989; Maris, 1988; Haynes & Wilson, 1992; Bradshaw et al., 1998; Gopal et al., 1992). Segundo estudo feito por Amaro (2002), a seleção precoce deveria ser recomendada somente com o objetivo de eliminar as piores famílias.

Rodrigues (2001) sugere ainda avançar até a terceira geração clonal para poder realizar com eficiência a seleção de clones superiores quanto aos componentes de produção.

Segundo Amaro (2002), existe correlação de baixa magnitude (0,20) entre a geração de *seedling*, a primeira e a segunda gerações clonais. Porém, os mesmo valores não foram encontrados por Rodrigues & Pereira (2003), que obtiveram correlação de magnitude moderada entre os valores de peso específico nas primeiras gerações, variando de 0,40 a 0,46, possibilitando a seleção de clones nas primeiras gerações clonais de forma moderada.

Sendo assim, uma alternativa para aumentar a eficiência da seleção precoce seria a incorporação de marcadores genéticos como metodologia complementar ao melhoramento convencional (Knapp, 1998), viabilizando, assim, o uso da seleção precoce para caracteres importantes no processamento da batata.

2.5 Marcadores Genéticos

Qualquer forma alélica originada de um genoma pode ser utilizada como um marcador genético, que pode este ser de três tipos principais: marcador morfológico, que é um fenótipo de fácil identificação, que esteja intimamente ligado ao alelo de interesse; marcador bioquímico, aquele derivado da análise de proteínas; e marcador de DNA ou molecular, que revela variações em regiões do DNA, as quais podem ser expressas ou não (Jones et al., 1997; Winter & Kahl, 1995).

Zehr et al. (1992) sugerem o uso de marcadores genéticos para a seleção indireta de caracteres com baixa herdabilidade, possibilitando a identificação de indivíduos superiores de forma mais eficiente.

Um dos principais usos de marcadores em pesquisas agrícolas tem sido na construção de mapas de ligação de diversas culturas, usados para identificar regiões cromossômicas que contêm caracteres controlados por um gene, e caracteres quantitativos usando análise de QTL (Quantitative Trait Loci), que são regiões dentro do genoma que contêm genes associados com uma característica quantitativa particular.

Existem inúmeros relatos na literatura do uso de marcadores genéticos em batata, especificamente de marcadores bioquímicos e moleculares. Estes têm possibilitado muitos avanços e a ampliação das pesquisas no melhoramento da batata. Exemplo disso foi mostrado por Freyre & Douches (1994), que encontraram alguns locos isoenzimáticos associados com peso específico e dormência de tubérculos em batatas diplóides. Rocha et al. (2000) também identificaram dois complexos isoenzimáticos, altamente significativos, associados com a matéria seca em tubérculos de batata silvestre.

2.5.1 Marcadores Isoenzimáticos

O termo isoenzima define um grupo de múltiplas formas moleculares da mesma enzima que ocorre em uma espécie, como resultado da presença de mais de um gene codificando cada uma das enzimas (Moss, 1982).

O princípio básico da técnica reside no uso de eletroforese em gel de amido e na visualização do produto por métodos histoquímicos (Hunter & Markert, 1957).

Segundo Murphy et al. (1990), as diferenças observadas na mobilidade de isoenzimas submetidas a um campo elétrico são devidas a diferenças ao nível de seqüências de DNA que são codificadores de tais enzimas; sendo assim, pressupõe-se que estas diferenças possuam base genética e sejam herdáveis.

Inúmeras são as vantagens do uso de isoenzimas, como rapidez de análise dos locos analisados, embora o número destes seja limitado; são marcadores codominantes, permitindo, assim, a discriminação de locos homozigóticos de heterozigóticos; possuem baixo custo e são de maior facilidade de obtenção quando comparados com outros marcadores. Os marcadores isoenzimáticos possuem algumas limitações, a saber: sofrem uma considerável influência na atividade enzimática em resposta a condições ambientais; o estágio de desenvolvimento da planta pode ocasionar diferenças nas atividades isoenzimáticas; não permitem a cobertura completa do genoma e limitam a construção de mapas genéticos saturados com base em isoenzimas, sendo limitantes especiais para análise de caracteres quantitativos (Ferreira & Grattapaglia, 1998; Desborough & Peloquin, 1968; Ford & Taylor, 1997).

2.5.2 Marcadores Moleculares

Os marcadores moleculares, também chamados de marcadores genômicos ou genotípicos, tiveram sua utilização iniciada na década de 1980.

São capazes de detectar o polimorfismo diretamente ao nível do DNA, não sofrendo qualquer tipo de influência ambiental ou gênica (Souza, 2001).

Na teoria, todo fragmento de DNA pode ser utilizado como marcador molecular desde que revele polimorfismo entre indivíduos. Além disto, possui número ilimitado e é desprovido de efeitos epistáticos ou pleiotrópicos (Souza, 2001).

Comparados aos marcadores morfológicos, os marcadores moleculares oferecem amplas vantagens, pois fornecem um número quase ilimitado de polimorfismos, distribuídos ao longo de todo o genoma, e não sofrem influências dos efeitos ambientais e do estágio fisiológico de desenvolvimento das plantas, permitindo a identificação mais precisa dos genótipos em qualquer estágio de desenvolvimento. Segundo Lanza et al. (2000), os marcadores moleculares aumentam a probabilidade de desenvolvimento de variedades melhoradas, visto que fornecem aos melhoristas informações genéticas adicionais e mais detalhadas dos genótipos.

O uso de marcadores moleculares no melhoramento da batata tem ocorrido de várias maneiras, como para identificação de cultivares (Gebhardt et al., 1989a), estudos filogenéticos (Kardolus et al., 1998), análise entre genomas recombinantes (Williams et al., 1993), identificação de genes controladores de determinadas características (Gebhardt, 1994), resistência a viroses (Kasai et al., 2000) e seleção assistida (Hamalainen et al., 1997). No programa de melhoramento de batata da UFLA, a utilização de marcadores para a resistência a viroses é amplamente realizada e têm obtido bons resultados (Neder, 2005; Ribeiro, 2004; Gadum et al., 2003).

2.5.2.1 PCR (“Polymerase Chain Reaction”)

A técnica PCR (“Polymerase Chain Reaction”) foi desenvolvida em 1984, por Kary Mullis (Mullis & Falloona, 1987). É uma metodologia poderosa para a amplificação *in vitro* de seqüências de DNA usando oligonucleotídeos iniciadores ou *primers* de seqüência conhecida e complementares às extremidades do segmento a ser amplificado, direcionando a síntese de DNA alvo em ciclos repetidos (Mullis, 1990). A reação de PCR é realizada em um termociclador, que fornece as temperaturas e os respectivos tempos adequados à desnaturação da molécula de DNA, separando as fitas complementares, o anelamento dos *primers* e a extensão do DNA em cada ciclo de replicação, durante os 25 a 40 ciclos. Com o uso da tecnologia de PCR, as moléculas simples de DNA podem ser seletivamente amplificadas em alguns milhões de vezes, em poucas horas (Rasmussem & Rasmussem, 1995).

2.5.2.2 RAPD (“Random amplified Polymorphic DNA”)

Em 1990, a técnica de PCR foi alterada independentemente por Williams et al. (1990) e Welsh & Mccelland (1990), utilizando *primers* de seqüência aleatória, dando início a uma nova técnica conhecida como RAPD, que significa polimorfismo de fragmentos aleatórios e amplificados de DNA.

A construção aleatória destes *primers* tornou a técnica muito mais acessível, pois não depende do seqüenciamento. Além disso, utiliza-se um único *primer* ao invés de pares de *primers* utilizados na técnica de PCR e este *primer* é geralmente mais curto, tratando-se de um oligonucleotídeo contendo, na maioria das vezes, 10 bases (Tingey et al., 1992).

O RAPD é uma técnica simples, rápida e com uma grande sensibilidade para detectar polimorfismos, sendo recomendado para experimentos típicos de melhoramento de plantas (Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Contudo existem algumas limitações, como o baixo conteúdo de informação por loco, pois apenas um alelo é detectado, pois se trata de um marcador dominante. Outra limitação é o problema inerente à reprodutibilidade dos padrões de amplificação, que ocorrem principalmente com variação de laboratório para laboratório, como resultado de perfis térmicos diferentes entre diferentes aparelhos termocicladores (Penner et al., 1993a; Wang et al., 1993). Segundo Skroch & Nienhuis (1995), com a padronização das condições de reação de diferentes laboratórios e com a escolha de *primers* que apresentam maior reprodutibilidade, pode-se contornar o problema da reprodutibilidade dos padrões de amplificação.

Segundo Lanza et al. (2000), com a utilização do RAPD consegue-se fazer detecção de apenas dois alelos por loco, sendo que a presença de uma banda no gel identifica indivíduos homozigóticos dominantes (AA) e heterozigóticos (Aa), não permitindo a discriminação entre eles. O alelo recessivo (aa) é identificado pela ausência de banda.

Segundo Skroch et al. (1992), devido ao grande número de *primers* diferentes existe a possibilidade de que alguns *primers* amplifiquem fragmentos do genoma próximos ao alelo de interesse.

O uso deste marcador tem sido amplamente utilizado em várias espécies, inclusive batata, sendo úteis para identificação de variedades, estudos taxonômicos, construção de mapas de ligação e determinação de diversidade genética (Demeke et al., 1992; Demeke et al., 1993; Demeke et al., 1996; Martin et al., 1991).

2.6 Seleção Assistida por Marcadores (SAM)

Selecionar plantas na população segregante que contenha combinações gênicas apropriadas é um componente crítico do melhoramento de plantas (Ribaut & Betran,1999;). Além do mais, melhoristas de plantas geralmente

trabalham com centenas ou até mesmo milhares de populações muito numerosas (Ribaut & Betran, 1999; Wilcombe & Virk, 2001).

A seleção assistida por marcadores poderia aumentar a eficiência do melhoramento de plantas se comparada com os métodos de melhoramento convencionais, visto que os marcadores moleculares não são influenciados pelo ambiente e são transmitidos mendelianamente. Uma vez que os marcadores estejam fortemente ligados, e que genes ou QTLs de interesse já tenham sido identificados, os melhoristas de plantas poderiam utilizar marcadores de DNA específicos como uma ferramenta para identificar plantas que transportam genes ou QTL's (Michelmore, 1995; Ribaut et al., 1997; Young, 1999).

O princípio da seleção assistida é a correlação genética entre a marca e os diferentes genes envolvidos no controle do caráter (Ramalho & Lambert, 2004); sendo assim, ela é uma forma de seleção indireta na qual a marca possui herdabilidade de 100%, uma vez que os marcadores moleculares não são influenciados pelo ambiente. A partir da equação de ganho genético pode-se entender melhor esta metodologia:

$$G = \frac{k\sigma_A^2}{y\sqrt{(\sigma_E^2 + \sigma_{GE}^2 + \sigma_G^2)}},$$

em que:

G: ganho genético, k: diferencial de seleção, y: número de anos por ciclo de seleção, σ_A^2 : variância aditiva, σ_E^2 : variância ambiental, σ_{GE}^2 : variância da interação genótipos por ambientes e σ_G^2 : variância genética.

Sendo assim, vários componentes desta equação podem ser afetados pelo uso dos marcadores moleculares, possibilitando um incremento na eficiência do melhoramento de plantas. Devido à ausência de influência ambiental sobre os marcadores, a variância ambiental e a variância da interação

genótipos por ambientes podem ser eliminadas. Além disto, realizando a seleção diretamente no genótipo, o diferencial de seleção e a variância aditiva poderão ser levados ao extremo.

Algumas vantagens da SAM seriam a seleção de genótipos no estágio de *seedlings*, evitar a transferência de genes indesejáveis ou deletérios; selecionar caracteres com menor herdabilidade; testar características específicas para as quais a avaliação fenotípica não seja possível (por exemplo, resistência a patógenos exóticos), piramidação de genes e aceleração do retrocruzamento.

Em alguns casos o *screening* usando os caracteres fenotípicos é mais barato se comparado com SAM (Bohn et al., 2001; Dreher et al., 2003). Entretanto, em outros casos este *screening* fenotipicamente pode necessitar de muito tempo, ensaios caros, e o uso de marcadores poderiam ser preferíveis. Segundo Yu et al. (2000), alguns estudos envolvendo marcadores para resistência a doenças têm se mostrado mais barato do que métodos convencionais. Em outras situações, avaliações fenotípicas podem consumir maior tempo e ser mais difíceis; sendo assim, os marcadores poderiam ser mais baratos e preferíveis (Dreher et al., 2003; Young, 1999; Yu et al., 2000).

Porém, uma importante consideração, freqüentemente não mencionada, deve ser feita em relação a SAM. Apesar de os marcadores poderem ter um custo mais barato, há um custo inicial de desenvolvimento muito alto. Além disso, é necessário o mapeamento de caracteres de interesse agrônômico de forma a maximizar a correlação genética. Este procedimento requer a construção de mapas de ligação genética com regiões de interesse saturadas de marcadores, o que é demorado e de elevado custo (Melchinger et al., 2004).

Segundo Barone (2004), o mapa molecular da batata é, atualmente, um dos mais saturados com diferentes marcadores moleculares e conta com mais de 350 marcas que cobrem aproximadamente 90% do genoma, tornando-se uma ferramenta valiosa para localizar genes que controlam a expressão de

características de interesse e oferecendo uma ótima oportunidade para o uso da SAM através da análise de DNA, sendo que características como peso específico de tubérculos, coloração de *chips* e conteúdo de amido já tiveram QTLs identificados por alguns pesquisadores (Bonierbale et al., 1993; Freyre & Douches, 1994; Douches & Freyre, 1994; Schafer-Pregl et al., 1998).

Freyre & Douches (1994), utilizando 10 locos isoenzimáticos, 44 RFLPs e 63 RAPD, conseguiram explicar 39 a 45% da variação fenotípica para peso específico, em dois ambientes, utilizando batata diplóide. Sugeriram ainda que se deve utilizar vários ambientes para desenvolver um modelo que poderia ser melhor utilizado na SAM, em programas de melhoramento de batata, do que modelos baseados apenas em único ambiente.

Andreu (2004) conseguiu identificar, em batata, três locos isoenzimáticos, um *primer* de PCR e dois de RAPD, que conseguiram explicar 74,53% e 47,84% da variação fenotípica para peso específico e cor de *chips*, respectivamente. Estes marcadores poderiam auxiliar a SAM para caracteres relacionados com a qualidade de processamento da batata.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Foram plantadas, em 2004, sementes de 20 famílias, tomadas ao acaso, oriundas de cruzamentos do material pertencente ao Banco de Germoplasma da Batata da UFLA (Tabela 2).

