

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**POTENCIALIDADES DA MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia
xanthorrhiza* Brancroft) PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

EZEQUIEL LOPES DO CARMO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP
Fevereiro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**POTENCIALIDADES DA MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia
xanthorrhiza* Brancroft) PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

EZEQUIEL LOPES DO CARMO

Orientadora: Prof.^a Dra. Magali Leonel

Co-orientador: Prof. Dr. Sílvio José Bicudo

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP
Fevereiro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C287p Carmo, Ezequiel Lopes do, 1982-
Potencialidades da mandiquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) para processamento industrial / Ezequiel Lopes do Carmo. - Botucatu : [s.n.], 2011

xiv, 115 f. : tabs., ils. color., gráfs., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011
Orientador: Magali Leonel
Co-orientador: Sílvio José Bicudo
Inclui bibliografia

1. *Arracacia xanthorrhiza*. 2. Produção de raiz. 3. Composição centesimal. 4. Amilose 5. Propriedades térmicas e de pasta I. Leonel, Magali. II. Bicudo, Sílvio José. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

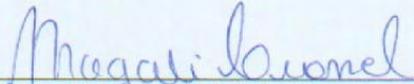
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "POTENCIALIDADES DA MANDIOQUINHA-SALSA (Arracacia xanthorrhiza
Brancroft) PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL"

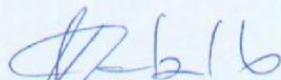
ALUNO: EZEQUIEL LOPES DO CARMO

ORIENTADOR: PROFA. DRA. MAGALI LEONEL

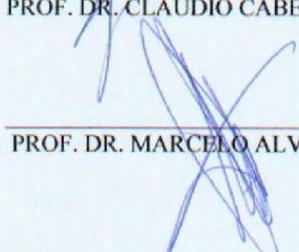
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFA. DRA. MAGALI LEONEL



PROF. DR. CLAUDIO CABELLO



PROF. DR. MARCELO ALVARES DE OLIVEIRA

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2011.

DEDICATÓRIA

Ao Joaquim Gonçalves de Pádua,

*um pai,
um amigo,
uma pessoa brilhante,
que tentou me mostrar o caminho.*

Ao Jaime Duarte Filho,

*um amigo,
que acreditou na nossa atitude,
na nossa vontade de mudar.*

À Magali Leonel,

*a orientadora que realmente estava do meu lado nas horas decisivas,
nas palavras e atitudes precisas, durante o mestrado.*

*Àqueles (a) que acreditam no sucesso,
Àqueles (a) que questionam,
Aos produtores de alimentos,
Àquele (a) que tenta mudar*

AGRADECIMENTOS

À uma força divina que não conheço, mas sei que esteve em todos momentos de minha vida, iluminando, protegendo e dando-me saúde e sabedoria.

À UNESP/FCA de Botucatu que completou mais uma etapa fundamental da minha vida.

Ao CERAT que além de contribuir para meu crescimento profissional e pessoal, disponibilizou toda estrutura e equipamentos para realização das análises dessa dissertação.

Ao Coordenador do programa Agronomia (Energia na Agricultura), professor Dr. Marco Martins Biaggioni, pelo profissionalismo e apoio.

À Orientadora, Prof^a. Dr^a. Magali Leonel, que foi fonte de inspiração para que pudéssemos realizar este trabalho e permanente disposição em atender às solicitações, ao longo do desenvolvimento do trabalho. Que, além disto, contribuiu significativamente para meu crescimento profissional, além de apoiar e incentivar nos momentos mais difíceis.

À Maria José Granate e à Universidade Federal de Viçosa pela disponibilização dos clones de mandioquinha-salsa.

Ao Professor Dr. Sílvio José Bicudo, que “abriu as portas” para que esse trabalho fosse realizado.

Ao Joaquim Gonçalves de Pádua pelo apoio incondicional, por acompanhar e apoiar toda a trajetória pessoal e profissional e que tento retribuir “traços” do que fez por mim.

À Tianinha, Helena (*in memoriam*), Nelson e Valquíria, Antônia, pelo apoio em todos os anos de vivência.

Ao Davi Lopes do Carmo, irmão, conselheiro, amigo.

À Renata Vieira da Motta, pelos ensinamentos e exemplo de profissionalismo.

Ao Sérgio Gusmão e Mônica Gusmão pelo exemplo de vida e da valiosa amizade conquistada.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual, esse trabalho dificilmente seria realizado.

Ao Professor Dr. Cláudio Cabello que esteve acreditando nesse trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel pelo grande apoio na condução do experimento de campo.

Ao Sérgio Inoue: pelo apoio na condução do experimento em campo.

Ao Técnico do Laboratório de análises do CERAT, Luíz Henrique Urbano, pelo apoio no desenvolvimento das análises físico-químicas e pelas dicas valiosas para o enriquecimento desse trabalho.

À professora Célia Maria Landi Franco e à Raquel Bombarda Campanha pela análise de DSC.

À ProPG pela disponibilização dos recursos financeiros.

Aos membros da banca examinadora pelas atentas contribuições valiosas à esta dissertação.

À Giselle Prado Brigante, uma das pessoas que iniciaram minha trajetória acadêmica, pelo apoio, ensinamentos e profissionalismo.

À Rosângela Ferreira do Santos: pelos momentos de felicidade e tristeza, companheirismo e paciência.

Ao João Paulo Tadeu Dias: pelo companheirismo e paciência nos longos anos de vivência que, além dos problemas, estivemos juntos numa empreitada ímpar, cheia de mudanças e conquistas.

À Maria Aparecida Nogueira Sedyama pelos inúmeros trabalhos disponibilizados.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos, na UNESP de Botucatu: Magali Leonel, Cláudio Cabello, Sérgio Hugo Benez, Francisco Araújo Câmara, Fernando Broetto, Giuseppina Pace Pereira Lima e Rogério Lopes Vieites.

Aos bibliotecários, em nome de Célia Regina Inoue, Janaína Celotto Guerreiro, Denise Melo Nogueira de Assis e Ana Lúcia Kempinas, pela atenção, compreensão e profissionalismo.

Às secretárias da Pós-Graduação pela atenção, compreensão e paciência.

À secretária do Cerat, Alessandra, pela atenção.

À Vanessa Cassoni, por alegrar muitas vezes nossos dias de trabalho e por ser uma pessoa muito especial.

À todos os colegas que contribuíram direta ou indiretamente para o meu crescimento pessoal e profissional, além das amizadas conquistadas: Ackson e Isa, Henrique da Silva Silveira Duarte, Eliseu Brachtvogueu, Priscila Suman, Camila Abrão, Daniela Segantini, Carol, Milena Galhardo Borguini, Angélica Fernandes Deus, Deyse, Juliana Eburneo, Amanda, Rosecler, Manoel Xavier, Taís Paes, Cristiane da Cunha Salatta, Tatiane, Taíce, Andréia (da Horti), Letícia Foratto, Bárbara, Luciana, Felipe Palangana, Maria Augusta Tremocoldi, Daiane Alves Campos, Noel e Ivanil, Fernanda Trombini e Nice.

Aos colegas que não foram citados, mas que de alguma forma estarão gravados na memória por toda vida.