TABELA 2 Genealogia das 20 famílias avaliadas.Lavras, 2006.

Família	Cruzamento	Família	Cruzamento
1	ESL 5-10 x Chiquita	12	SR ₁ 7-36 x SR ₁ 4-19
2	Bulk CBM x ESL 5-10	13	ESL 7-06 x CBM 2-06
3	SR ₁ 10-02 x Atlantic	14	ESL 98 x Bulk CBM
4	ESL 31-03 x Bulk CBM	15	ESL 7-06 PL*
5	ESL 24-21 x CBM 8-03	17	ESL 9-27 PL
6	CBM 3-26 x Panda	19	ESL 5-23 PL
8	ESL 2-27 x CBM 16-16	20	Bulk CBM x ESL 7-06
9	CBM 7-12 x Delta Gold	21	ESL 15-21 PL
10	CBM 16-16 x Panda	22	ESL 25-17 PL
11	CBM 7-12 x Panda	23	SR ₁ 4-03 PL

* Polinização livre

3.2 Avaliação de Campo

3.2.1 Geração *seedling* (S)

Após tratamento com ácido giberélico 1500 ppm para quebra da dormência, as sementes botânicas foram semeadas no mês de maio de 2004, em bandejas de isopor contendo substrato organo-mineral para hortaliças, em casa de vegetação do Departamento de Biologia da UFLA. As mudas foram transplantadas, após 35 dias, para vasos de 0,5 L com o mesmo substrato e mantidas em casa de vegetação até completarem o ciclo, entre 100 a 120 dias após o plantio. Durante o ciclo foram realizadas duas adubações foliares, aos 25 e 40 dias após o transplântio, com a formulação 15-15-20 (N-P₂O₅-K₂O), a 0,2% de concentração, na dosagem de 2 litros/m². As irrigações foram diárias e suspensas no final do ciclo.

Na colheita, um tubérculo de cada *seedling* foi avaliado para peso específico por meio de soluções salinas, segundo adaptação feita na metodologia descrita por Montaldo (1984) (Tabela 3). Foi considerada peso específico do *seedling* a concentração da última solução em que o tubérculo afundou. Os tubérculos foram lavados e secados para serem armazenados.

TABELA 3. Relação entre peso específico, concentração de sal em gramas por litros de solução e porcentagem de matéria seca em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*L.).

Peso específico	NaCl (g) x litro de solução*	% de matéria seca
1,055	104,13	14,94
1,060	113,74	15,99
1,065	121,38	17,05
1,070	133,03	18,10
1,075	136,75	19,16
1,080	144,49	20,21
1,085	154,29	21,27
1,090	160,06	22,33
1,095	167,7	23,50
1,100	175,3	24,60
1,105	182,9	25,60
1,110	192,5	26,60

*: Soluções preparadas usando água como solvente.

3.2.2 Primeira Geração Clonal (C1)

O experimento foi instalado em área de produção comercial de batata localizada em Carrancas, sul de Minas Gerais, situada a 21°31' de latitude S, 44°53' de longitude W, a 1052 m de altitude, no período de fevereiro a maio de 2005.

No experimento foi empregado o delineamento em blocos casualizados, com 20 tratamentos e mais três testemunhas. Cada uma das 20 famílias foi representada por 30 plantas (cada uma um clone diferente), distribuídas em três repetições de 10 plantas (clones) cada, totalizando 69 parcelas, cada uma com

5m, contendo 10 tubérculos no espaçamento de 0,50 x 0,80 metros. Foram utilizadas como testemunhas as cultivares Atlantic, Ágata e Asterix .

Foi utilizada como adubação de plantio a formulação 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O), na base de 4000 kg/ha. Aos 40 dias após o plantio foi feita uma adubação nitrogenada de cobertura com sulfato de amônio (300kg/ha), juntamente com amontoa. Irrigações e controle fitossanitário foram realizados conforme a rotina convencional de produção de batata no sul de Minas Gerais.

Foram avaliadas as características:

- ◆ Produção total de tubérculos por planta;
- ◆ Peso específico de tubérculos determinados em balança hidrostática pela expressão: PE = peso ao ar/(peso ao ar – peso em água);
- ◆ Porcentagem de açúcares redutores pela metodologia da DNS (item 3.3.6).

Após a colheita foram tomados, aleatoriamente, 200 clones, 10 por família, para serem avaliados em experimento com repetição e formarem a segunda geração clonal (C-2), que foi avaliada em São João da Mata, MG.

3.2.3 Segunda Geração Clonal (C2)

Duzentos clones mais três testemunhas foram avaliados no delineamento em blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela, espaçadas 0,30 x 0,80 metros. As testemunhas utilizadas foram as cultivares Asterix, Ágata e Atlantic. O experimento foi instalado em área de produção comercial, no município de São João da Mata, sul de Minas Gerais, de setembro de 2005 a janeiro de 2006, situado a 21°55' de latitude S e 45°57' de longitude W , com 1200 m de altitude.

Foi utilizada, como adubação de plantio, a formulação de 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) na base de 3.000 kg/ha. Aos 40 dias após o plantio, foi feita uma adubação nitrogenada de cobertura, com sulfato de amônio (300 kg/ha),

juntamente com amontoa. Os tratos culturais foram realizados conforme a rotina convencional de produção de batata no sul do estado de Minas Gerais.

Foram avaliadas as características:

- ◆ Peso específico de tubérculos determinados em balança hidrostática pela expressão: $PE = \text{peso ao ar} / (\text{peso ao ar} - \text{peso em água})$;
- ◆ Produção total de tubérculos por planta;
- ◆ Porcentagem de tubérculos graúdos = $(\text{peso de tubérculos com diâmetro maior que 45 mm} / \text{peso total de tubérculos}) \times 100$;
- ◆ Coloração desenvolvida pelos tubérculos após fritura, realizada em fritador elétrico, com temperatura de 180°C, por cinco minutos.

3.2.4 Análise de variância dos experimentos

Os dados obtidos de todos os caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o seguinte modelo estatístico para blocos casualizados (Steel & Torrie, 1980):

$$Y_{ij} = m + t_i + r_j + e_{ij}$$

sendo que:

Y_{ij} : é a observação do i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

m : é o efeito fixo da média geral do ensaio;

t_i : é o efeito fixo do i-ésimo tratamento, sendo $i = 1, 2, \dots, n$);

r_j : é o efeito aleatório da j-ésima repetição, sendo $(j = 1, 2 \text{ e } 3)$;

e_{ij} : é o efeito aleatório do erro experimental do i-ésimo tratamento, na j-ésima repetição, assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o programa GENES, desenvolvido por Cruz (2001).

3.2.5 Teste de médias

No experimento de São João da Mata foi utilizado o teste de Scott & Knott (1974) para a comparação entre as médias dos tratamentos.

3.2.6 Estimativa da herdabilidade

As herdabilidades no sentido amplo foram estimadas com base nas esperanças dos quadrados médios das análises de variâncias, conforme o procedimento de Vencovsky & BARRIGA (1992):

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma^2 + \sigma_G^2} \times 100$$

em que:

$\hat{\sigma}_G^2$: é a variância genética;

$\hat{\sigma}^2$: é variância residual.

Os intervalos de confiança para as estimativas das herdabilidades foram obtidos de acordo com as expressões apresentadas por Knap et al. (1985):

$$LI = 1 - [(Q_1 / Q_2) \cdot F_{(1-\alpha/2)}]^{-1}$$

$$LS = 1 - [(Q_1 / Q_2) \cdot F_{(\alpha/2)}]^{-1},$$

em que:

LS: limite superior;

LI: limite inferior;

F: valor tabelado da distribuição F de Snedecor a partir dos graus de liberdade de tratamentos (gl_1) e resíduo (gl_2) e do nível de significância ($\alpha= 0,05$);

Q_1 : quadrado médio de tratamentos;

Q₂: quadrado médio do resíduo.

3.2.7 Correlação de Pearson

Foram estimadas as correlações simples entre as características peso específico de tubérculos e cor de *chips*. O estimador do coeficiente de correlação entre as variáveis X e Y foi dado pela seguinte expressão:

$$\hat{r} = \frac{COV(X, Y)}{\sqrt{V(X)V(Y)}},$$

em que:

$$COV(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{n-1};$$

$$V(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1};$$

$$V(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}.$$

Os coeficientes de correlação foram testados pela estatística t, para verificação da hipótese de nulidade ($H_0: \rho=0$), com base na expressão (Cruz & Regazzi, 1997):

$$t = \left(\frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \right) \sqrt{n-2},$$

em que t está associado a $n-2$ graus de liberdade e nível de significância α .

3.2.8 Estimativas dos coeficientes de variação genético e ambiental

Os coeficientes de variação genético e ambiental foram estimados pelas expressões:

$$\widehat{CV}_G (\%) = \frac{\sqrt{\widehat{\sigma}_G^2}}{\widehat{m}} \quad \text{e} \quad \widehat{CV}_e (\%) = \frac{\sqrt{\widehat{\sigma}^2}}{\widehat{m}},$$

em que:

\widehat{CV}_G : coeficiente de variação genético em %;

\widehat{CV}_e : coeficiente de variação ambiental em %;

$\widehat{\sigma}_G^2$: variância genética;

$\widehat{\sigma}^2$: variância ambiental;

\widehat{m} : média geral do ensaio para a característica considerada.

3.2.9 Seleção de Clones

O experimento instalado em São João da Mata possibilitou a seleção de clones superiores por meio do índice de seleção, com base na soma de postos, proposto por Mulamba & Mock (1978) e recomendado por Barbosa & Pinto (1998). As características consideradas foram o peso específico de tubérculos determinado em balança hidrostática, a produção (g/planta) e a porcentagem de tubérculos graúdos. Para utilização deste índice, os materiais são classificados em relação a cada característica, em ordem favorável ao melhoramento. As

ordens referentes a cada caráter são somadas, resultando em uma medida tomada como índice para a seleção dos clones (Cruz & Regazzi, 1997).

3.3 Avaliações de laboratório

3.3.1 Material experimental

Foram utilizados, para avaliações laboratoriais 200, genótipos de batata, os mesmos plantados no experimento de São João da Mata, MG.

3.3.2 Extração de DNA

Na extração de DNA foi utilizado o procedimento modificado de Rogers e Bendich (1988). Aproximadamente 2g de folhas jovens de cada planta foram macerados com areia esterilizada, juntamente com 10 mL de tampão de extração pré-aquecido a 65°C [2% de brometo de cetiltrimetil-amônia (CTAB), 100mM de TRIS (pH 8,0); 20mM de EDTA (pH 8,0); 1,4M de NaCl; 1% de polivinilpirrolidona (PVP); 8,6mL de água pura] e 40 µl de b-mercaptoetanol. Posteriormente, o material triturado foi colocado em banho-maria (65°C) por 30 minutos, agitando-se a cada 10 minutos. Após o banho-maria, adicionaram-se 10mL da solução clorofórmio:álcool isoamil (24:1), seguido da homogeneização e centrifugação durante 10 minutos a 5000 rpm para separar a fase orgânica da aquosa. O sobrenadante, que contém os ácidos nucléicos, foi misturado com 30mL da solução (6:1) de álcool 95% e acetato de amônio 7,5M e mantido no freezer (-20°C) por uma noite para precipitar o DNA. Após a precipitação, os DNAs foram transferidos para tubos de microcentrifuga “Eppendorf”, centrifugados e secos. Em seguida, os ácidos nucléicos foram reidratados em tampão TE (1mM de TRIS e 0,1 mM de EDTA). Posteriormente, foi realizada a segunda extração com clorofórmio:álcool isoamil (24:1) e os ácidos nucléicos foram precipitados pela adição de, pelo menos, três volumes de uma mistura de

acetato de sódio 3M:etanol 95% (1:20). A solução de álcool acetato de sódio foi eliminada, o DNA dissolvido em 200 µL de TE e quantificado, utilizando-se um fluorímetro Hoefffer Scientific TKO 100, e posteriormente diluído para a concentração de 10ng/mL, utilizada nas reações de amplificação.

3.3.3 Extração de isoenzimas

Para as análises eletroforéticas dos grupos de clones de batata foram utilizados homogenados das folhas jovens coletadas antes da floração, aos 35 dias após o plantio. No procedimento de extração foram usados 300 mg de tecido foliar de cada amostra, 0,5 mg de polivinilpirrolidona - PVP e 1 mL de solução tampão n.º 1 de Alfenas et al. (1998), acrescida de 0,1mL de β-mercaptoetanol. O material foliar foi macerado manualmente com uso de almofariz e pistilo previamente resfriados, sendo a extração feita a baixa temperatura, com a utilização de cubos de gelo em torno do almofariz. Os extratos obtidos na maceração foram colocados em eppendorfs previamente identificados e levados para serem centrifugados a 12.000 rpm a 4°C por 10 minutos, para a separação da fase sólida do sobrenadante. Foram aplicados 40 µL de sobrenadante dos extratos obtidos na maceração com pipeta automática na canaleta do gel para proceder à corrida eletroforética. A eletroforese de isoenzimas foi conduzida em cuba vertical, utilizando-se gel de poliacrilamida como suporte, sendo de 4,5% o gel de concentração e 7,5% o gel de separação. Na corrida eletroforética usou-se corrente de 10 mA para cada gel e o tempo total da corrida foi de 3 horas a 4°C. Foram usados três sistemas enzimáticos, α-esterase, peroxidase e malato desidrogenase, pois foram aqueles identificados por Andreu (2004) como provavelmente ligados ao peso específico de tubérculos.

Após as migrações das amostras no gel foram feitas as revelações a partir da metodologia de Alfenas et al. (1998) e procedeu-se a interpretação dos géis através da análise visual dos zimogramas.

3.3.4 Análise RAPD

Os genótipos foram avaliados com 2 primers decâmeros (Operon Technologies Inc., Alameda, CA, EUA), identificados por Andreu (2004) (Tabela 4). Cada reação foi realizada misturando-se reagentes com as seguintes concentrações: 200 μ M dNTP (mistura equitativa de ATP, GTP, CTP e TTP); 0,6 unidades de Taq DNA polimerase, 0,4 μ M de primer, tampão de reação (50vM de TRIS; 2,0 μ M MgCl₂; 20 μ M KCl; 250 μ g/mL de albumina soro bovino; 1% de ficoll 400; 1 μ M de tartrazine) 20ng de DNA genômico e água pura até o volume de 12mL.

As reações de amplificação foram realizadas em microtubos “Eppendorf” (0,2mL), em termociclador Eppendorf Master Cycler Gradient 5331, com programação para 42 ciclos, subdivididos em 2 programas: 1) nos dois primeiros ciclos, a desnaturação do DNA foi feita a 94°C, por 2 minutos, o anelamento a 37°C, por 15 segundos, e a elongação a 72°C, por um minuto; 2) adicionalmente, mais 40 ciclos de 94°C, por 15 segundos, para desnaturação, 37°C, por 15 segundos, para anelamento, e 72°C, por 1 minuto, para elongação. Finalmente, foi programada uma etapa de 3 minutos a 72°C para elongação final. Após a amplificação, os produtos da reação foram separados por eletroforese em gel de ágar a 2% em tampão TBE (0,045M de TRIS-Borato e 0,001M de EDTA), a 90 volts por 2,5 horas. Os fragmentos de DNA foram corados com brometo de etídeo a uma concentração de 0,5 μ g/mL, visualizados em transiluminador de luz ultravioleta e as imagens, capturadas com câmera digital KODAK DC 290 Zoom.

As bandas foram classificadas visualmente como intensas, médias e fracas, com base na resolução e no grau de amplificação. Foram usadas as bandas intensas e médias para a análise. No gel, cada banda foi considerada um caráter único. A partir das bandas obtidas por esses primers, foi construída uma matriz de zero e um, na qual um indicava a presença de banda e zero, a ausência. Essa matriz foi usada para realizar a análise de variância e estimar os coeficientes de regressão.

3.3.5 Análise de PCR

Foi utilizado um par de primers PCR, especialmente construídos por Andreu (2004) para detectar o gene da amido sintetase (SS) relacionado ao metabolismo dos carboidratos na batata (Tabela 4).

As reações foram efetuadas em termociclador Eppendorf MasterCycler Gradient 5331. As reações foram constituídas por 30ng de DNA; 200 μ M dNTP; 0,6 unidades de Taq DNA polimerase; 0,2 μ M de cada primer; tampão de reação (50 μ M TRIS, 2 μ M MgCl₂, 20 μ M KCl, 250mg/mL de Albumina soro bovino, 1% de ficoll 400, 1 mM de tartrazine) e água pura até o volume de 14 μ L. A reação de PCR incluiu uma desnaturação inicial a 94°C, por dois minutos, seguida por 28 ciclos com desnaturação a 94°C por 30 segundos, anelamento com temperatura variável de acordo com as especificações dadas para o par de primers por 30 segundos e alongação a 72°C, por um minuto, com uma etapa de extensão final por 5 minutos a 72°C. Os fragmentos obtidos foram separados em gel de agarose preparados com TBE 1X (0,045M de tris-borato e 2,0mM EDTA), com a concentração de 2,5%. A eletroforese foi conduzida em tampão TBE 1X a voltagem constante de 100V, durante um período variável de 3,5 a 4 horas. A visualização do gel foi efetuada sobre luz UV e registrada no computador por câmara fotográfica digital KODAK DC 290 Zoom.

TABELA 4. Primers identificados por Andreu (2004) polimórficos para caracteres de qualidade de processamento.

<i>Primer</i>	<i>Seqüência (5'→ 3')</i>	Tipo
OPA-10	GTGATCGCAG	RAPD
OPG-05	CTGAGACGGA	RAPD
SS	TCTCTTGACACGTGTCACTGAAAC TCACCGATTACAGTAGGCAAGAGA	PCR

3.3.6 Extração de Açúcares Redutores

Para a extração de açúcares redutores foi utilizada uma amostra de aproximadamente 3g da parte mediana do tubérculo que foi macerada em almofariz juntamente com 4 mL do tampão de extração [8ml de Tampão Fosfato de Potássio (100mM, pH=7,0) e 0,02827g de Ácido Ascórbico (20mM)]. O macerado foi colocado em banho Maria por 30 minutos a 40°C, agitado a cada 10 minutos e centrifugado por 10 minutos a 5.000rpm. O sobrenadante foi coletado e deixado na geladeira. Adicionaram-se mais 4 mL do tampão de extração ao precipitado e a mistura foi levada ao banho Maria por mais 20 minutos, agitada a cada 10 minutos e centrifugada por 10 minutos a 5.000rpm. O sobrenadante foi coletado e juntado ao que já estava na geladeira.

Para quantificação preparou-se o Reagente de DNS, constituído de 30g de Tartarato de Sódio e Potássio (dissolvido em 50mL de água); 1,6g de Hidróxido de Sódio (dissolvido em volume total de 20mL) e 1,0 g de DNS (Ácido Dinitrosalicílico). Adicionaram-se todos os reagentes e completou-se o volume para 100mL. Determinou-se a curva padrão de acordo com os valores da Tabela 5.

TABELA 5. Quantidade de reagentes, em mililitros, utilizados para determinar a curva padrão necessária para determinação dos teores de açúcares redutores.

Tubos	Glicose (10mM)	Água	DNS
1	0,0	0,75	0,5
2	0,1	0,65	0,5
3	0,2	0,55	0,5
4	0,3	0,45	0,5
5	0,4	0,35	0,5

Para análise adicionaram-se 0,5mL de DNS, 0,4mL da amostra e 0,35mL de água. Misturaram-se bem os reagentes, os quais foram levados ao banho Maria a 100°C por 5 minutos; após o esfriamento, o volume do material foi completado com água para atingir 5mL, misturando-o, e então procedeu-se a leitura em espectrofotômetro a 540nm.

3.4 Análise de Regressão Múltipla *Stepwise*

Para eliminação de marcas não informativas utilizou-se o procedimento de eliminação de variáveis *stepwise*.

O modelo estatístico adotado foi:

$$Y_i = b_0 + b_1 M_1 + b_2 M_2 + e_i$$

em que Y_i representa o fenótipo da i -ésima planta; M_1 e M_2 representam as marcas polimórficas dos marcadores, sendo 0 ou 1.

O procedimento *stepwise* inicia-se considerando o modelo só com o intercepto; em seguida, procura-se o “melhor” submodelo pela inserção de regressores (marcas) ao modelo, uma de cada vez.

As marcas foram incluídas ao modelo quando o valor da estatística F_{parcial} excedeu um valor F a determinado nível de significância. O procedimento foi repetido até que nenhuma outra marca tenha sido significativa.

$$F_{\text{parcial}} = \text{SQR}(m_2, m_1) / \text{QMR}(m_1, m_2),$$

em que,

$\text{SQR}(m_2, m_1)$: Soma de Quadrados do Resíduo da marca 2 ajustado para o efeito da primeira marca;

$\text{QMR}(m_1, m_2)$: Quadrado Médio do Resíduo das marcas regressoras.

A cada passo todas as marcas previamente incluídas no modelo foram testadas via a estatística F_{parcial} para sua permanência. Desse modo, um marcador previamente adicionado ao modelo pode ser eliminado em um passo subsequente por ter-se tornado redundante devido à inclusão de outro(s) marcador (es). Para isto foi considerado o nível de significância de 10%, tanto para a entrada das marcas no modelo (f_{entrada}) quanto para a sua permanência ($f_{\text{saída}}$).

Para realizar esta análise foi utilizado o programa GQMOL versão 2005.6.1 (Cruz & Schuster, 2004)

3.5 Eficiência da Seleção Assistida

Para a realização da seleção assistida foi utilizado o procedimento “Seleção Assistida” existente no programa GQMOL (Cruz & Schuster, 2004).

Foi obtido um *score* com o somatório das marcas, presença (1) e ausência (0), que fossem relativos aos marcadores selecionados pela regressão múltipla *stepwise*, associados a cada característica avaliada. Foram selecionados os indivíduos com maiores scores e, destes, calculado o diferencial de seleção (*ds*) em relação à média da população original. O *ds* destes indivíduos selecionados foi comparado com o *ds* dos indivíduos fenotipicamente superiores, e a partir daí observou-se qual o método de seleção obteve maior superioridade em relação à média original.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Geração *seedling* (S)

Na Figura 1 está representada a distribuição de frequência para o peso específico dos tubérculos, obtidos na geração de *seedlings*, determinados em soluções salinas.

A média do peso específico de tubérculos da população *seedling* foi de 1,0851, que é superior aos valores encontrados por Lambert (2001), Souza (1999) e Gadum (2001) em condições de campo em Lavras. Esse valor também foi superior ao encontrado por Amaro (2002) em condições de casa de vegetação. Aproximadamente 65,2% dos *seedlings* apresentaram peso específico de tubérculos igual ou superior a 1,080, que é considerado um valor alto. Isto pode ser devido às condições de cultivo dentro da casa de vegetação e com substrato organo-mineral próprio para hortaliças.

As médias dos pesos específicos dos tubérculos das 20 famílias são apresentadas na Tabela 6. Observa-se que 14 famílias (70%) apresentaram médias iguais ou superiores a 1,080 (20,2% de matéria seca). Assim, estas famílias possuem valores de peso específico que, segundo Gould (1988), são valores desejáveis para o processamento industrial. Esta informação é importante na seleção precoce, pois indica quais famílias possuem maior potencial de produção de clones superiores para tal característica, de maneira a investir mais nestas famílias. Este procedimento é relatado por Neele & Louwes (1989), Simmonds (1996), Gopal (1997) e Amaro (2002) como proposta para redução de custos e aumento da eficiência dos trabalhos nos programas de melhoramento da batata.

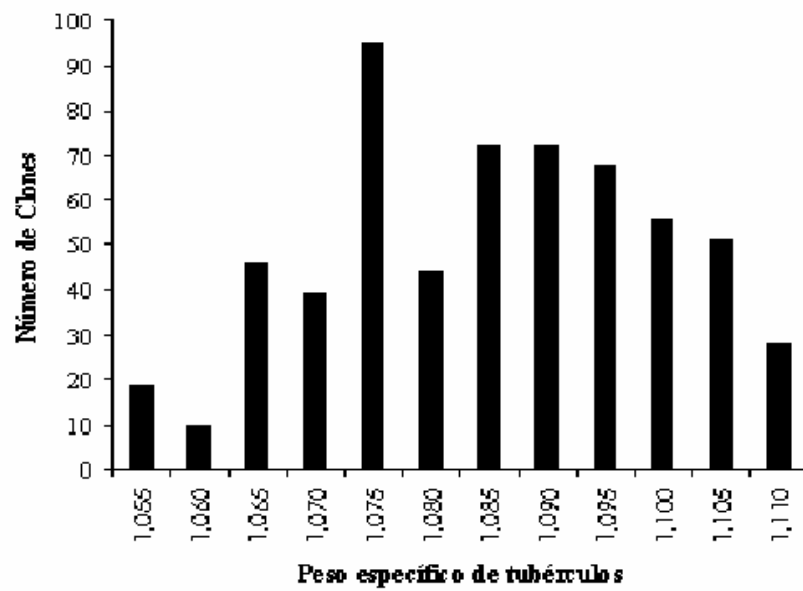


FIGURA 1. Distribuição de freqüência dos pesos específicos dos tubérculos de 600 *seedlings* de batata, de 20 famílias.

TABELA 6. Peso específico médio dos tubérculos, determinado em soluções salinas (PES) das 20 famílias na geração de *seedling*. Lavras, 2005.

Família	Cruzamento	PES
1	ESL 5-10 x Chiquita	1,079
2	Bulk CBM's x ESL 5-10	1,086
3	SR ₁ 10-02 x Atlantic	1,077
4	ESL 31-03 x Bulk CBM's	1,090
5	ESL 24-21 x CBM 8-03	1,090
6	CBM 3-26 x Panda	1,096
8	ESL 2-27 x CBM 16-16	1,079
9	CBM 7-12 x Delta Gold	1,075
10	CBM 16-16 x Panda	1,080
11	CBM 7-12 x Panda	1,089
12	SR ₁ 7-36 x SR ₁ 4-19	1,091
13	ESL 7-06 x CBM 2-06	1,089
14	ESL 98 x Bulk CBM's	1,071
15	ESL 7-06 PL*	1,090
17	ESL 9-27 PL	1,079
19	ESL 5-23 PL	1,088
20	Bulk CBM's x ESL 7-06	1,092
21	ESL 15-21 a PL	1,089
22	ESL 25-17 PL	1,093
23	SR ₁ 4-03 PL	1,081
Média		1,0851

* PL: Polinização livre

4.2 Primeira Geração Clonal (C1)

Devido a perdas durante a condução do experimento, dos 600 clones incluídos inicialmente, apenas 492 clones foram avaliados. A distribuição de freqüência do peso específico destes clones, obtido em balança hidrostática, foi diferente da apresentada na geração de *seedling*. A média foi de 1,064, valor bem inferior ao da geração anterior devido à enorme influência das condições ambientais sobre esta característica (Figura 2).

As testemunhas apresentaram peso específico de tubérculos de 1,058 (Asterix), 1,065 (Atlantic) e 1,041 (Ágata). Apenas a testemunha Atlantic apresentou valor superior à média geral dos clones. Aproximadamente 50% dos clones tiveram desempenho superior a todas as testemunhas. Porém, estes valores estão abaixo dos normalmente encontrados para estas testemunhas em condições normais de cultivo. Devido ao tipo de solo encontrado em Carrancas-MG, normalmente os experimentos conduzidos nesta região apresentam valores de peso específico abaixo do esperado.

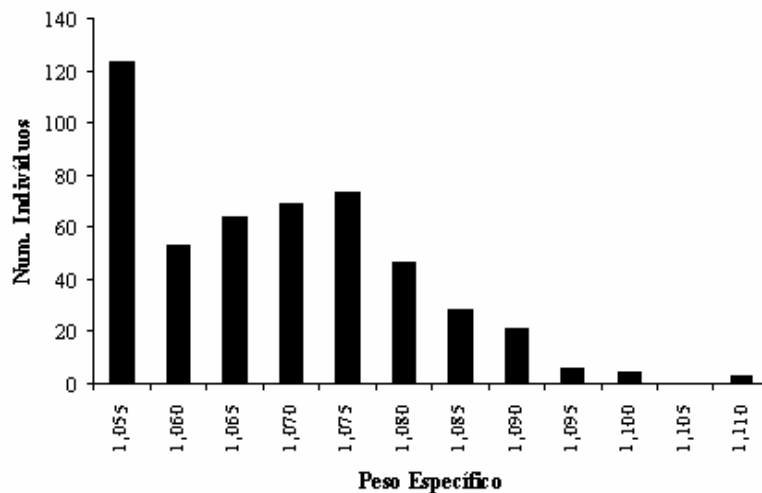


FIGURA 2. Distribuição de freqüência para peso específico de tubérculos de 492 clones de batata da geração C1. Lavras, 2005.