À todos que direta e indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

*"A imaginação é tudo.
É a prévia das próximas atrações
da vida."
(Albert Einstein)*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELA.....	XII
LISTA DE FIGURA.....	XIII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Mandioquinha-salsa.....	8
2.2 Cultivo e classificação de mandioquinha-salsa.....	14
2.3 Descrição dos genótipos estudados.....	18
2.4 Composição química das raízes de mandioquinha-salsa.....	23
2.5 Processamento de mandioquinha-salsa.....	24
2.6 Amido.....	26
2.6.1 Propriedades químicas dos amidos.....	29
2.6.1.1 Composição.....	29
2.6.2 Gelatinização.....	32
2.6.3 Retrogradação.....	33
2.6.4 Propriedades funcionais dos amidos.....	34
2.6.4.1 Propriedades de pasta.....	34
2.6.4.2 Propriedades térmicas.....	38
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1 Planejamento experimental.....	43

SUMÁRIO

	Página
3.1.1 Primeira etapa.....	43
3.1.1.1 Implantação da área experimental.....	44
3.1.1.2 Dados meteorológicos durante o cultivo.....	46
3.1.1.3 Avaliação do crescimento vegetativo.....	48
3.1.1.4 Avaliação da produção de raízes por classes e calibres.....	48
3.1.2 Segunda etapa.....	49
3.1.2.1 Caracterização das raízes de mandioquinha-salsa.....	51
3.1.2.1.1 Determinação de cor.....	51
3.1.2.1.2 Determinação do teor de umidade.....	51
3.1.2.1.3 Determinação do teor de cinzas.....	51
3.1.2.1.4 Determinação do teor de proteínas.....	52
3.1.2.1.5 Determinação do teor de matéria graxa.....	52
3.1.2.1.6 Determinação do teor de açúcares solúveis.....	52
3.1.2.1.7 Determinação do teor de açúcares redutores.....	53
3.1.2.1.8 Determinação do teor de fibra bruta.....	53
3.1.2.1.9 Determinação do teor de amido.....	54
3.1.2.1.10 Determinação do pH.....	54
3.1.2.1.11 Determinação do teor de acidez titulável.....	54
3.1.2.1.12 Extração da fécula.....	55
3.1.2.1.13 Caracterização da fécula.....	55
3.1.2.1.13.1 Teor de amilose e amilopectina aparentes.....	55

SUMÁRIO

	Página
3.1.2.1.13.2 Propriedades de pasta (RVA).....	55
3.1.2.1.13.3 Propriedades térmicas (DSC).....	56
3.1.3 Análises dos dados.....	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1 Variáveis climáticas.....	58
4.1.1 Temperaturas.....	58
4.1.2 Precipitação pluviométrica.....	59
4.2 Crescimento vegetativo.....	59
4.3 Produção de raízes de mandiquinha-salsa.....	65
4.4 Classificação das raízes.....	66
4.5 Análise físico-química das raízes de mandiquinha-salsa.....	70
4.5.1 Cor das raízes <i>in natura</i>	70
4.5.2 Composição química.....	73
4.5.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável.....	73
4.5.2.2 Umidade.....	74
4.5.2.3 Cinzas.....	76
4.5.2.4 Matéria graxa.....	77
4.5.2.5 Fibra bruta.....	78
4.5.2.6 Proteína bruta.....	79
4.5.2.7 Açúcares redutores.....	80
4.5.2.8 Açúcares totais.....	82

SUMÁRIO

	Página
4.5.2.9 Amido.....	83
4.6 Análise do amido.....	85
4.6.1 Amilose e amilopectina aparentes.....	85
4.6.2 Propriedades de pasta (RVA).....	87
4.6.3 Propriedades térmicas (DSC).....	90
5 CONCLUSÕES.....	94
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
7 APÊNDICE.....	112

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Resultado da Análise Química de Solo, 2009.....	44
Tabela 2. Classes de comprimento da mandioquinha-salsa.....	48
Tabela 3. Subclasses de diâmetro da mandioquinha-salsa.....	48
Tabela 4. Número de raízes e produção por planta (kg) de mandioquinha-salsa.....	65
Tabela 5. Produção de mandioquinha-salsa em diferentes classes.....	67
Tabela 6. Produção de mandioquinha-salsa em diferentes calibres.....	68
Tabela 7. Produção total, comercial e refugo de mandioquinha-salsa ($t\ ha^{-1}$).....	69
Tabela 8. Identificação da cor de raízes <i>in natura</i> de mandioquinha-salsa.....	71
Tabela 9. Avaliação do pH e acidez de clones de mandioquinha-salsa em base úmida ($g\ 100g^{-1}$ de raiz).....	73
Tabela 10. Propriedades de pasta de féculas de mandioquinha-salsa (RVA).....	89
Tabela 11. Propriedades térmicas de gelatinização de féculas de mandioquinha-salsa.....	91
Tabela 12. Propriedades térmicas de retrogradação de féculas de mandioquinha-salsa.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cores da mandiоquina-salsa.....	10
Figura 2. Descrição da mandiоquina-salsa.....	12
Figura 3. Três materiais de mandiоquina-salsa mais conhecidos no Brasil.....	17
Figura 4. Estrutura dos grânulos de amido em diferentes níveis de organização.....	28
Figura 5. Perfil viscoamilográfico ilustrativo do amido de mandiоquina-salsa através do RVA.....	35
Figura 6. Diagrama idealizado de inchamento e da gelatinização dos grânulos de amido em presenç de gua.....	36
Figura 7. Fluxograma das etapas de trabalho até a classificação das raízes.....	45
Figura 8. Temperaturas máximas, mínimas e médias e precipitação pluviométrica durante o período de cultivo.....	47
Figura 9. Fluxograma das etapas de caracterização das raízes e amidos.....	50
Figura 10. Crescimento de clones de mandiоquina-salsa BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 e 7609) e da cultivar Amarela de Senador Amaral (A. S. A.) durante o ciclo vegetativo.....	61
Figura 11. Diagrama de cromaticidade ‘a’ e ‘b’ para os clones BGH e para a cultivar.....	71
Figura 12. Ilustração das cores de mandiоquina-salsa.....	72
Figura 13. Porcentagem de umidade de mandiоquina-salsa em base úmida.....	75
Figura 14. Quantidade de cinzas de mandiоquina-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹).....	76
Figura 15. Quantidade de mteria graxa de mandiоquina-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹)....	77
Figura 16. Quantidade de fibra bruta de mandiоquina-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹).....	78
Figura 17. Quantidade de proteína bruta de mandiоquina-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹)....	80
Figura 18. Quantidade de açcures redutores de mandiоquina-salsa em base úmida (g 100 g ⁻¹).....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 19. Quantidade de açúcares totais de mandioca-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹)...	82
Figura 20. Quantidade de amido de mandioca-salsa em base úmida (g 100g ⁻¹).....	84
Figura 21. Quantidade de amilose e amilopectina (%) em amido de mandioca-salsa em base úmida.....	85
Figura 22. Perfil viscográfico de BGH 4560.....	112
Figura 23. Perfil viscográfico de BGH 5741.....	112
Figura 24. Perfil viscográfico de BGH 5744.....	112
Figura 25. Perfil viscográfico de BGH 5746.....	112
Figura 26. Perfil viscográfico de BGH 5747.....	113
Figura 27. Perfil viscográfico de BGH 6414.....	113
Figura 28. Perfil viscográfico de BGH 6513.....	113
Figura 29. Perfil viscográfico de BGH 6525.....	113
Figura 30. Perfil viscográfico de BGH 7609.....	114
Figura 31. Perfil viscográfico da cultivar Amarela de Senador Amaral.....	114

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento, a produção e composição físico-química de raízes e amidos de mandioquinha-salsa e suas potencialidades. Foram avaliados nove clones BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 e 7609) e a cultivar Amarela de Senador Amaral, os quais foram cultivados na Fazenda Experimental São Manuel-SP, safra de 2009. O delineamento experimental utilizado no plantio foi de blocos casualizados com três repetições. Foram avaliados o crescimento vegetativo durante o cultivo, produção total, comercial, por classe e calibre das raízes e as características físico-químicas das raízes: umidade, amido, cinzas, proteína bruta, matéria-graxa, açúcares, fibra bruta, pH, acidez e cor e caracterização do amido quanto ao teor de amilose, propriedades térmicas e de pasta. Os materiais que destacaram foram BGH 6414, maior crescimento vegetativo; ‘Amarela de Senador Amaral’ e BGH 5741, menores quantidades de raízes por planta; e BGH 6414, menor produção total, comercial, nas classes e calibres. Na caracterização da coloração das raízes, BGH 6513 e BGH 4560 apresentaram menores valores de luminosidade, BGH 6414 e BGH 5744 maiores valores para croma a* e BGH 5746, BGH 6513 e BGH 5744 os menores valores para o croma b*. A cultivar Amarela de Senador Amaral apresentou pH mais alto e a

maior quantidade de acidez foi observada no clone BGH 6525. Os clones que apresentaram maiores teores de umidade foram BGH 7609 e BGH 6414. Os clones BGH 5744, BGH 7609, BGH 6414 e BGH 5741 apresentaram menores teores de cinzas e na avaliação de matéria graxa BGH 6525, BGH 5741 e BGH 5744 apresentaram os maiores teores. O clone BGH 7609 apresentou maior teor de fibras, açúcares totais, menor teor de amido, maiores temperaturas de gelatinização e menor temperatura de pico nos amidos retrogradados, além de apresentar a maior porcentagem de amidos retrogradados. Apresentaram diferenças significativamente superiores BGH 4560 e 'Amarela de Senador Amaral' no teor de proteína bruta e BGH 5746, BGH 6513 e BGH 6525 no teor de açúcares redutores. Os clones BGH 5744, BGH 6525, BGH 4560, BGH 5741 e BGH 5746 apresentaram altos teores de amilose. Nas propriedades de pasta BGH 5747 apresentou valores superiores para viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência à retrogradação. As temperaturas das propriedades térmicas de gelatinização foram superiores àquelas de retrogradação. O clone BGH 5747 é recomendado para produção de raízes comerciais e para alimentos de preparo instantâneo por apresentar baixa resistência ao calor. Os clones BGH 5746, BGH 6513 e BGH 6525 não são recomendados para processamento na forma de fritura por apresentarem altos teores de açúcares redutores. BGH 7609 é recomendado para dietas e processos fermentativos por apresentar altos teores de fibras e de açúcares totais, porém não é recomendado para rendimento industrial por apresentar baixo teor de matéria seca. Todos os clones, exceto BGH 7609, apresentaram amidos com característica de alta digestibilidade devido as altas porcentagens de amilose.

Palavras-chaves: *Arracacia xanthorrhiza*, produção de raiz, composição centesimal, amilose, propriedades térmicas e de pasta.

POTENTIAL OF PERUVIAN CARROT (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) TO INDUSTRIAL PROCESSING. Botucatu, 2011. 136p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EZEQUIEL LOPES DO CARMO

Adviser: MAGALI LEONEL

Co-adviser: SÍLVIO JOSÉ BICUDO

SUMMARY

The objective was to evaluate the growth, yield and physico-chemical composition of starches from roots and peruvian carrot and its capabilities. We evaluated nine clones BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 and 7609) and cultivar Amarela de Senador Amaral, which were cultivated at the Experimental Farm São Manuel-SP, the 2009 harvest. The experiment was planted in a randomized block design with three replications. We evaluated the vegetative growth during cultivation, total production, trade, by class and size of

roots and the physicochemical characteristics of the roots for moisture, starch, ash, protein, raw grease, sugar, crude fiber, pH, acidity and color and characterization of starch and amylose content, thermal properties and paste. The materials that were highlighted BGH 6414, increased vegetative growth, 'Amarela de Senador Amaral' and BGH 5741, lower amounts of roots per plant, and BGH 6414, lower overall production, commercial classes and sizes. In characterizing the coloration of the roots, BGH 6513 and BGH 4560 had lower levels of brightness, BGH 6414 and BGH 5744 higher values for chroma and a* BGH 5746, BGH 6513 and BGH 5744 the lowest values in the chrome b*. The cultivar Amarela de Senador Amaral presented higher pH and higher amount of acidity was observed in clones BGH 6525. The clones that showed higher levels of humidity were BGH 7609 and BGH 6414. Clones BGH 5744, BGH 7609, BGH 6414 and BGH 5741 had lower levels of ash and fatty matter in the evaluation of BGH 6525, BGH 5741 and BGH 5744 showed the highest levels. BGH Clone 7609 showed a higher fiber content, total sugar, less starch, higher temperatures and lower gelatinization peak temperature in starch downgraded, besides presenting the highest percentage of retrograded starch. Differ significantly higher than BGH 4560 and 'Amarela de Senador Amaral' in crude protein and BGH 5746, BGH 6513 and BGH 6525 in the amount of reducing sugars. Clones BGH 5744, BGH 6525, BGH 4560, BGH 5741 and BGH 5746 showed high levels of amylose. In the paste properties BGH 5747, showed higher values for peak viscosity, breakdown viscosity, final viscosity and retrogradation. The temperatures of the thermal properties of gelatinization were higher than those of downgrading. Clone BGH 5747 is recommended for commercial production of roots and instant food preparation due to its low resistance to heat. Clones BGH 5746, BGH 6513 and BGH 6525 are not recommended for processing in the form of frying because they have high levels of reducing sugars. BGH 7609 is recommended for diets and fermentation processes to produce high levels of fiber and sugars, but is not recommended for industrial output because of its low dry matter content. All clones, except BGH 7609, showed characteristic of starches with high digestibilidade due to the high percentage of amylose.

Keywords: *Arracacia xanthorrhiza*, root production, centesimal composition, amylose, and thermal properties of the paste.

1 INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa é uma planta da família *Apiaceae* e da espécie *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft, cujo as raízes apresentam grande qualidade nutritiva e interesse econômico.

O Brasil é o maior produtor mundial de mandioquinha-salsa com Paraná, Minas Gerais e São Paulo os estados de maiores volumes de produção, sendo este último o maior pólo de comercialização. A produção média de raízes é de 250 mil toneladas anuais e cerca de 95% desse volume é destinado ao mercado de raízes *in natura* (CARVALHO, 2008).

De acordo com a cultivar ou clone e as condições edafoclimáticas, a mandioquinha-salsa poderá apresentar variações na coloração das raízes (SANTOS; CÂMARA, 1995), no desempenho vegetativo, bem como, no rendimento e qualidade das raízes.