O resumo da análise de variância para a produção de tubérculos e peso específico das 20 famílias avaliadas encontra-se na Tabela 7. Houve diferenças significativas entre as famílias para ambas as características ($P \geq 99\%$). O coeficiente de variação para produção de tubérculos por planta foi de 20,16%, o que não é considerado alto. Valores semelhantes foram relatados por Vermmer (1990), que fez um amplo levantamento de experimentos realizados em várias localidades.

TABELA 7. Resumo das análises de variância na geração C1 para a produção de tubérculos (g/planta) e peso específico de tubérculos. Lavras, 2005.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Produção (g/planta)	Peso específico
Famílias	19	43874,54**	$1,8 \times 10^{-4}$ **
Resíduo	38	13865,57	$0,66 \times 10^{-4}$
Média		584,14	1,0636
CV_e		20,16	0,763
h^2_a (%)		69,39	63,43
IC da h^2_a		26,0 a 85,0	14,1 a 82,6
σ^2_G		10002,99	0,000038
CV_G (%)		17,12	0,5807
CVg/CVe		0,8494	0,7604

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; CV_e : coeficiente de variação ambiental; CV_G : coeficiente de variação genética; h^2_a : herdabilidade no sentido amplo; σ^2_G : variância genética, IC: intervalo de confiança da h^2_a .

O caráter peso específico de tubérculos apresentou um coeficiente de variação de 0,76%, que é relativamente baixo, comum para este caráter. A relação CV_g/CV_e também foi menor que 1,0, indicando uma situação menos favorável para se aplicar a seleção de clones nessa geração (Vencovsky & Barriga, 1992). As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram de 69,39% para produção por planta e 63,43% para peso específico de tubérculos, valores moderadamente altos.

Os 200 clones selecionados para participar da segunda geração clonal foram avaliados quanto aos seus teores de açúcares redutores. Destes, apenas 198 foram considerados devido à perda de dois clones. Na tabela 8 está a análise de variância para o teor de açúcar redutor.

TABELA 8. Resumo das análises de variância na geração C1 para o teor de açúcares redutores (%) presentes nos tubérculos. Lavras, 2005.

FV	GL	Q.M.
Clones	197	0,010309**
Resíduo	197	0,002415
Média		0,284
CV_e		17,281
h^2_a (%)		76,57
IC da h^2_a		69,0 a 82,3
σ^2_G		0,003947
CV_G (%)		22,094
CV_g/CV_e		1,2785

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; CV_e : coeficiente de variação ambiental; CV_G : coeficiente de variação genética; h^2_a : herdabilidade no sentido amplo; σ^2_G : variância genética, IC: intervalo de confiança.

Houve diferenças significativas entre os clones para a característica avaliada ($P \geq 99\%$). O coeficiente de variação ambiental obtido foi de 17,28%, que é inferior ao obtido por Andreu (2004) para a cor de chips.

O valor de herdabilidade se mostrou alto (76,57%), indicando que a seleção poderia ser realizada com eficiência, visto que o fenótipo expressa satisfatoriamente o genótipo dos clones.

A relação CV_g/CV_e foi superior, 1,27, indicando uma condição favorável para realizar a seleção de clones (Vencovsky & Barriga, 1992).

A média do teor de açúcar foi de 0,284%, valor inferior ao recomendado por Storey & Davies (1992) para a fritura. Porém, segundo Melo (1999) e Pereira (2000), os valores ideais para a indústria seriam inferiores a 0,2%. Entretanto, durante a extração dos açúcares aconteceram alguns empecilhos que atrasaram o tempo da extração e alguns tubérculos iniciaram o processo de brotação, o qual aumenta os teores de açúcares redutores presentes nos tubérculos. Soma-se a isto o fato de que realmente existem clones não adequados para a fritura e que, de fato, possuem alto teor de açúcares redutores, podendo estas serem as causas de os valores se encontrarem acima do esperado.

4.3 Segunda Geração Clonal (C2)

Dos 200 clones plantados foram avaliados apenas 196, devido a perdas ocorridas durante a condução do experimento. A distribuição de frequência do peso específico obtido em balança hidrostática encontra-se na Figura 3. A média para o peso específico de tubérculos foi de 1,0736. Este valor é intermediário em relação aos observados na geração *seedlings* e geração C1.

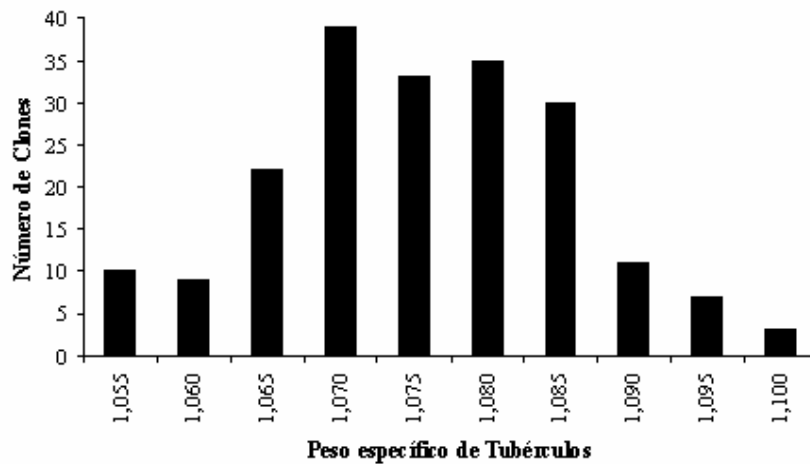


FIGURA 3. Distribuição de freqüência para peso específico de tubérculos dos 196 clones da geração C2 (São João da Mata).

Os pesos específicos observados para as testemunhas Asterix (1,0618), Ágata (1,043) e Atlantic (1,0684) mostraram-se ligeiramente superiores aos observados por estas mesmas testemunhas na geração C1, mas mesmo assim encontram-se abaixo do normalmente observado. Porém, nenhuma das testemunhas apresentou valor superior ao da média geral dos clones. Isto demonstra que existem clones potencialmente úteis para utilização no processamento industrial. De todos os clones avaliados, aproximadamente 68,4% tiveram desempenho superior a todas as testemunhas.

O resumo das análises de variância para a produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos encontra-se na Tabela 9.

Houve diferenças significativas entre os clones para todas as características avaliadas ($P \geq 99\%$). A média geral para a produção de tubérculos foi de 905,0 g/planta, enquanto as médias das testemunhas foram de 1.141g/planta para a cultivar Asterix; de 433.3 g/planta para a cultivar Ágata e

de 1.029g/planta para a cultivar Atlantic. Em 46 clones (23% da população) a produção de tubérculos foi acima da média da testemunha mais produtiva (Asterix), portanto espera-se a obtenção de clones com alto potencial produtivo, o que poderá ser confirmado em posteriores avaliações. A porcentagem média de tubérculos graúdos foi de 64,8%. As testemunhas tiveram desempenho de 68,0% para Asterix, 62,7% para Ágata e 72,9% para Atlantic.

A média geral do peso específico de tubérculos foi de 1,0736 (aproximadamente 20,3% de matéria seca). As testemunhas apresentaram média para peso específico correspondente a 1,062 para Asterix, 1,043 para Ágata e 1,068 para Atlantic. Houve 136 clones (68,3% da população) que se destacaram por apresentar peso específico de tubérculos superior ao da cultivar Atlantic. Deve-se destacar ainda que essa é a principal cultivar utilizada industrialmente no Brasil para a produção de *chips*. Sendo assim, espera-se que nesta população consigam-se obter clones que sejam aptos a serem utilizados para processamento.

O coeficiente de variação foi de 51,8% para a produção de tubérculos por planta. Este valor se encontra alto para esta característica, que na cultura da batata é em torno de 30%. Porém, devido ao baixo número de tubérculos por parcela, as condições desfavoráveis ocorridas durante a condução do experimento e a contagem do número de plantas realizada sem a utilização de linha para separar as parcelas, era esperado que o valor fosse elevado. O coeficiente de variação para porcentagem de tubérculos graúdos foi de 27,2%, semelhante ao encontrado por Andreu (2004), Amaro (2002) e Lambert (2001). Para o peso específico de tubérculos o coeficiente de variação foi de 0,93%, que é um valor baixo, comum para esta característica. Valores semelhantes foram encontrados por Amaro (2002) e Andreu (2004).

TABELA 9. Resumo das análises de variância na geração C2 para as características produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Produção (g/planta)	Peso específico (x10 ⁻⁴)	% Tubérculos Graúdos
Clones	198	332507,102**	3,32**	713,539**
Genótipos (G)	195	333100,119**	3,2**	723,290**
Testemunha (T)	2	434704,861	5,22**	76,467
G vs T	1	12473,179	23,09**	86,161
Resíduo	396	220564,765	0,000101	312,278
Média geral		905,0	1,0736	64,83
Média genótipo		905,56	1,0738	64,78
Media testemunha		868,05	1,0577	67,90
CV _e		51,89	0,9356	27,25
h ² _a (%)		33,78	68,46	56,82
IC da h ² _a		15,1 a 47,6	61,0 a 76,0	44,0 a 65,5
σ ² _G		37511,78	0,000073	137,004
CV _G (%)		21,38	0,7957	18,067
CV _G /CV _e		0,4124	0,8506	0,6624

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; CV_e: coeficiente de variação ambiental; CV_G: coeficiente de variação genética; h²_a: herdabilidade no sentido amplo; σ²_G: variância genética, IC: intervalo de confiança.

Os 20 melhores clones selecionados com base no índice de Mulamba & Mock (1978) se encontram na Tabela 10. Nota-se que para a característica peso específico de tubérculos, todos os indivíduos selecionados foram superiores às testemunhas avaliadas.

TABELA 10. Média dos 20 melhores clones selecionados com base no índice de Mulamba & Mock (1978) e das testemunhas, para peso específico de tubérculos, produção por planta, porcentagem de tubérculos graúdos. São João da Mata, 2006.

Identificação (Família-clone)	Peso específico de tubérculos	Produção (g/planta)	% de tubérculos graúdos	Índice de Mulamba & Mock
LLB 19-13	1,090 a	2.304 a	87,2 a	18
LLB 4-03	1,090 a	1.538 a	81,1 a	45
LLB 6-06	1,103 a	1.667 a	77,9 a	46
LLB 20-10	1,097 a	1.683 a	76,3 a	52
LLB 4-05	1,085 a	1.438 a	79,8 a	68
LLB 13-15	1,084 a	1.250 a	80,9 a	82
LLB 5-15	1,085 a	1.250 a	79,4 a	83
LLB 11-16	1,088 a	1.142 a	82,0 a	83
LLB 22-08	1,078 a	1.525 a	85,0 a	85
LLB 11-23	1,079 a	1.492 a	83,9 a	90
LLB 23-09	1,081 a	1.433 a	80,8 a	92
LLB 13-11	1,077 a	1.375 a	91,0 a	103
LLB 17-15	1,089 a	1.142 a	77,9 a	104
LLB 6-10	1,085 a	1.458 a	73,5 a	109
LLB 14-13	1,075 a	1.571 a	84,1 a	111
LLB 10-05	1,088 a	1.817 a	69,2 a	114
LLB 11-20	1,084 a	1.046 a	81,5 a	116
LLB 20-28	1,077 a	1.200 a	85,4 a	117
LLB 6-18	1,091 a	1.204 a	71,6 a	118
LLB 2-28	1,095 a	992 a	77,6 a	124
Asterix	1,062 c	1.142 a	68,1 a	318
Ágata	1,043 c	433 b	62,8 a	510
Atlantic	1,068 b	1.029 a	72,9 a	275
Média Geral	1,074	905	64,8	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

4.4 Coeficientes de correlação entre gerações

Uma das formas de estimar a eficiência da seleção nas diferentes gerações clonais é por meio dos coeficientes de correlação entre as gerações. Assim, deveriam ser esperadas correlações elevadas entre as gerações se o comportamento dos clones fosse semelhante através das mesmas. Para se ter idéia da eficiência da seleção, foram estimadas as correlações de Pearson (correlações simples) entre as gerações para algumas características.

Os coeficientes de correlação simples entre as gerações S (Lavras), C1 (Carrancas) e C2 (São João da Mata) para as características produção (g/planta), peso específico de tubérculos e cor de *chips* encontram-se na Tabela 11.

Em geral, os coeficientes de correlação foram baixos entre as gerações, embora a maioria tenha sido significativa, com exceção da cor de *chips* entre C1 x C2. Diversos fatores podem ter contribuído para as baixas correlações. A geração S foi cultivada em casa de vegetação contendo substrato organo-mineral, já as gerações C1 e C2 foram cultivadas em campo comercial de produção de batata. Aliado a isto, à medida que as gerações vão avançando há uma tendência de aumento das correlações pelo fato de o comportamento destas gerações avançadas ser semelhantes e, principalmente, deixarem de existir grandes diferenças em tamanho e fisiologia da batata-semente. Por fim, na geração C1 e C2, o peso específico foi calculado por balança hidrostática, enquanto, na geração S, foi obtido através de soluções salinas.

Para a cor de *chips* a correlação entre as gerações C1 e C2 não foi significativa, o que pode ser devido ao diferente modo de estimar os teores de açúcares redutores nestas gerações. Na geração C1 foi obtida a porcentagem de açúcares redutores pela metodologia DNS, e na C2 foi feita uma avaliação indireta pela coloração exibida pelo clone após fritura. Segundo Thill & Peloquin (1995), genótipos que são indicados para o processamento na forma de *chips* devem apresentar-se dentro de um escore aceitável já nas primeiras gerações clonais.

TABELA 11. Coeficientes de correlação de Pearson entre gerações de seleção para as características agrônômicas e de processamento.

Características	S x C1	S x C2	C1 x C2
Produção (g/planta)			0,16*
Peso Específico	0,22**	0,26**	0,42**
Cor de <i>chips</i> / teor de açúcares redutores			0,12 ns

* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste t, respectivamente; ns: não significativo pelo teste t.

Um dos principais fatores que deve ter contribuído para limitar os valores de correlações nestas gerações foi a variação não genética entre os clones. Esta se deve, entre outros fatores, ao número limitado de plantas e à não utilização de repetições na C1 devido à pouca disponibilidade de tubérculos existentes. Resultado semelhante foi observado por Amaro (2002), estudando as correlações existentes entre as gerações S, C1 e C2 para a característica peso específico de tubérculos.