As produções comerciais das raízes de mandioquinha-salsa no país esta baseada em apenas uma cultivar e um clone, o que resulta em características semelhantes, além da grande uniformidade genética. A única cultivar difundida é a Amarela de Senador

Amaral e o clone mais difundido é o BGH 5746, comumente denominado de Amarela de Carandaí ou Amarela Comum. A uniformidade genética entre os materiais mais cultivados no Brasil é um risco em relação a pragas e doenças (GIORDANO et al., 1995), além de limitante à expansão do cultivo em condições ambientais diferentes dos tradicionais. A propagação comercial, de caráter exclusivamente assexuado, aliada a baixa variabilidade observada entre os clones cultivados no Brasil, conduz a possibilidade teórica desta espécie estar em alto grau de heterozigose, apresentando ciclo considerado longo (SANTOS, 1994).

A mandioquinha-salsa é considerada um alimento de função energética, pois, na sua composição destacam-se alto teor de carboidratos, além de níveis consideráveis de minerais e vitaminas (SEDIYAMA et al., 2005). Comparando-se os teores desses minerais, o consumo diário de 100g de mandioquinha-salsa é suficiente para suprir as necessidades diárias recomendadas (PEREIRA, 1997). Apresenta ainda amido com características especiais que favorecem a digestibilidade. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (F.A.O) reconhece que a mandioquinha-salsa é uma espécie de alto valor nutritivo, econômico, produtivo e com potencial para indústria e inclusive medicinal (AÑES et al., 2002).

Com o crescimento sócio-econômico do país aumenta a procura por alimentos nutritivos, saudáveis e de fácil preparo para utilização. Portanto, aumenta a exigência do consumidor em obter produtos processados ou prontos para uso.

No Brasil, a produção de mandioquinha-salsa é quase exclusivamente destinada ao consumo doméstico (SEDIYAMA et al., 2005, CAMARGO FILHO et al., 2001), com exceção de pequena produção de purês desidratados empregados na fabricação de sopas instantâneas (PEREIRA; SANTOS 1997), e exportação para o Japão na forma pré-cozida e conservada à temperatura ambiente e pré-cozida congelada (SANTOS, 2000).

Por outro lado, os inconvenientes no armazenamento e a perecibilidade das raízes têm contribuído para o aumento e a diversificação da sua industrialização. As raízes apresentam um grande potencial para produção de *chips*, farinhas, fécula e outros produtos, sendo que a oferta de produtos processados poderá aumentar o consumo e a produção de mandioquinha-salsa no Brasil e no mundo.

A produção de amido no mundo aumenta de importância a cada ano. Muitas espécies de matéria-prima estão sendo utilizadas para esse fim e seu uso tem sido o mais variado, principalmente na indústria de alimentos (PEREIRA; SANTOS, 1997). As indústrias de alimentos e os produtores de amido estão interessados na identificação e no desenvolvimento de espécies que produzam féculas nativas com características especiais. Estes amidos poderiam substituir féculas modificadas quimicamente ou abrir novos mercados para amidos (LEONEL, 2007). A mandiocinha-salsa apresenta amidos ausentes de fatores anti-nutricionais e baixos teores de amilopectina, características que favorecem alta digestibilidade (NUNES et al., 2010).

O amido das raízes de mandiocinha-salsa é de fácil cozimento, com baixa temperatura de gelatinização, alta viscosidade de pico e suscetível ao atrito mecânico (ROCHA et. al. 2008). Além disso, o amido possui baixa tendência à retrogradação e sinérese, contribuindo para sua alta digestibilidade (PERONI, 2003). O tamanho e a forma de grânulos de amido, também estão entre os fatores de importância na determinação de usos potenciais de amidos como substitutos de gordura, produção de filmes plásticos biodegradáveis, de papéis, além de outros produtos (LEONEL, 2007).

Os clones apresentam variabilidade com relação ao ciclo vegetativo, produção, características morfológicas e físico-química nas raízes. Esses materiais visam atender demandas por novas cultivares, mais produtivas e de colheita precoce, com raízes apresentando características superiores em relação aos aspectos nutricionais e comerciais, além da aptidão culinária. Esses materiais poderão também constituir em matéria-prima para o processamento industrial dependendo da composição de suas raízes.

Tendo em vista a importância econômica e nutricional da mandiocinha-salsa este trabalho tem por objetivo avaliar o crescimento de clones e da cultivar desta espécie cultivados em São Manuel-SP e verificar a composição físico-química de raízes e fécula de mandiocinha-salsa e suas potencialidades para processamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mandioquinha-salsa

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) tem origem na região andina da América do Sul, abrangendo os países da Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela, mais especificamente nos possíveis vales da parte norte da Cordilheira Andina (CASALI e SEDIYAMA, 1997). Também pode ser especificado como centro de origem, o sul da república equatoriana (AÑES et al., 2002). Além disso, na época em que os espanhóis começaram as explorações na América do Sul, os Incas utilizavam as raízes de mandioquinha-salsa as quais também foram encontradas em tumbas Incas no Peru.

Em 1997, Casali e Sediyaama relataram que o cultivo mais importante estava na Colômbia, no qual era cultivada de forma intensiva e extensiva e onde se encontrava a maior diversidade de plantas. Porém, em 2006, Domínguez et. al. citaram que o Brasil apresentava maior área de cultivo, sendo na região andina, a Colômbia, seguida pelo Equador e Peru, ambas distribuídas em pequenas áreas de cultivo. Além disso, é relatado que o Equador apresentou crescimento relativo ao passo que Peru e Bolívia apresentaram diminuição na

produção e no consumo. Na Venezuela, constitui cultura de subsistência de grande importância na dieta alimentar da população indígena (BUKASOV, 1960 apud LÉON, 1964).

Nas grandes cidades da Colômbia, as raízes são comercializadas em quantidades consideráveis e muitas vezes ultrapassam a batata (HERMANN, 1997).

Em 1533, cronistas da época, fizeram as primeiras descrições da planta (HODGE, 1954). Foi introduzida em países da América Central: Panamá, Costa Rica, Guatemala e no Caribe: Porto Rico, Haiti e Jamaica e através de plantas coletadas nesse último país que Bancroft a classificou taxonomicamente, em 1825 (HERMANN, 1997).

Existem espécies do gênero *Arracacia* em regiões montanhosas do México e Guatemala. Na região montanhosa dos Andes esta espécie se comporta como planta perene e herbácea, que produz grandes raízes comestíveis de cor amarela (HERMANN, 1997).

Várias tentativas visando a aclimação da mandioquinha-salsa nos países temperados da Europa fracassaram, pois os cultivos estabelecidos não resultaram em raízes comestíveis. Comportamento semelhante foi observado nos Estados Unidos, nos estados de Nova York (1825) Maryland (1828-1829), Flórida e Geórgia (1916-1920) e na Inglaterra, França e Suíça (1828-1846), cujo a explicação parece estar relacionada com as variações extremas de temperatura no hemisfério norte, altas no verão e baixas no inverno, as quais interrompem o período relativamente longo de crescimento (CARRASQUILLA, 1944). Isso, porque a mandioquinha-salsa apresenta aspectos positivos, os quais favorecem o consumo perante várias amiláceas, inclusive à batata (CASALI, 1994).

Segundo Hodge (1954), existem três variedades de mandioquinha-salsa, na região dos Andes, além das silvestres, que devem ser investigadas e preservadas. Dependendo da variedade, as raízes podem apresentar coloração branca, amarela, roxa (Figura 1) (RUIZ, 2006) e creme. Em muitas regiões, as raízes de coloração amarela são de interesse comercial.