Segundo Amaro (2002), dados não publicados de trabalhos do Programa de Melhoramento de Batata da UFLA sobre peso específico dos tubérculos determinado em balança hidrostática em várias gerações clonais apresentaram a média de correlação entre duas gerações de 0,55. Estes resultados são mais satisfatórios para a prática de seleção. Todavia, os dados foram coletados em gerações mais avançadas e determinados com base em amostras de 2 a 3 Kg de tubérculos e são médias obtidas de duas ou três parcelas.

Os resultados aqui obtidos confirmam a dificuldade de se praticar a seleção nas primeiras gerações de um programa de melhoramento de batata,

visto que a disponibilidade de batata-semente é limitada e o número de genótipos é elevado. Como consequência, ocorre a redução na precisão das avaliações, o que compromete a eficiência das seleções nestas situações.

As correlações obtidas para estes caracteres importantes no processamento industrial na forma de fritura mostraram-se na sua maioria significativas, porém foram baixas, evidenciando a dificuldade de se obter eficiência nas seleções precoces para estas características. Estes resultados confirmam as informações de Dale & Mackay (1994) de que tais características são controladas por vários genes e, assim, fortemente influenciadas pelo ambiente.

4.5 Resposta Correlacionada

Devido à indisponibilidade dos valores de herdabilidade em todas as gerações avaliadas, para calcular a resposta correlacionada da característica peso específico de tubérculos nas três safras foi utilizado o valor do diferencial de seleção (ds), que mostra a relação de superioridade dos indivíduos selecionados em relação a todos os indivíduos da população.

Na Figura 4 verifica-se a variação do diferencial de seleção na seleção dos 20 indivíduos superiores na geração S e o desempenho deles na geração C1 e C2. Verifica-se também a seleção dos 20 indivíduos que se mostraram superiores em C1 e seu desempenho em C2 e, ainda, o desempenho dos 20 indivíduos que foram superiores em C2.

A seleção feita na fase de S propiciou os menores valores para o $ds(\%)$ nas gerações subsequentes, confirmando que a seleção precoce realizada nesta fase não seria a ideal. A média original da população na fase S foi de 1,085, e a média dos indivíduos selecionados nesta fase foi de 1,107, o que representa um $ds(\%)$ de 2,02. Estes indivíduos selecionados em S proporcionariam um ds em C1 de 0,467%. Este valor é inferior ao obtido selecionando-se os indivíduos

apenas em C1, que seria de 2,058%, uma vez que a média da população na fase C1 foi de 1,091.

Resultado semelhante foi observado na fase C2, para a qual haveria uma superioridade em relação à média (1,074) de 0,558% se a seleção tivesse ocorrido na fase S, e um valor de 1,676% se esta seleção ocorresse apenas em C2. O mesmo ocorreu realizando a seleção na fase C1, em que o ds da fase C2 seria de apenas 0,83%.

Sendo assim, se a seleção fosse feita na fase C1, esta teria um ds (%) de 2,058, o que representa um valor quatro vezes superior se tivesse sido realizada a seleção já na fase S. Em relação ao comportamento de C2, verifica-se que a seleção nesta fase nos daria um ds de 1,67, que é aproximadamente três vezes superior ao obtido caso a seleção fosse realizado na fase S. Esta diferença de 1,12% considerando a herdabilidade da geração C2, que foi de 0,68, corresponde a um ganho de seleção de 0,76% que deixaria de ser obtido. Esse valor corresponde a 66,6% do ganho que seria obtido com a seleção realizada diretamente na fase C2.

Devido aos baixos valores obtidos nas correlações entre as gerações, já se esperava que os ganhos obtidos com a seleção precoce dos clones não fossem satisfatórios; este resultado só reitera mais uma vez a necessidade de avançar algumas gerações para, aí sim, poder realizar a seleção dos materiais superiores para a característica peso específico dos tubérculos.

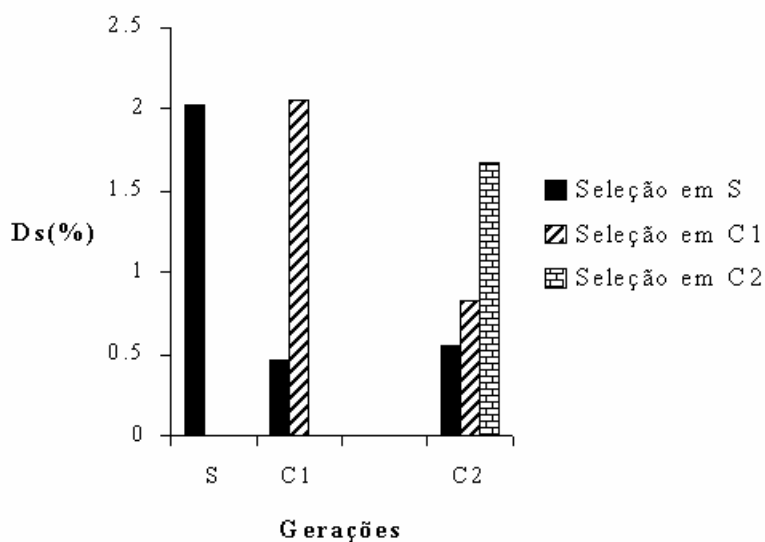


Figura 4. Desempenho dos 20 clones superiores para peso específico de tubérculos selecionados nas gerações S, C1 e C2, e suas respostas observadas nas gerações subsequentes.

4.6 Avaliações de laboratório

Dos *primers* identificados por Andreu (2004) como sendo relacionados às características de processamento industrial, apenas o *primer* OPG-05 de RAPD não foi utilizado nas análises, visto que não se conseguiu repetir o padrão de bandas identificados por aquele autor.

O *primer* de RAPD OPA-10 e o *primer* de PCR utilizado produziram, respectivamente, quatro e um loco polimórficos e foram submetidos a análises. O polimorfismo encontrado foi semelhante ao detectado por Andreu (2004); cinco locos polimórficos foram encontrados utilizando o *primer* OPA-10 e um loco polimórfico, com o *primer* de PCR.

Os três sistemas isoenzimáticos (EST, MDH e PO) utilizados apresentaram um total de 11 bandas polimórficas, sendo três identificadas no sistema α -esterase, quatro na peroxidase e quatro na malato desidrogenase, sendo que a coleta do material foi feita apenas antes da floração.

4.6.1 Regressão linear múltipla *Stepwise*

Os resultados da análise de regressão múltipla das 16 bandas polimórficas avaliadas indicaram que três bandas isoenzimáticas mostraram associação significativa com o peso específico. Nenhuma marca foi significativa para a característica peso específico, determinada em solução salina durante a fase S. Para cor de *chips* a análise de regressão indicou uma associação significativa de um loco de RAPD e seis bandas isoenzimáticas.

O loco polimórfico do *primer* de PCR e as bandas polimórficas oriundas do sistema isoenzimático α -esterase não tiveram associação significativa com nenhuma das características avaliadas neste trabalho.

Na tabela 12 encontra-se o resumo da análise de variância para a característica peso específico de tubérculos na geração C1 (Carrancas-MG). Das 16 marcas inicialmente utilizadas no modelo, apenas duas fazem parte do modelo final por apresentarem associação significativa, determinada pela regressão múltipla.

De modo similar, foram realizadas as análises para a característica peso específico de tubérculos na geração C2 (São João da Mata -MG). O resumo da análise de variância se encontra na tabela 13. Verifica-se a existência de apenas uma marca (PO-3), pertencente ao sistema enzimático peroxidase, significativa na identificação desta característica.

TABELA 12. Resumo da análise de variância do modelo final para a característica peso específico de tubérculo de batata na geração C1 (Carrancas-MG).

FV	GL	QM
Regressão	2	0,00071*
PO-4	1	0,0007*
MDH-2	1	0,00061 ^x
Desvio	185	0,00018

*e ^x: significativo a 5% e 10% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

TABELA 13. Resumo da análise de variância do modelo final para a característica peso específico de tubérculo de batata na geração C2 (São João da Mata -MG).

FV	GL	QM
Regressão	1	0,00059*
Desvio	186	0,00011

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a porcentagem de açúcares redutores, determinada pela metodologia DNS, foram encontrados cinco marcas significativas pela análise de regressão múltipla. Destas, uma é proveniente do *primer* de RAPD e as outras quatro são referentes a locos isoenzimáticos. O resumo da análise de variância para esta característica encontra-se na tabela 14.

TABELA 14. Resumo da análise de variância do modelo final para a característica porcentagem de açúcares redutores em batata. Lavras, 2006.

FV	GL	QM
Regressão	5	0,01848**
MDH-4	1	0,0297*
PO-4	1	0,02381*
A10-2	1	0,1749 ^X
PO-2	1	0,01743 ^X
MDH-2	1	0,1458 ^X
Desvio	182	0,00484

**, *e ^X: significativo a 1%, 5% e 10% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Para a característica coloração dos tubérculos após a fritura, duas marcas foram significativas, todas elas pertencentes ao grupo enzimático da peroxidase (PO). Na tabela 15 se encontra o resumo da análise de variância para esta característica.

Das 16 marcas polimórficas identificadas, apenas sete tiveram significância com características importantes para o processamento industrial. Verifica-se ainda que, para a mesma característica, não foi observada uma mesma marca associada significativamente. Isto é um forte indicativo da existência da interação QTLs x ambientes, uma vez que as características peso específico dos tubérculos e teor de açúcares redutores são controladas por um grande número de genes de pequeno efeito sobre o caráter (poligenes).

TABELA 15. Resumo da análise de variância do modelo final para a característica coloração de tubérculos após fritura.

FV	GL	QM
Regressão	2	2,09327*
PO-1	1	2,21453*
PO-3	1	1,60007 ^x
Desvio	185	0,53863

* e ^x: significativo a 5% e 10% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Para a característica peso específico de tubérculos, Andreu (2004) encontrou significância em um loco de PCR, em um loco relativo ao *primer* OPA-10, em duas bandas do sistema enzimático α - esterase, em duas da peroxidase e em um da malato desidrogenase. Este resultado foi diferente do observado neste estudo, visto que tanto os *primers* de RAPD e o de PCR como o sistema α - esterase não demonstraram correlação significativa para esta característica. O mesmo foi observado em relação à característica cor de *chips*, uma vez que Andreu (2004) encontrou apenas um loco significativo relativo ao *primer* de RAPD, enquanto nos resultados apresentados anteriormente pode-se notar que foi identificada significância tanto para o *primer* de RAPD quanto para os sistemas enzimáticos peroxidase e malato desidrogenase. Isto pode ser um indicativo de que estes marcadores não estejam tão próximos aos QTLs controladores de cada característica.

4.6.2 Seleção Assistida

De posse dos marcadores identificados como sendo associados significativamente através da regressão múltipla *stepwise* foi feita a simulação da

seleção assistida com as marcas que ajudaram a explicar cada caráter avaliado. Para isto foi utilizado o procedimento “Seleção Assistida”, existente no Programa GQMOL (Cruz & Schuster, 2004).

Foram selecionados os indivíduos que apresentaram a presença da marca em todos os marcadores significativos com cada característica quantitativa avaliada. Em seguida comparou-se a média dos indivíduos selecionados com a presença das bandas e a média dos indivíduos fenotipicamente superiores.

A característica peso específico de tubérculos determinado em solução salina na geração de *seedling* não foi avaliada, pois não se detectou, pela análise de regressão *stepwise*, nenhuma marca associada a esta característica.

Dos 200 indivíduos avaliados, 122 apresentaram *score* igual a 2 por apresentarem presença de banda na marca MDH-2 e na PO-4. Na tabela 16 encontra-se a diferença entre todos os indivíduos selecionados com a marca e os 122 superiores selecionados apenas com base em informações fenotípicas. Verifica-se que, se fosse feita uma seleção considerando apenas a presença das marcas, a média da população selecionada seria inferior à média original da população. Tal situação não é desejável, pois estaria indo contra a pressão feita na seleção necessária ao melhoramento, em que se objetiva aumentar os valores do peso específico dos tubérculos. Neste caso, a média dos indivíduos selecionados fenotipicamente foi 0,74% superior à média dos selecionados com base nas informações dos marcadores, representando uma diferença de 1,6% de matéria seca presente nos tubérculos.

A Figura 5 ilustra o comportamento das médias dos clones selecionados em cada uma das situações, comparado com a média geral da característica peso específico de tubérculos oriundos da geração C1. Observa-se que a média dos indivíduos selecionados através da seleção assistida é inferior à média original da população.

TABELA 16. Médias dos 122 clones selecionados com a presença das duas marcas em comparação com a média dos 122 indivíduos superiores da população para a característica peso específico de tubérculos na primeira geração clonal.

Parâmetro	Sel. Assistida	Sel. Fenotípica
Média dos selecionados	1,0684	1,0764
DS	-0,0007	0,0073
DS (%)	-0,0627	0,6848

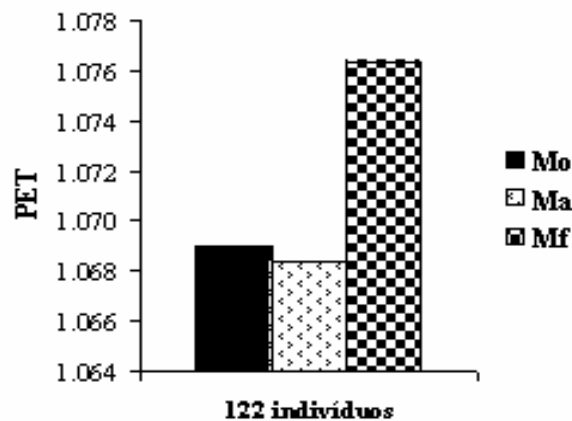


Figura 5: Variação das médias para peso específico de tubérculos dos indivíduos selecionados na primeira geração clonal pelas seleções fenotípica (Mf) e assistida (Ma), e seu comportamento em relação à média geral do experimento (Mo).

Para a característica peso específico de tubérculos obtidos na segunda geração clonal (São João da Mata -MG), apenas uma marca foi significativa. Dos 200 indivíduos avaliados, 184 apresentam a presença desta marca (PO-3), a qual se mostra pouco polimórfica. A média dos 200 indivíduos da população foi de 1,0739.

Considerando todos os 184 indivíduos selecionados pela marca e comparando-os com os clones que obtiveram valores superiores de peso específico dos tubérculos, verifica-se novamente que a seleção fenotípica geraria os melhores ganhos. Na segunda geração clonal a herdabilidade foi de 0,68, e a seleção fenotípica proporcionaria um ganho com a seleção de 0,087 %. Por outro lado, o ganho de seleção obtido com a seleção assistida, considerando a herdabilidade da marca de 100%, seria de apenas 0,0364%. Este valor é 2,4 vezes inferior ao obtido pela seleção fenotípica (Tabela 17). A diferença entre as médias dos selecionados em cada situação corresponde a 0,2% de matéria seca.

Na figura 6 encontra-se o comportamento dos clones selecionados nas duas comparações feitas. Observa-se que, mais uma vez, a seleção fenotípica proporciona maiores ganhos, sendo, portanto, mais eficiente.

TABELA 17. Médias dos 184 clones selecionados com a presença da marca em comparação com a média dos 184 indivíduos superiores da população, para o peso específico de tubérculos de batata na segunda geração clonal.

Parâmetro	Sel. Assistida	Sel. Fenotípica
Média dos selecionados	1,0743	1,0753
DS	0,0004	0,0014
DS (%)	0,0364	0,1287

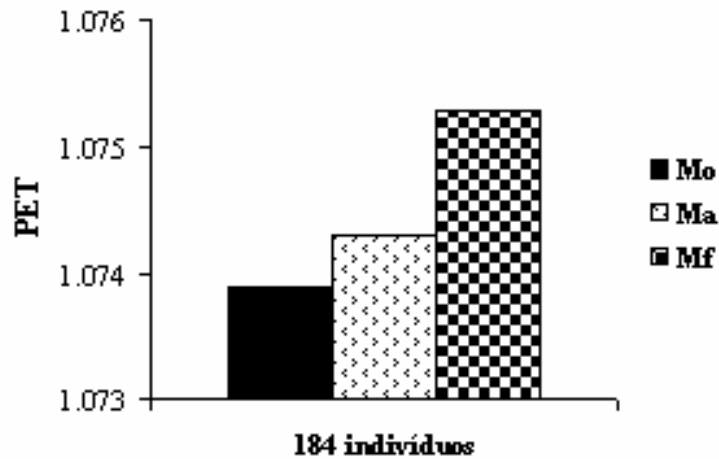


Figura 6. Variação das médias para peso específico de tubérculos dos indivíduos selecionados na segunda geração clonal pelas seleções fenotípica (Mf) e assistida (Ma), e seu comportamento em relação à média geral (Mo) do experimento.

A porcentagem de açúcares redutores foi a característica que teve um maior número de marcas associadas significativamente, cinco ao todo. Portanto, foram selecionados apenas os indivíduos que atingiram o *score* igual a 5. Dos 200 indivíduos inicialmente avaliados, apenas 41 atingiram esta pontuação. A média original de todos indivíduos foi de 0,2841. Vale salientar que, para esta característica, o interesse do melhorista está em selecionar materiais que possuam os menores valores de açúcares redutores, pois elevados teores provocam o escurecimento dos tubérculos após fritura. A herdabilidade obtida na análise de variância para esta característica foi de 0,76.

A média de todos os 41 indivíduos selecionados com base nos marcadores foi de 0,3024, que é superior à média de todos indivíduos da

população (0,1923). Isto mostra que os marcadores neste caso não estão ajudando a selecionar os melhores indivíduos para o melhoramento, não sendo, então, úteis para a seleção precoce desta característica. Os ganhos de seleção em porcentagem, obtidos com a seleção dos 41 indivíduos superiores, foram de -24,51% pela seleção fenotípica e de 6,42% com a seleção assistida. Ficou evidenciado que a seleção com base nos marcadores propiciou um aumento no teor de açúcares redutores, enquanto a seleção fenotípica selecionou os indivíduos com menores teores de açúcares redutores (Tabela 18).

Na figura 7 está representada a variação obtida pela média dos indivíduos em relação à seleção fenotípica e à seleção assistida para a característica teor de açúcares redutores (% A.R.). Torna-se evidente que a média dos indivíduos selecionados apenas com a presença dos marcadores vai contra o sentido desejável ao melhoramento, não sendo, portanto, útil para esta finalidade.

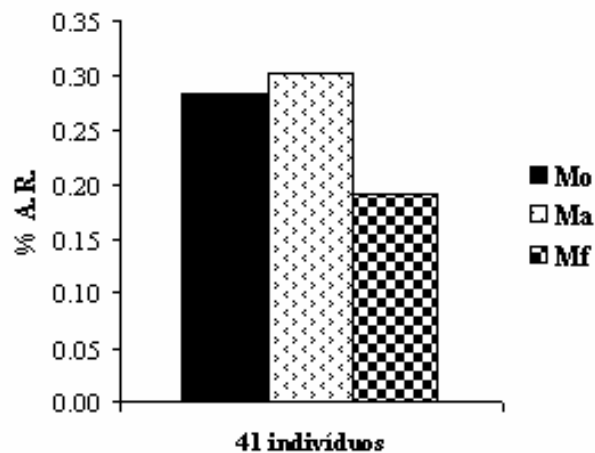


Figura 7. Variação das médias para teor de açúcares redutores dos indivíduos selecionados na primeira geração clonal pelas seleções fenotípica (Mf) e assistida (Ma), e seu comportamento em relação à média geral (Mo) do experimento.

TABELA 18. Médias dos 41 clones selecionados com a presença das marcas, em comparação com a média dos 41 indivíduos superiores da população, para característica porcentagem de açúcares redutores.

Parâmetro	Sel. Assistida	Sel. Fenotípica
Média dos selecionados (%)	0,3024	0,1923
DS	0,183	-0,0919
DS (%)	6,43	-32,336
GS (%)	6,43	-24,57

Na tabela 19 encontra-se a porcentagem de açúcares redutores dos 20 indivíduos fenotipicamente superiores para esta característica na população. Para realizar a seleção assistida, cada marca é avaliada em relação a sua presença (1) e sua ausência (0). Desta forma, o *score* de cada indivíduo é obtido somando-se a quantidade de 0 e 1 que cada indivíduo apresentou. Para a seleção assistida seriam selecionados apenas os indivíduos que apresentaram a presença da banda em todos os marcadores avaliados, totalizando, assim, um *score* igual a 5. Na Tabela 19 está também representado se estes indivíduos foram selecionados ou não pela seleção assistida com base apenas nos *scores* de cada indivíduo.

Para a característica nota de coloração observada após a fritura, foi observado um resultado similar ao obtido para a porcentagem de açúcares redutores nos tubérculos. Ao se considerarem todos os indivíduos que apresentaram a presença das bandas para os dois marcadores, foram selecionados 121 indivíduos e a média destes, ao ser realizada a seleção assistida, foi superior à média original (2,98). Mais uma vez, cabe salientar que este não seria o sentido desejável para o melhoramento, concluindo-se, então,

que as marcas relacionadas com esta característica não estão auxiliando uma possível seleção feita apenas com base em marcadores moleculares (Tabela 20).

TABELA 19. Porcentagem de açúcares redutores (% A.R.) dos 20 indivíduos superiores da população, presença (1) e ausência (0) de bandas para os 5 marcadores significativos, e situação destes indivíduos em relação à seleção assistida, sendo selecionados (S) ou não-selecionados (N).

Clone	%A.R.	A10.2	MDH-2	MDH-4	PO-2	PO-4	SCORE	Situação
LLB 5-08	0,147	1	1	1	1	1	5	S
LLB 3-22	0,148	0	1	0	1	1	3	N
LLB 9-11	0,149	0	1	1	1	1	4	N
LLB 14-05	0,154	1	0	1	1	1	4	N
LLB 3-25	0,164	0	1	1	1	1	4	N
LLB 23-15	0,169	0	1	1	1	0	3	N
LLB 22-01	0,175	0	1	1	1	1	4	N
LLB 5-03	0,178	1	1	0	1	1	4	N
LLB 21-14	0,178	0	1	1	1	1	4	N
LLB 17-18	0,178	0	1	1	1	1	4	N
LLB 2-07	0,181	0	1	1	0	1	3	N
LLB 3-16	0,187	1	1	1	1	0	4	N
LLB 9-12	0,188	1	1	1	0	1	4	N
LLB 9-20	0,188	0	1	0	1	0	2	N
LLB 3-04	0,189	1	0	1	1	1	4	N
LLB 23-11	0,189	1	1	0	1	1	4	N
LLB 4-15	0,192	0	1	1	1	1	4	N
LLB 4-06	0,192	0	0	1	1	0	2	N
LLB 2-29	0,197	0	0	1	1	0	2	N
LLB 3-20	0,197	1	0	1	1	1	4	N
Média	0,177							

Na figura 8 encontram-se as médias dos indivíduos selecionados pelas seleções fenotípica e assistida para a característica cor de *chips*. Percebe-se que a média de todos os indivíduos que apresentam a presença das duas marcas é superior à média geral da população, condição não ideal; não havendo, assim, uma vantagem em usar os marcadores, visto que estes selecionariam indivíduos não interessantes para o melhoramento.

TABELA 20. Médias dos 121 clones selecionados com score igual a 2 em comparação com a média dos 121 indivíduos superiores da população para a característica nota da coloração desenvolvida pelos tubérculos após fritura

Parâmetro	Sel. Assistida	Sel. Fenotípica
Média dos selecionados (%)	3,029	2,52
DS	0,04	-0,471
DS (%)	1,34	-15,76

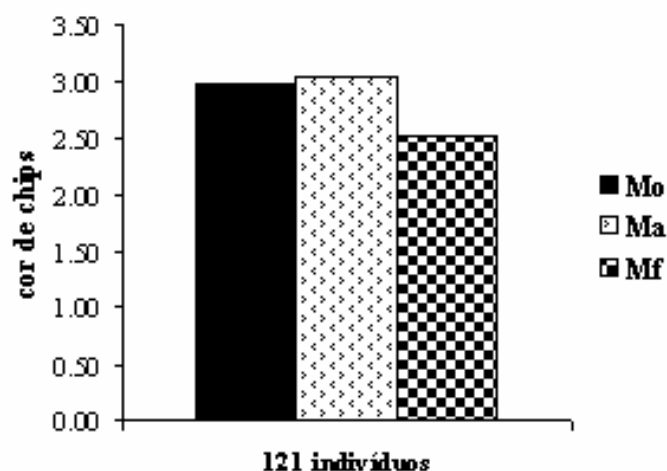


Figura 8: Variação das médias dos indivíduos selecionados pelas seleções fenotípica (Mf) e assistida (Ma), e seu comportamento em relação à média geral (Mo) do experimento.

Com a seleção apenas com base nas informações moleculares, a nota média dos indivíduos foi aproximadamente 3,0, sendo que comercialmente só devem ser aceitos os indivíduos com escores iguais ou inferiores a 2,5.

4.7 Considerações gerais

A identificação de QTLs para peso específico de tubérculos e cor de *chips* pode ser de grande valor para os melhoristas de batata. Porém, por se tratarem de características controladas por muitos genes, torna-se um pouco mais difícil a identificação de marcadores realmente eficientes para praticar a seleção, visto que ocorre um grande efeito da interação QTLs x ambientes, fazendo com que marcas que sejam significativamente associadas a determinada característica em uma geração possam não ser verificadas em gerações seguintes.

Para caracteres governados por um grande número de genes de pequeno efeito sobre o caráter (poligenes), a seleção assistida não tem produzido resultados práticos, sobretudo devido ao efeito do ambiente na análise dos QTLs, o que tem dificultado o avanço desta técnica em programas de melhoramento. Para características monogênicas a seleção assistida em batata tem sido utilizada com eficiência, como é o caso da avaliação precoce feita para a suscetibilidade e resistência ao PVY (Neder, 2005; Ribeiro, 2004; Gadum et al., 2003). Para caracteres relacionados ao processamento industrial, ela não se mostrou eficiente, sendo então importante detectar novos marcadores que estejam mais intimamente ligados às características peso específico dos tubérculos e cor de *chips* para que se possa, então, viabilizar uma seleção precoce apenas em informações moleculares. Estes resultados estão de acordo com o que se observa na literatura, em que a seleção assistida para caracteres quantitativos tem se mostrado, na maioria das vezes, ineficiente.

5 CONCLUSÕES

5.1 Seleção Fenotípica

As correlações simples para os caracteres peso específico dos tubérculos e cor de *chips* entre a geração *seedling*, a primeira e a segunda gerações clonais, na maioria dos casos foram significativas, porém baixas. Apesar de se obter um ganho com a seleção de 0,38% para a característica peso específico de tubérculos observado na segunda geração clonal, quando se realiza a seleção já na fase de *seedling*, não é recomendável que se faça a seleção precoce, pois se deixaria de obter maiores valores de ganho caso esta seleção fosse feita em gerações mais avançadas.

5.2 Seleção Assistida

Dos marcadores avaliados, o *primer* de PCR e o sistema isoenzimático α -esterase não se mostraram significativamente relacionados com nenhuma das características importantes para o processamento.

Observou-se uma forte interação QTLs x ambientes tanto para o peso específico quanto para a coloração dos *chips*.

A seleção assistida não foi eficiente em nenhuma das gerações analisadas. Portanto, é necessária a detecção de novos marcadores que estejam próximos ou flanqueando estes QTL's para que a eficiência da seleção assistida seja relevante, tornando-a uma ferramenta útil para os melhoristas de batata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2005.

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2002. 546p.

ALFENAS, C. A. ; PETERS, I.; BRUNE, W.; PASSADOR, G. C.
Eletroforese de proteínas e isoenzimas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: UFV, 1998. 574 p.

ALMEIDA, L. A. S. B. DE; GASPARINO FILHO, J.; PASCHOALINO, J. E.; BENBERNHARDT, L. W.; CANTO, W. L. do. **Batata pré-frita e hortaliças congeladas** economia e industrialização. São Paulo: Instituto de Tecnologia, 1983. 90p. (ITAL. Estudos Econômicos. Alimentos Processados, 18).

AMARO, G. B **Seleção precoce de clones de batata para caracteres do tubérculo.** 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDREU, M.A. **Seleção de Clones e identificação de marcadores genéticos para qualidade de processamento da batata.** 2004. 94p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

BACARIN, M. A.; FERREIRA, L. S.; DEUNER, S.; BERVALD, C. M. P.; ZANATTA, E. R.; LOPES, N. F. Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata recondicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 799-804, Jul- Set 2005.

BARBOSA, M. H.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 149-156, fev. 1998.

BARKER, J. Studies in the respiratory and carbohydrate metabolism of plant tissues. XXIV. The influence of a decrease in temperature on the contents of certain phosphate esters in plant tissues, *New Phytologist*, v.67, p.487-493. 1968.

BARONE, A. Molecular Marker-assisted Selection for Potato Breeding **American Journal of Potato Research** v. 81, p. 111-117, 2004.

BERBARI, S.A.G. & AGUIRRE, J.M.de. Alternativas para o aproveitamento industrial da batata **Batata Show** Itapetininga, n 4, maio 2002.