Figura 1. Cores de mandioquinha-salsa. RUIZ (2006).

No Brasil, a mandioquinha-salsa foi introduzida em 1907, por meio de mudas doadas à Sociedade de Agricultura do Brasil pelo general colombiano Rafael Uribe y Uribe (HERMINIO, 2005). Há outro relato de que provavelmente, em 1900, o Barão de Friburgo, trouxe das Antilhas, daí a razão de sua denominação como batata-baroa. É cultivada principalmente nas regiões Centro – Oeste e Sul. Seu cultivo é caracterizado por pequenas áreas, pouco uso de insumos e mão-de-obra familiar.

A mandioquinha-salsa é uma planta eudicotiledônea, ordem Umbellales, família Umbelliferae (Apiaceae), gênero *Arracacia*, espécie *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.

A planta de mandioquinha-salsa é herbácea, de porte baixo, com altura variando entre 40 e 60 cm, podendo as folhagens alcançar até 1,5m de altura. É anual quanto à produção das raízes tuberosas e bianual quanto ao ciclo biológico, razão pela qual raras vezes completa o ciclo em plantios comerciais (CASALI; SEDIYAMA, 1997). No Brasil, a colheita é feita entre 8 e 12 meses (GRANATE et al., 2007) e a propagação para fins comerciais é essencialmente vegetativa. Pode ser utilizada na alimentação animal, devido ao balanço de aminoácidos e minerais e da palatabilidade (CASALI, 1994), além de ser lucrativo quando os resíduos (folhas, rebentos, raízes não-comerciais e coroas) são utilizados nas formulações de ração para aves e possibilidade de melhor qualidade de carcaça (VIEIRA et al., 1999).

As folhas são pinatisectas com três a quatro pares de pecíolos opostos e um terminal, que mede até 50 cm. A coloração das folhas e do pecíolo varia de verde a roxo,

conforme o clone. As folhas juntamente com pecíolos apresenta altos níveis de proteína bruta e podem ser utilizadas para texturização das proteínas, na alimentação animal e quando jovens e tenras podem ser utilizadas e consumidas na forma de saladas (CASALI, 1994) e cozidas (AÑES et al., 2002).

O caule é vertical, rizomatoso, capaz de perfilhar na parte superior. Compõe-se de uma coroa, também chamada cepa, miolo ou mãe, que é originada da muda que formou a planta (Figura 2). Na Venezuela, é utilizada na alimentação de bovino leiteiro por possuir aproximadamente 9% de proteína (AÑES et al., 2002). Na parte superior, saem ramificações conhecidas como rebentos, filhotes, brotos ou propágulos, em número variável de 10 a 30, de onde nascem as folhas. Estes rebentos são utilizados para propagação vegetativa. Além disso, os rebentos são mais nutritivos que as raízes em minerais, proteínas e no balanço de aminoácidos (CASALI, 1994).

A parte subterrânea é constituída principalmente pelas raízes tuberosas, em número geralmente de quatro a dez, que saem da parte inferior da coroa. As raízes são ovóides, cônicas ou fusiformes, com 5 a 25 cm de comprimento e de 3 a 8 cm de diâmetro (Figura 2).

As plantas que produzem raízes de coloração amarela têm, geralmente, ciclo vegetativo mais longo, apresentam maior resistência às condições climáticas e produzem raízes maiores. As plantas de raízes brancas ou roxas são menos resistentes as variações climáticas e às vezes produzem raízes menores, porem são mais precoces, têm raízes de consistência mais suave e são as preferidas pelos consumidores dos países andinos (MUÑOZ, 1969).

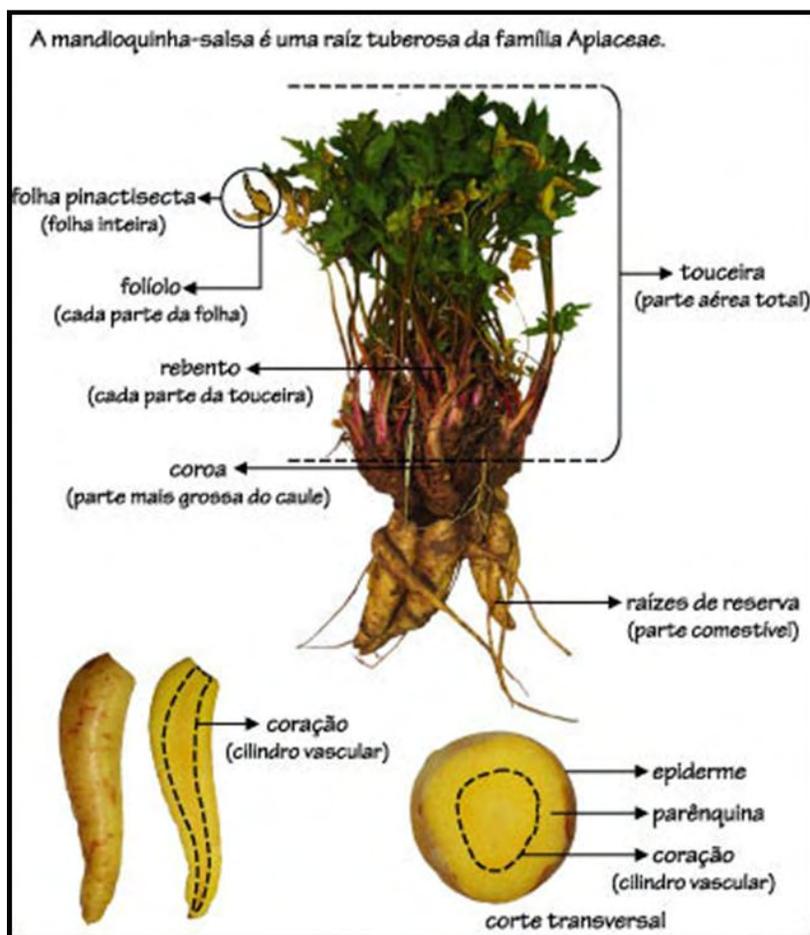


Figura 2. Descrição da mandioquinha-salsa (NORMAS, 2002).

As flores são pequenas, com cinco pétalas que se alternam com cinco estames compridos e finos, e são reunidas em inflorescência chamada umbela. O fruto é do tipo diaquênio. As sementes são viáveis, transversalmente são teretiformes e possuem canais oleíferos que dão o odor característico a espécie.

No Brasil, essa hortaliça recebe diferentes denominações como cenoura-amarela, batata-baroa, batata-fiusa, batata-cenoura, batata-tupinambá, batata-arracacha, batata-jujuba e batata-suíça (CASALI e SEDIYAMA, 1997). Dependendo da região, a mandioquinha-salsa também pode receber nomes como batata-aipo, batata-galinha, batata-salsa, barão, baroa, carotole, mandioquinha e pastinaca (SANTOS e CARMO, 1998). Em outros países pode ser reconhecida como apio andino ou apio criollo (Porto Rico e Venezuela), zanahoria blanca (Equador), virraca (Peru), arracacha ou racacha (Colômbia,

Perú, Bolívia, América Central e Venezuela) (Añes et al., 2002) e peruvian carrot (Estados Unidos e Inglaterra) (CASALI e SEDIYAMA, 1997). No Brasil, a uniformização no meio técnico é para mandioquinha-salsa e na língua inglesa para arracacha e peruvian carrot (SANTOS e CARMO, 1998).

A utilização da mandioquinha-salsa pelos incas já era conhecida quando da conquista da América do Sul pelos espanhóis e sua distribuição foi ampla em países como Panamá, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, Porto Rico e Haiti, regiões descobertas e colonizadas pelos espanhóis (CASALI e SEDIYAMA, 1997).

Na Colômbia, assumia grande importância por causa da área cultivada com mandioquinha-salsa (aproximadamente 25.000 ha) e uso intensivo na alimentação (ZANIN; CASALI, 1984). Porém, Reghin et al. (2000) e Granate et. al. (2009), comentaram que o Brasil era o maior produtor mundial de mandioquinha-salsa, cultivando-se cerca de 11.000 ha e com produtividade média de 9,2 t ha⁻¹. Hoje, o Brasil apresenta área plantada com mandioquinha-salsa que corresponde aproximadamente 23 mil hectares com produção média de 250 mil toneladas anuais. Cerca de 95% desse volume é destinado ao mercado de raiz *in natura* e o restante absorvido pela indústria (PFB, 2008). No entanto, existem áreas cujo a produção alcança 20,0 t ha⁻¹ ou mais, dependendo do material vegetal utilizado e do manejo cultural empregado. Apresenta importância econômica elevada, com valor ao redor de 50 milhões de dólares (CÂMARA; SANTOS, 2002), sendo Paraná, Minas Gerais e São Paulo, os principais produtores, respectivamente. Na Venezuela, o rendimento médio de raízes de mandioquinha-salsa em 1997 foi de 13,1 t ha⁻¹ e quando avaliado os possíveis estados de maior produção, Táchira, Trujillo e Mérida a média foi de 14,3 t ha⁻¹, sendo este último com 53,9% da produção nacional (AÑES et al., 2002).

Minas Gerais é um dos maiores produtores desta olerícola, com lavouras concentradas nas regiões do Sul de Minas, Zona da Mata e Campos das Vertentes, com produtividade média de 13,13 toneladas ha⁻¹ e uma área cultivada de aproximadamente 1100 hectares, (CARVALHO, 2008). Santos e Carmo (1998) relataram que o estado era o maior produtor brasileiro ao passo que Henz e Reifschneider (2005) enfatizam o estado do Paraná.

O estado do Paraná é pioneiro na exportação de mandioquinha-salsa para o Japão, tanto na forma pré-cozida, embalada a vácuo para conservação á temperatura ambiente, como também pré-cozida e congelada (SANTOS, 2000).

O Estado de São Paulo apresentou na safra 2007/2008, aproximadamente 547 hectares plantados com a cultura da mandioquinha-salsa, destacando os municípios de Piedade e Serra Negra, com 170,50 e 104,40 hectares, respectivamente (LEVANTAMENTO, 2009). Aliado a essa produção, o estado é um dos maiores pólos de comercialização, onde a CEAGESP é o maior mercado de mandioquinha no Brasil, com influências na formação dos preços e no modo de comercialização (HENZ; REIFSCHNEIDER, 2004) das raízes *in natura*. Além disso, São Paulo é abastecido principalmente pela produção dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (HENZ; REIFSCHNEIDER, 2005).

Também há relatos de cultivo e/ou de pesquisas com mandioquinha-salsa em regiões como Distrito Federal, Goiás e Tocantins, em altitudes superiores a 1000 metros (SANTOS, 1994), Rio de Janeiro (PORTZ et al., 2006, PORTZ et al., 2003) e Mato Grosso do Sul (VIEIRA et al., 1999; VIEIRA, 1995), além das regiões serrana do Espírito Santo e planalto norte de Santa Catarina (HENZ, 2002) e Rio Grande do Sul (MUNIZ e MACHADO, 1995 apud SANTOS e CARMO, 1998).

2.2 Cultivo e classificação da mandioquinha-salsa

É um cultivo caracterizado, predominantemente por pequenas áreas, pouco uso de insumos (SANTOS, 1993) e quantidade expressiva de mão-de-obra, 100 pessoas dia⁻¹ ha⁻¹ (MADEIRA et al., 2002), muitas vezes familiar, sendo, portanto, de grande importância social e econômica.

Um dos fatores de produção mais importantes para o sucesso da cultura é a seleção e preparo das mudas, que facilita o enraizamento e promove emergência rápida e uniforme das plantas, no sentido de obter o máximo rendimento de raízes tuberosas (SEDIYAMA; CASALI, 1997), além de assegurar a sanidade da cultura (SEDIYAMA et al.,

2005) quando aliado aos procedimentos agronômicos prescritos. A formação de lavouras comerciais ou de subsistência, frequentemente são oriundas de propagação assexuada, sendo utilizados rebentos ou mudas (CÂMARA, 1992) que surgem da coroa ou cepa e as sementes botânicas utilizadas em melhoramento genético (REGHIN et al., 2000 e SEDIYAMA et al., 1990). É possível utilizar diversos cortes de preparo das mudas, sendo o corte inclinado em relação ao eixo do comprimento das mudas ou bisel simples, o mais comumente utilizado (REGHIN et al., 2000) porque aumenta a superfície exposta resultando em maior enraizamento, produtividade e diminuição de pendões emitidos (SENNA NETO, 1976 apud REGHIN et al., 2000)

De acordo com a cultivar ou clone e as condições edafoclimáticas, a cultura poderá apresentar variações na coloração das raízes (SANTOS; CÂMARA, 1995), no desempenho vegetativo, bem como, no rendimento e qualidade das raízes.

Nas regiões de altitude elevada e clima ameno, o plantio da mandioquinha-salsa pode ser feito durante todo o ano. Em Minas Gerais, as melhores épocas de plantio compreende os períodos de março a junho e de setembro a outubro (GRANATE et al., 2007). Levando-se em consideração o fator preço, a melhor época para o plantio da mandioquinha-salsa deve ser de dezembro a abril quando a colheita ocorre no período de menor oferta do produto no mercado. Nessa época, por coincidir com o período chuvoso, uma técnica sugerida como alternativa é o pré-enraizamento (SANTOS; CÂMARA, 1995), seguindo as recomendações para a otimização da produção das mudas (BUENO et al., 2003).

Devido a mandioquinha-salsa apresentar um ciclo relativamente longo, as recomendações de adubação, juntamente com a análise de solo, devem ser levadas em consideração, principalmente quanto ao parcelamento e solubilidade dos fertilizantes de modo a suprir as necessidades durante o ciclo da planta.

A disponibilidade de informações sobre a relação solo-água-planta em função das condições climáticas é também fator fundamental na determinação da necessidade ou frequência de água (SILVA, 1997), bem como, do método mais adequado e viável para a cultura. A emissão de raízes de reserva inicia-se aos 45 dias após o plantio, com máxima formação aos cinco meses, período no qual a falta de água compromete consideravelmente a produtividade e a qualidade das raízes (SANTOS, 1997).

No Brasil, a mandioquinha-salsa é comumente colhida a partir de oito meses após o plantio (GRANATE et al., 2007). O sinal fisiológico da maturidade das plantas está associado ao progressivo amarelecimento das folhas, finalizando com o total desfolhamento (SANTOS et al., 1991) o que muitas vezes não acontece antes de 8 meses. O período de colheita na mandioquinha-salsa pode ser retardado à espera de melhores preços. Porém, esse período não deve ser prolongado, visto que as raízes tornam-se mais alongadas e grossas, ao mesmo tempo em que vão ficando mais fibrosas, reduzindo seu valor comercial como olerácea (SANTOS, 1997).