BEUKEMA, H. P.; ZAAG, D. E. VAN DER. **Introduction to potato production**. Wageningen: PUDOC, 1990. 208p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A.; **Introdução à química de alimentos**. 2ª Edição; Livraria Varela, 469p. 1989.

BOHN, M.; S. GROH; M. M. KHAIRALLAH ; D.A. HOISINGTON; H.F. UTZ; A.E. MELCHINGER Re-evaluation of the prospects of marker-assited selection for improving insect resistance against *Diatraea* spp. in tropical maize by cross validation and independent validation **Theoretical Applied Genetics** v. 103, p. 1059-1067, 2001.

BONIERBALE, M.W., R.L. PLAISTED, S.D. TANKSLEY, A test of the maximum heterozygosity hypothesis using molecular markers in tetraploid potatoes **Theoretical and Applied Genetics** v. 86, p. 481-491, 1993.

BRADSHAW, J. E.; DALE, M. F. B.; SWAN, G. E. L.; TODD, D.; WILSON. R. N. Early-generation selection between and within pair crosses in potato (*Solanum tuberosum subsp. tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, n. 8, p. 1331-1339, Dec. 1998.

BURTON, W.G. **The Potato**. Longman Scientific and Technical, Harlow.742 p., 1989.

CACACE, J. E.; HUARTE, M. A.; MONTI, M. C. Evaluation of potato cooking quality in Argentina **American Potato Journal** Orono, v. 71, n.3, p.145-153, Mar. 1994.

CAPEZIO, S.; HUARTE, M.; CARROZZI, L. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa **Revista Latinoamericana de la Papa**, Bogotá, v. 5/6, p. 54-63, 1992/1993.

CHAPPER, M.; BACARIN, M. A.; PEREIRA, A. DA S.; TERRIBLE, L. C. Carboidratos não estruturais em tubérculos de dois genótipos de batata armazenados em duas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n.4, p. 583-588, dez. 2002.

- CHEN, X.; SALAMINI, F.; GEBHARDT, C. A potato molecular-function maps for carbohydrate metabolism and transport. **Theoretical and Applied Genetics** Berlin, v. 102, n. 2/3, p. 284-295, Feb. 2001
- COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. DE R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 899-910, out./dez. 1999.
- COFFIN, R. H.; YADA, R. Y.; PARKIN, K. L.; GRODZINSKI, B.; STANLEY, D. W. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, p. 639-645, 1987.
- COLON, L. T.; SIJPES, L.; HARTMANS, K. J. The cold stability of *Solanum gonioocalyx* and *S. phureja* can be transferred to adapted diploid and tetraploid *S. tuberosum* germoplasm. In: LOUWES, K. M.; TOUSSAINT, H. A. J. M.; DELLAERT, L. M. W. (Ed.) . **Parental line breeding and selection in potato breeding**. Wageningen: Pudoc, 1989. p. 76-80.
- COPP, L. J.; BLENKINSO, R. W.; YADA, R. Y.; MARANGONI, A. G. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 77, n. 5, p. 279-287, Sept./Oct. 2000.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes - Versão windows**, Aplicativo Computacional em genética e estatística. Editora UFV. Viçosa, MG. 642p. 2001, versão 2005.6.1.
- CRUZ, C.D.; SCHUSTER, I. **GQMOL - Aplicativo computacional para análise de dados moleculares e suas associações com caracteres quantitativos** , versão 2005.6.1, Viçosa UFV, 2004.
- CUNNINGHAM, C. E.; STEVENSON, F. J. Inheritance of factors affecting potato chip color and their association with specific gravity. **American Potato Journal**, Orono, v. 40, n. 8, p. 253-265, Aug. 1963.

DALE, M. F. B. MACKAY, G. R. Inheritance of table and processing quality. In: MACKAY, G. R.; BRADSHAW, J. E. **Potato Genetics** 2.ed. Cambridge: CAB International, 1994. p. 285-315

DAVIES, H.V.; VIOLA, R. Regulation of sugar accumulation in stored potato tubers. **Postharvest News and Information**, v.3, p.97-100. 1992.

DEMEKE, T.; ADAMS, R. P.; CHIBBAR, R. Potential taxonomic use of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD): a case study in Brassica. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 7/8, p. 990-994, Sept. 1992.

DEMEKE, T.; KAWCHUK, L. M.; LYNCH, D. R. Identification of potato cultivars and clonal variants by random polymorphic DNA analysis. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n. 8, p. 561-570, Aug. 1993.

DEMEKE, T.; LYNCH, D. R.; KAWCHUK, L. M.; KOZUB, G. C.; ARMSTRONG, J. D. Genetic diversity of potato determined by random amplified polymorphic DNA analysis. **Plant Cell Report**, New York, v. 15, n. 9, p. 662-667, May 1996.

DESBOROUGH, S. L.; PELOQUIN, S. J. Potato variety identification of electrophoretic patterns of tuber proteins and enzymes. **American Potato Journal**, Orono, v 45, n. 6, p. 220-229, June 1968.

DOUCHES, D. S.; FREYRE, R.; Identification of genetic factors influencing chip color in diploid potato (*Solanum* spp.) **American Potato Journal** v. 71, p. 581-590, 1994.

DOUCHES, D. S.; MAAS, D.; JASTREBSKI, K. CHASE, R. W. Assessment of potato breeding progress in the USA over the last century. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 6, p. 1544-1552, Nov./Dec. 1996.

DREHER, K.; M. KHAIRALLAH; J. RIBAUT; M. MORRIS Money matters(I): Costs of field and laboratory procedures associated with conventional and marker-assisted maize breeding at CIMMYT **Molecular Breeding** v. 11, p. 221-234, 2003.

EDWARDS, C.G; ENGLAR, J.W.; BROWN, C.R.; PETERSON, J.C.; SORENSEN, E.J. Changes in Color and Sugar Content of Yellow- Fleshed Potatoes Stored at Three Different Temperatures. **Short Communication American Journal of potato Research**, v.79, p.49-53. 2002.

EHLENFELDT, M. K.; BOE, A. A.; JOHANSEN, R. H. Inheritance of reducing sugar accumulation in progeny lines of cold chipping potato clones. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, p. 519, 1989. Abstracts.

ELMA CHIPS. 2002, Disponível em: <www.elmachips.com.br>

FAO, 2005. Disponível em :<www.fao.org>

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B.; VIEITES, R.L. Technological quality and utilization of potato tubers **Scientia Agricola** Piracicaba, Brazil, v. 61, n.6, p. 598-603, Nov/Dec. 2004

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análises genéticas**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220 p.

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

FORD, R.; TAYLOR, W. J. The application of RAPD markers for potato cultivar identification. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 48, n. 8, p. 1213-1217, 1997.

FREYRE, R.; DOUCHES, D. S. Development of a model for marker-assisted selection of specific gravity in diploid potato across environments. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 5, p. 1361-1368, Sept./Oct. 1994.

GADUM, J. **Desempenho agrônômico e reação de clones de batata (Solanum tuberosum L.) ao PVY**. 2001. 39p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, MG.

GADUM, J.; PINTO, C.A.B.P., RIOS, M. C. D.; Desempenho agrônômico e reação de clones de Batata (Solanum tuberosum L.) ao PVY **Ciência e agrotecnologia**, Lavras , Edição especial, p. 1484-1492, Dez, 2003.

GEBHARDT C., C. BLOMENDAHL, U. SCHACHTSCHABEL, T. DEBENER, F. SALAMINI E E. RITTER Identification of 2n breeding lines and 4n varieties of potato (S. tuberosum spp. tuberosum) with RFLP fingerprints. **Theoretical and Applied Genetics** 78: 16-22, 1989a.

GEBHARDT C., RFLP mapping in potato of qualitative and quantitative genetic loci, conferring resistance to potato pathogens **American Potato Journal** 71: 339-345, 1994.

GOPAL, J. Progeny selection for agronomic characteres in early generations of potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.95, n. 3, p. 307-311, Aug. 1997.

GOPAL, J.; GAUR, P. C.; RANA, M. S. Early generation selection for agronomic characteres in a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Viena, v. 84, n. 5/6, p. 709-713, Aug. 1992.

GOULD, W. A. Quality of potatoes for chip manufacture. In: SYMPOSIUM POTATO, 1988, Fort Collins. Fort Collins: The Potato Association, 1988. p. 11-21.

GOULD, W. A. Specific gravity - its measurement and use. In: ORR, P.H.; PRESTON, D. A.(Ed.) **Chipping Potato Handbook** Minnesota: The Snack Food Association, 1989. p. 18-21.

GUY, C. L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role protein metabolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 41, p. 277-291, 1990.

HABIB, A. T.; BROWN, H. D. Factors influencing the color of potato chips. **Food Technology**, Chicago, v. 10, p. 332 -336, 1956.

HAMALAINEN, J.H., K.N. WATANABE, J.P.T. VALKONEN, A. ARIHARA, R.L. PLAISTED, E. PEHU, L. MILLER, S.A. SLACK Mapping and marker-assited selection for a gene extreme resistance to potato virus Y. **Theoretical and Applied Genetics** 94: 192-197, 1997

HAWKES, J. G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G.R. **Potato Genetics**, Wallingford: CAB International, 1994. p. 3-42

HAYNES, K. G. WILSON, D. R. Correlations for yield and specific gravity between potato tuberling second year field generations. **American Potato Journal**, Orono, v. 69, n. 12, p. 817-826, Dec. 1992.

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

HEEMST, H. D. J. van. The distribution of dry matter during growth of a potato crop. **Potato Research** Wageningen, v. 29, n. 1. p. 55-66, 1986

HERTOG, M. L. A. T. M.; PUTZ, B.; TIJSKENS, L. M. M. The effect of harvest time accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: experimental data described, using a physiological based, mathematical model. **Potato Research**, Wageningen, v. 40, n.1, p.69-79, 1997.

HUNTER R.L.; MARKERT C.L. Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels 125: 1294-1295. 1957.

IBGE, 2004 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <www.ibge.gov.br>

ILLEPERUMA, C.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Changes in sugars and activities of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase during potato tuber (Russet Burbank) reconditioning at 10°C in air and 2,53 kPa oxygen after storage for 28 days at 1°C. **Journal American Society Horticultural Science**, v.123, p.311-316.1998.

IRATANI, W. M.; WELLER, L. D. Relationship of specific gravity to sugars accumulation in stored Norgold and Russet Burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 53, p. 57-65, 1976.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 15, n. 1, p. 33-41, Jan. 1976.

ISHERWOOD, F.A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, v.12, p.2579-2591. 1973.

JONES, N.; H. OUGHAM & H. THOMAS. Markers and mapping: We are all geneticists now. **New Phytologist**; 137: 165-177; 1997.

KARDOLUS J.P., H.J. VAN ECK, R.G. VAN DEN BERG The potential of AFLPs in biosystematics: a first application in *Solanum* taxonomy (Solanaceae). **Pl Syst Evol** 210: 87-103., 1998.

KASAI, K.; MORIKAWA, Y.; SORRI, V. A.; VALKONEN, J. P. T.; GEBHARDT C.; WATANABE, K. N. Development of SCAR markers to the

PVY resistance gene Ryadg based on a common feature of plant disease resistance genes. **Genome**, Ottawa, v. 43, p. 1-8, 2000.

KINCAID, D. C.; WESTERMAN, D. T.; TROUT, T. J. Irrigation and soil temperature effects on Russet Burbank quality. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n.10, p. 711-724, Oct. 1993.

KLEINKOPF, G. E.; WESTERMANN, D. T.; WILLE, M. J.; KLEINSCHMIDT, G. D. Specific gravity of Russet Burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 64, n. 11, p. 579-587, Nov. 1987.

KNAPP, S. J. Marker-assisted selection as a strategy for increasing the probability of selecting superior genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 6, p. 1164-1174, Nov./Dec. 1998.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M.; Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan/Fev. 1985.

LAMBERT, E. S. DE S. **Híbridos interespecíficos de batata com diferentes proporções do genoma de espécies exóticas**. 2001. 90p. (Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, MG.

LANZA, M. A.; GUIMARÃES, C. T.; SCHUSTER, I. Aplicação de marcadores moleculares no melhoramento genético. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 197, p. 97-108, 2000.

LAUER, F.; SHAW, R. A possible genetic source for chipping potatoes from 40 F storage. **American Potato Journal**, Orono, v. 47, n. 8, p. 275-278, Aug. 1970.

LEVY, D. Tuber yield and tuber quality of several potato cultivars as affected by seasonal high temperatures and by water deficit in a semi-arid environment **Potato Research** Wageningen, v. 29, n. 1, p. 95-107, 1986.

LOPES, C.A.; BUSO, J.A. Escolha da cultivar. In: LOPES, C.A.; BUSO, J.A. (Ed) **Cultura da Batata** (*Solanum tuberosum L.*). Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1997.p.3-4. (EMBRAPA/CNPH. Instruções técnicas, 8).

- LORENZO, P. Caracterización de los componentes químicos fundamentales relacionados con la calidad de la papa (*Solanum tuberosum* L.) **Cultivos Tropicales** La Habana, v. 15, n.1, p. 66-68, 1994
- LOVE, S. L.; PAVEK, J. J.; JOHNS, A.T.; BOHL, W. Breeding progress for potato chip quality in North American cultivars. **American Journal of Potato Research**, Orono, v.75, n.1, p. 27-36, Jan./Feb. 1998
- MALIK, N. J.; DWELLW, 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. 667-676, 1992
- MANRIQUE, L. A. Analysis of growth of Kennebec potatoes grown under different environments in the tropics **American Potato Journal**, Orono, v.66, n.5, p.277-291, 1989.
- MARANGONI, A. G.; DUPLESSIS, P. M.; YADA, R. Y. Kinetic model for carbon partitioning in *Solanum tuberosum* tubers stored at 2°C and the mechanism for low temperature stress-induced accumulation of reducing sugars. **Biophysical Chemistry**, v.65, p.211-220. 1997.
- MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, n. 3, p. 205-224, 1988.
- MARTIN, G. B.; WILLIAMS, J. G. K.; TANKSLEY, S. D. Rapid identification of markers linked to a *Pseudomonas* resistance genes in tomato using random primer and near-isogenic lines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 88, n. 6, p. 2336-2340, Mar. 1991.
- MELCHINGER, A. E.; UTZ, H. F.; SCHON, C. C. QTL analyses of complex traits with cross validation, bootstrapping and other biometric methods. **Euphytica** Wageningen, v. 137, n.1, p. 1- 11, 2004.
- MELO,P.E. Cultivares de batata potencial úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados **Informe Agropecuário** Belo Horizonte, v.20, n.197, p.112-119, 1999
- MENEZES, C. B. DE; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P.L.; LAMBERT, E. DE S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil **Crop Breeding and applied Biotechnology** Londrina, v. 1, n. 2, p. 145-147, 2001.