Na colheita da mandioquinha-salsa são exigidos cuidados especiais devido a sua alta perecibilidade na pós-colheita, fator relacionado à alta taxa de perda de água (AVELAR FILHO, 1989).

Apesar de receber denominações conforme o local de cultivo, como por exemplo, “Amarela de Carandaí” ou “Amarela Comum” (CASALI et al., 1984) e “Senador Amaral” ou “Amarela de Senador Amaral” (Figura 3), a mandioquinha-salsa cultivada no Brasil, restringe-se a poucos materiais, com características semelhantes e grande uniformidade genética. Há a variedade Branca de raízes brancas (Figura 3), cuja planta é bastante vigorosa em relação às variedades de raízes amarelas, apresenta porte alto e expressiva produção de massa verde, chegando a produzir até sete quilos de raízes por planta (SANTOS, 1993). Seu cultivo é muito restrito, pois suas raízes não têm boa aceitação pelo consumidor, devido à quase total ausência do aroma característico, do sabor adocicado e mesmo pela sua coloração. Entretanto, vários clones estão sendo pesquisados, principalmente no estado de Minas Gerais, para aumentar a disponibilidade de materiais de mandioquinha-salsa.

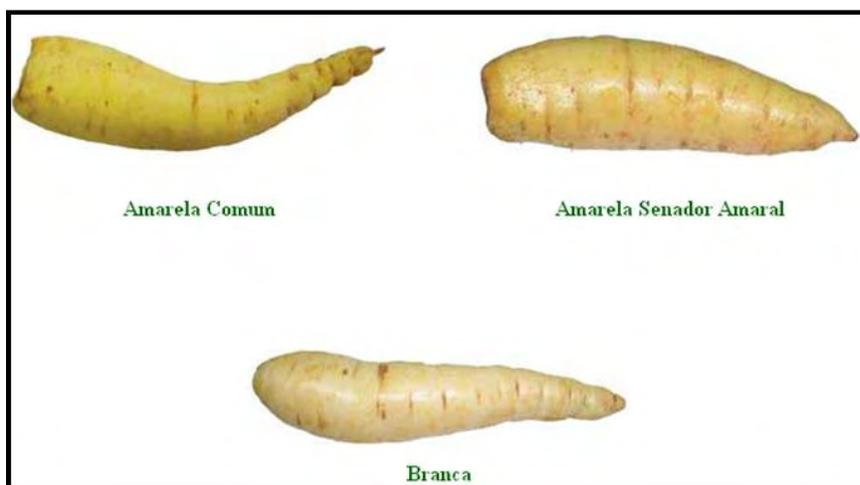


Figura 3. Três materiais de mandioca-salsa mais conhecidos no Brasil. (NORMAS, 2002).

Ainda que no sul do país a coloração predominante seja amarelo intenso, dependendo do local de cultivo as raízes da mandioca-salsa podem apresentar cor creme, como ocorre, por exemplo, no Distrito Federal. Certamente as condições climáticas e pedológicas influenciam diretamente nas diferenças observadas na coloração das raízes (SANTOS; CÂMARA, 1995). Em solos de turfa, em Brasília, tem havido insucesso no cultivo da mandioca-salsa, cujas raízes, após a lavagem, ficam com manchas escuras, perdendo o valor comercial.

O mercado brasileiro de hortaliças passa por grandes mudanças, devido às exigências de padronização dos produtos, bem como dos consumidores que procuram alimentos aparentemente perfeitos. As raízes de mandioca-salsa também estão entre os alimentos que acompanham tais mudanças (RODRIGUES, 1998). Além disso, as principais capitais nordestinas também estão sendo abastecidas com as raízes de mandioca-salsa (NUNES et al., 2010), podendo inferir que, além dos mercados tradicionalmente consumidores, novos mercados e consumidores estão adquirindo e consumindo esse tipo raiz.

A classificação de raízes de mandioca-salsa apresenta mudanças, tanto nas classes, quanto entre as regiões. Hens e Reifschneider (2004) relataram que durante o ano de 2003, na CEAGESP havia as classes '1A', '2A' e '3A', as quais eram utilizadas para classificar as raízes pela aparência e principalmente pelo tamanho. Além disso, conforme as

exigências do mercado, bem como da época do ano eram apresentadas classes adicionais como 'B', 'Extra B', 'Miúda' e 'Diversas' (HENZ, 2001). Ultimamente está sendo empregada a classificação das raízes em 'Extra A', 'Extra AA', 'Extra AAA', sendo esta com a melhor cotação de preços (PREÇOS, 2011). Em Minas Gerais, na CEASA, as raízes eram classificadas nas classes 'Extra A', 'Extra', 'Especial' e 'Primeira' (FREIRE et al., 1984) e posteriormente as classes foram restritas à 'Extra A', 'Extra' e 'Especial' (CEASA-MG, 2003 apud HENS e REIFSCHNEIDER, 2004).

Conforme a classe, os preços são determinantes, geralmente mantendo-se relativamente entre si, onde a classe '3A', a mais valorizada, apresenta preços médios 30% superior à classe '2A' e até 60% superior à classe de raízes pequenas (1A) (HENS e REIFSCHNEIDER, 2005).

Devido às mudanças e diferenças ocorridas na classificação das raízes de mandioquinha-salsa, a Centrais de Abastecimento de Minas Gerais em parceria com o Centro de Qualidade em Horticultura da CEAGESP, estão desenvolvendo normas de classificação em todos elos da cadeia produtiva, dentro do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (AGROQUALIDADE, 2011), cujo as raízes de mandioquinha-salsa também estão incluídas.

2.3 Descrição dos genótipos estudados

É apenas no Brasil que é feito o melhoramento genético da mandioquinha-salsa e estudos de biologia e fisiologia floral e de reprodução (GRANATE et al., 2009). Em 1963 o Instituto Agrônomo de Campinas introduziu vários clones, os quais apresentavam raízes de coloração diferentes (NORMANHA e SILVA, 1963 apud GIORDANO et al., 1995) e hoje, há dois grandes bancos ativos de germoplasma de mandioquinha-salsa [Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa-MG e Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da EMBRAPA-DF].

No BGH, a mandioquinha-salsa representava a oitava espécie com maior número de acessos (196) (SILVA et al., 2001), superando as coleções existentes da

Arracacia xanthorrhiza Bancroft (HERMANN, 1997), dos quais 63 estão catalogados com descritores mínimos discriminantes e descritores complementares (GRANATE et al., 2009). Porém, já foram avaliados 246 clones com diferenças no ciclo, coloração das raízes, perda pós-colheita, ambos originados de sementes botânicas (CASALI et al., 1989 apud GIORDANO et al., 1995).

Os clones BGH apresentam características comuns: forma lanceolada do folíolo terminal, pigmentação ausente da borda dos folíolos e cerosidade ausente do pecíolo.

BGH 4560: é originário do município de São Domingos do Prata-MG, cujo nome comum é batata cenoura (GRANATE et al., 2009), cor verde predominante nas folhagens, três pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde amarelada do pecíolo, cor púrpura avermelhada clara da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor branca predominante na polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição irregular da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação no câmbio e cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 21,58 t ha⁻¹ de raízes comerciais aos 8 meses após o plantio (MAP), 10 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária presente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação média na forma das raízes, variação média no tamanho das raízes, 1,152 kg de raízes por planta e 16 raízes por planta.