MICHELMORE, R. Molecular approaches to manipulation of disease resistance genes. **Annual Review Phytopatology** v.33, p. 393-427, 1995.

MILLER, G.L. Use of dinitrossalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, n.3, p. 426-428, Mar. 1959.

MONTALDO, A. **Cultivo y mejoramiento de la papa**. San José: IICA, 1984. 676p.

MOSS, D. W. **Isoenzymes**. New York: Chapman & Hall, 1982. 120 p.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Citology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

MULLIS, K. B.; FALLOONA, F. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalysed chain reaction. **Methods Enzymology**, San Diego, v. 55, p. 335-350, 1987.

MULLIS, K.B. The unusual origin of the polymerase chain reaction. **Scientific American**, New York, v. 262, n. 4, p.36-43, Apr. 1990.

MURPHY, R. W.; SITES, J. W. JR.; BUTH, D. G.; HANFLER, C. H. Proteins Isozymes electrophoresis. In: HILLS, D. M.; MORITZ, C. (Eds). **Molecular systematics**. Sunderland MA: Sinauer Associates, 1990. p. 45-126.

NEDER, D.G. **Clones de batata imunes ao PVY derivados da cv. Chiquita x clones simplex para o alelo Ry**. Dissertação de Mestrado em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, UFLA, 47p, 2005

NEELE, A. E. F.; LOUWES, K. M. Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in greenhouse or screenhouse. **Potato Research**, Wageningen, v. 32, n. 2, p. 293-300, June 1989.

NORIO, R.; FUKUA, R. M. A indústria fala **Batata Show**, Itapetininga, n.1, p. 19-20, maio 2001.

O'HAIR, S. K. Potato growth in the subtropics of Florida. **American Potato Journal**, Orono, v. 62, n. 8, p.391-401, 1985

OKAMURA, E. K. Pesquisa consumidor. **Batata Show**, Itapetininga, n.1, p.35, maio 2001.

PENNER, G.A.; BUSH, A.; WISE, R.; KIM, W.; DOMIER, L.; KASHA, K.; LAROCHE, A.; SCOLES, G.; MOLNAR, S.J., FEDAK, G Reporducibility of random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis among laboratories **In: PCR methods and applications Cold Spring Harbor Laboratory Press**, p. 341-345, 1993a.

PEREIRA, A. DA S. Melhoramento genético da Batata. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. P.41-50.

PEREIRA, A. DA S.; COSTA, D. DA M. Qualidade e estabilidade de chips de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 62-65, maio 1997.

PINI, F.G.; BRITO, E. S. DE; GARCIA, N. H. P.; VALENTE, A. L. P.; AUGUSTO, F. A Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) Method for the Chromatographic Determination of Alkylpyrazines in Cocoa Samples **Journa; Brazilian Chemistry** vol. 15, n.2, 267-271, 2004.

PINTO, C. A. B. P.; VALVERDE, V. I. R.; ROSSI, M. S. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum L.*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 771-778, maio 1994.

POPP, P. A. Industrialização da batata no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO DE BATATA, 7., 1994, **Anais...** p.60-61.

PORTER, W. L.; FITZPATRICK, T.J.; TALLEY, E. A. Studies of the relationship of specific gravity to total solids of potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 41, n. 10, p. 189-195, Oct. 1964.

PRESSEY, R. Role of invertase in the accumulation of sugars in cold- stored potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 46, p. 291-297, 1969.

RAMALHO, M. A. P., LAMBERT, E. S. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** v.3, n.2, p.221-242, 2004.

RASMUSSEN, J.O.; RASMUSSEN, O.S. Characterization of somatic hybrids of potato by use of RAPD markers and isozyme analysis. **Physiologia Plantarium**, Copenhagen, v. 93, n.2, p. 357-364, Feb. 1995.

REESTAMAN, A. J. Importance of the degree of virus infection for the production of ware potatoes **Potato Research** Wageningen, v. 13, p. 248-268, 1970

REIS JÚNIOR, R. DOS A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de tubérculos de batata cv. Baraka em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 170-174, nov. 1996.

RIBAUT, J. M. & J. BETRAN, Single large-scale marker assisted selection (SLS-MAS) **Molecular Breeding** v.5, p. 531-541, 1999.

RIBAUT, J. M.; X. HU; D. HOISINGTON; D. GONZALE-DE-LEON, Use of STSs and SSRs as rapid and reliable preselection tools in marker-assisted selection backcross scheme. **Plant Molecular Biology Report** 15 v. 15; p. 156-164; 1997.

RIBEIRO, A. M. **Identificação de clones de batata imunes ao PVY, simplex e duplex e agronomicamente promissores**. 2004. 37p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROCHA, B. H. G.; AUGUSTIN, E.; SILVA, J. B. DA; PEREIRA, A. DA S. Associação entre isoenzimas e matéria seca em batata silvestre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2415-2421, dez. 2000.

RODRIGUES, A. F. S. **Seleção para cor do chips, matéria seca e produção em batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2001. 42 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

RODRIGUES, A. F. S.; PEREIRA, A. DA S.; Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção de batata **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.5, p. 599-604, maio 2003.

RODRIGUEZ - SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Influence of potato composition on chip color aquality. **American Potato Journal**. Orono, v. 74, n. 2, p.87-106, Mar./Apr.1997.

ROGERS, S. O.; BENDICH, A. J. Extration of DNA from plants tissues. **Planta Molecular Biology Manual A6**, v. 6, p. 1-10, 1988.

SALAMONI, A. T.; PEREIRA, A. DA S.; VIÉGAS, J.; CAMPOS, A. D.; CHALÁ, C. S. DE A. Variância genética de açúcares redutores e matéria seca e

suas correlações com características agronômicas em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1441-1445, jul. 2000.

SCHAFFER-PREGL R.; RITTER, E.; CONCÍLIO, L.; HESSELBACH, J.; LOVATTI, L.; WELKEMEIER, B.; THELEN, H.; SALAMINI, F.; GEBHARDT, C.; Analysis of quantitative trait loci (QTLs) and quantitative trait alleles (QTAs) for potato tuber yield and starch content. **Theoretical Applied Genetics**, v. 97, p. 834-846, 1998.

SCHALLENBERG, R. S.; SMITH, O.; TREADAWAY, R. H. Role of sugars in the browning reaction in potato chips **Journal of Agricultural and Food Chemistry** Washington, v. 7, n.4, p. 274-277, July/Aug. 1959.

SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 53, n. 4, p. 111-122, Apr. 1976.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping mean in the analyses of variance. **Biometrics**, Fort Collins, v.30, n.3, p. 507-512, sept. 1974.

SHOCK, C. C.; HOLMES, Z. A.; STIEBER, T. D.; ELDREGE, E.P.; ZHANG, P. The effect of timed water stress on quality, total solids and reducing sugar content of potatoes **American Potato Journal** Orono, v. 70, n.3, p. 227-241, Mar. 1993.

SHOCK, C. C.; ZALEWSKI, J. C.; STIEBER, T. D.; BURNETT, D. S. Impact of early - season water deficits on Russet Burbank plant development, tuber yield and quality **American Potato Journal** Orono, v. 69, n. 12, p. 793-803, 1992.

SILVA, A. C. F. DA. Batata: alguns aspectos importantes **Agropecuária Catarinense** Florianópolis, v.4, n. 4, p. 38-41, 1991

SIMMONDS, N.W. Family selection in plant breeding **Euphytica**. Wageningen, v.90, n.2, p. 201-208, 1996.

SKROCH, P. W.; NIENHUIS, J. Qualitative and quantitative characterization of RAPD variation among snap bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 91, n. 6/7, p. 1078-1085, Nov. 1995.

SKROCH, P. W.; SANTOS, J. B. DOS; NIENHUIS, J. Genetic relationships among *Phaseolus vulgaris* genotypes based on RAPD marker data. Annual .

Report of the Bean Improvement Cooperative, Fort Collins, v. 35, p. 23-24, 1992

SMITH, O. Effect of cultural and enviromental conditions and potatoes for processing. In: TALBURT, W.F.; SMITH, O. (Ed) **Potato Processing** 3. ed. Westport: AVI, 1975, p. 67-125.

SOUZA, A.P. Biologia Molecular aplicada ao melhoramento **Recursos Genéticos e Melhoramento-Plantas**, Fundação MT, 2001, p. 939-966.

SOUZA, J.C. **Capacidade de combinação e seleção clonal em um dialelo de batata (Solanum tuberosum L.)** 1999. 83p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, MG.

SOWOKINOS, J. R.; THOMAS, C.; BURREL, M. M. Pyrophosphorylases in Potato. **Plant Physiology**, Rockville, v. 113, n. 2, p. 511-517, Feb. 1997.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2. ed. New York: Mcgraw-Hill, 1980. 633p.

STEVENSON, F. J.; AKELEY, R. V.; MCLEAN, J. G. Potato utilization in relation to variety (heredity), and environment. **American Potato Journal**, . Orono, v.31, p.327-340, 1954

STOREY, R. M. J.; DAVIES, H. V. Tuber quality. In: HARRIS, P. M. (ed.) **The Potato Crop** 2nd edn. Chapman and Hall, London, p. 507-569, 1992.

TAKANO, K. Batata pré-frita congelada:questão de tempo. **Batata Show**, Itapetininga, n.3, p.16, set. 2001.

TALBURT, M. S. History of potato processing. In:TALBURT, W.F.; SMITH, O. **Potato processing** 3.ed. Westport: Avi publishing company, 1975. Cap.1, p. 1-10

TALBURT, W.F.& SMITH, O. **Potato processing** 3.ed. Westport: Avi publishing company, 1975

THILL, C. A.; PELOQUIN, S. J. A breeding method for acelerated development of cold chipping clones in potato. **Euphytica**, Wageningen, v. 84, n. 1, p. 73-80, 1995.

THILL, C. A.; PELOQUIN, S. J. Inheritance of potato chip color at the 24-chromosome level. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, n. 10, p. 629-646, Oct. 1994.

THOMASHOW, M. F. Molecular genetics of cold acclimation in higher plants. **Advanced Genetics**, New York, v. 28, p. 99-131, 1990.

TINGEY, S. V.; REFLASKI, J. A.; WILLIAMS, J. G. K. Genetic analysis with RAPD markers. In: APPLICATIONS OF RAPD TECHNOLOGY TO PLANT BREEDING, 1992, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: Crop Science Society of America, 1992. p. 3-8.

UPPAL, D. S.; VERMA, S. C. Changes in sugar content and invertase activity in tubers of some Indian potato varieties stored at low temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 33, p. 119-123, 1990.

USDA, 2002. Disponível em: <www.ers.usda.gov>

VAN ES, A.; HARTMANS, K. J. Sugars and starch during tuberization, storage and sprouting. In: RASTOVSKI, A.; VAN ES. (ed.). **Storage of potatoes** Wageningen: PUDOC, 1981. p. 82-98.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496p.

VERMA, S. C.; SHARMA, T. R.; VERMA, S. M. Effects of extended high-temperature storage on weight losses and sugar content of potato tubers. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 44, p. 702- 706, 1974.

VERMMER, H. Optimising potato breeding I. The genotypic, environmental and genotype-environmental coefficients of variation for tuber yield and other traits in potato (*Solanum tuberosum* L.) under different experimental conditions. **Euphytica**, Wageningen, v. 49, n. 3, p. 229-239, Sept. 1990.

VILELA, N.J.; BRUNE, S.; BORGES, I.O.M. Principais desafios para o agronegócio brasileiro da batata **Batata Show** Itapetininga, n 11, p.33, abril 2005

VLIET, W.F.; SCHRIEMER, W.H. The sugar accumulation of potatoes kept at low temperature, as studied in a small selection of samples of Dutch varieties. **European Potato Journal**, v.3, p.263- 271. 1960.

- WANG, D.; WAYE, M. M. Y.; TARICANI, M.; BUCKINGAM, K.; SANDHAM, H.J. 1993. Artifactual variation in randomly amplified polymorphic DNA banding patterns **Biotechniques** 14:214-218.
- WELSH, J.; MCCLELLAND, M. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. **Nucleic Acid Research**, Oxford, v. 18, n. 24, p. 7213-7218, Dec. 1990.
- WESTERMANN, D. T.; TINDALL, T. A.; JAMES, D. W.; HURST, R. L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. **American Potato Journal** Orono, v. 71n. 7, p. 417-432, July 1994a
- WESTERMANN, D. T.; TINDALL, T. A.; JAMES, D. W.; HURST, R. L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. **American Potato Journal** Orono, v. 71n. 7, p. 417-432, July 1994b
- WILCOMBE, J. R.; D. S. VIRK; Number of crosses and population size for participatory and classical plant breeding. **Euphytica** v. 122, p. 451-462, 2001
- WILLIAMS C.E., S.M. WIELGUS, G.T. HABERLACH, C. GUENTHER, H. KIM-LEE, J.P. HEGELSON RFLP analysis of chromosomal segregation in progeny from an interspecific hexaploid somatic hybrid between *Solanum brevidens* and *Solanum tuberosum*. **Genetics** 135: 1167- 1173, 1993.
- WILLIAMS, G. K.; KUBELIK, A. R.; LIVAK, K. L.; RAFALSKI, J. A.; TINGEY, S. V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v. 18, p. 6531-6535, 1990.
- WINTER, P. & KAHL, 1995. Molecular marker technologies for plant improvement **World Journal of Microbiology & Biotechnology**; 11: 438-448; 1995.
- WOODBURY, G. W.; WEINHEIMER, W. H. Specific gravity - solids correlations in Russet Burbank with respect to point of origin and storage history. **American Potato Journal**, Orono, v. 42, n. 4, p. 98-104, 1965.
- YOUNG, N. D., A cautiously optimistic vision for marker-assisted breeding **Molecular Breeding** v. 5, p. 505-510, 1999.
- YU, K., S. PARK; V. POYSA Marker-assisted selection of common beans for resistance to common bacterial blight Efficacy and economics, **Plant Breeding** v. 119, p. 411-415, 2000.

ZEHR, B. E.; DUDLEY, J. W.; CHOJECKI, J. Some practical considerations for using RFLP markers to aid in selection during inbreeding of maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 5/6, p. 704-708, 1992.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L.; PEREIRA, A. Relação entre matéria seca, absorção de gordura e rendimento na fritura de batatas processadas na forma de *chips*. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 1999, Campinas. **Resumos..**