BGH 5741: é originário do município de Sarzedo-MG, cujo nome comum é batata baroa (GRANATE et al., 2009), cor verde predominante nas folhagens, quatro pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde amarelada do pecíolo, cor púrpura avermelhada clara da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante na polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição no anel vascular da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação ausente da polpa da raiz, produtividade de 23,60 t ha⁻¹ de raízes comerciais aos 8 MAP, 16

rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária ausente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação média na forma das raízes, variação média no tamanho das raízes, 0,981 kg de raízes por planta e 12 raízes por planta.

BGH 5744: é originário do município de Andradas-MG, cujo nome comum é batata cenoura (GRANATE et al., 2009), cor verde escura predominante da folhagem, dois pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde do pecíolo, cor púrpura avermelhada escura, da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante da polpa dos rebentos, pigmentação ausente na polpa dos rebentos, distribuição ausente da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação no cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 10,53 t ha⁻¹ de raízes aos 8 MAP, 17 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa de raízes, cor secundária presente da polpa, forma fusiforme das raízes, variação baixa na forma das raízes, variação alta no tamanho das raízes, 0,421 kg de raízes por planta e 28 raízes por planta.

BGH 5746: é originário do município de Viçosa-MG, cujo nome comum é Amarela de Carandaí ou batata cenoura (GRANATE et al., 2009), cor verde predominante da folhagem, três pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde amarelada do pecíolo, cor púrpura avermelhada clara da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante na polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição da pigmentação no anel vascular da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação ausente da polpa da raiz, produtividade 16,15 t ha⁻¹ de raízes comerciais aos 8 MAP, 11 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária ausente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação média na forma das raízes, variação alta no tamanho das raízes, 0,735 kg de raízes por planta e 13 raízes por planta.

BGH 5747: é originário do município de Araponga-MG, cujo nome comum é batata cenoura (GRANATE et al., 2009), cor verde escura predominante na folhagem, três pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde amarelada com estrias marrom acinzentadas do pecíolo, cor branca com estrias púrpuras avermelhadas claras da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante da polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição da pigmentação no anel vascular da polpa dos rebentos, cor branca amarelada da superfície da raiz, pigmentação no câmbio e cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 22,54 t ha⁻¹ de raízes comerciais aos 8 MAP, 12 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária presente na polpa, forma cônica das raízes, variação baixa na forma das raízes, variação média no tamanho das raízes, 1,000 kg de raízes por planta e 20 raízes por planta.

BGH 6414: é originário do município de Viçosa-MG, cujo nome comum é batata baroa (GRANATE et al., 2009), cor verde escura predominante da folhagem, dois pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde do pecíolo, cor púrpura avermelhada clara da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela predominante da polpa dos rebentos, pigmentação ausente na polpa dos rebentos, distribuição ausente da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação no cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 0,81 t ha⁻¹ de raízes aos 8 MAP, 14 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes cor secundária presente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação baixa na forma das raízes, variação alta no tamanho das raízes, 0,06 kg de raízes por planta e 13 raízes por planta.

BGH 6513: é originário do clone BGH 5746 (GIL LEBLANC et al., 2008), no município de Viçosa-MG, cujo nome comum é batata baroa (GRANATE et al., 2009) e ‘Roxa de Viçosa’ (GIL LEBLANC et al., 2008), cor verde amarelado com estrias castanhas predominante das folhagens, três pares de folíolos, cor verde com nervuras roxas acinzentadas e bordas púrpuras acinzentadas, pigmentação presente na inserção dos folíolos,

cor púrpura acinzentada do pecíolo, cor púrpura acinzentada da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante da polpa dos rebentos, pigmentação ausente na polpa dos rebentos, distribuição ausente da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação no cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 25,59 t ha⁻¹ de raízes aos 8 MAP, 12 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária presente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação média na forma das raízes, variação média no tamanho das raízes, 1,024 kg por planta, e 28 raízes por planta. As raízes também apresentam grande suscetibilidade a rachaduras (GIL LEBLANC et al., 2000).

BGH 6525: é originário do município de Viçosa-MG (semente botânica), cujo nome comum é batata baroa (GRANATE et al., 2009), cor verde predominante da folhagem, três pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor branca da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante da polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição da pigmentação no anel vascular da polpa dos rebentos, cor branca amarelada da superfície da raiz, pigmentação no câmbio e cilindro central da polpa da raiz, produtividade de 28,39 t ha⁻¹ de raízes comerciais, 21 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária presente na polpa, forma cônica das raízes, variação baixa na forma das raízes, variação baixa no tamanho das raízes, 0,856 kg por planta e 10 raízes por planta.

BGH 7609: é originário do município de Senador Firmino-MG, cujo nome comum é Senador Firmino (GRANATE et al., 2009), apresenta cor verde escura predominante na folhagem, três pares de folíolos, cor verde da face inferior da folha, pigmentação ausente na inserção dos folíolos, cor verde do pecíolo, cor púrpura avermelhada clara da base do pecíolo envolvente, disposição compacta dos rebentos na coroa, cor amarela clara predominante da polpa dos rebentos, pigmentação presente na polpa dos rebentos, distribuição irregularmente distribuída da pigmentação da polpa dos rebentos, cor amarela clara da superfície da raiz, pigmentação do câmbio e cilindro central da polpa da raiz,

produtividade de 24,95 t ha⁻¹ de raízes comerciais aos 8 MAP, 8 rebentos por planta, cor amarela clara da polpa das raízes, cor secundária presente na polpa, forma fusiforme das raízes, variação alta na forma das raízes, variação alta no tamanho das raízes, 1,603 kg por planta e 22 raízes por planta.

‘Amarela de Senador Amaral’: apresenta cor verde escura nas folhagens e verde nas nervuras e inserção do pecíolo, cor amarela intensa na raiz, a arquitetura da planta é ereta, apresenta comprimento médio de raízes de 15 a 20 cm, poucas reentrâncias ao longo do comprimento das raízes, formato retilíneo com ponta oblonga nas raízes, 5 a 7 raízes comerciais por planta, produtividade média superior a 25 t ha⁻¹, normalmente inicia a colheita a partir de 8 meses, não é adequada ao processamento na forma de chips, cor amarela no cilindro central, altura mediana das plantas, presença de cerosidade no pecíolo e cor violeta avermelhada na base do pecíolo (SANTOS, 1998). Era um clone denominado CNPH 92739 (PORTZ et al., 2003) originário de plantas denominadas de Amarela de Carandaí ou Amarela Comum ou BGH 5746.

2.4 Composição química das raízes de mandioquinha-salsa

A mandioquinha-salsa é considerada um alimento de função energética, pois, na sua composição destacam-se alto teor de carboidratos (SEDIYAMA et al., 2005), além de excelente fonte de cálcio, fósforo e ferro (ZANIN; CASALI, 1984) e magnésio (NUNES et al., 2010) e de outros componentes presentes na raiz (SEDIYAMA et al., 2005). Comparando-se os teores de minerais com as necessidades diárias de consumo de crianças, adultos, gestantes e nutrízes, o consumo diário de 100g de mandioquinha-salsa pode ser suficiente para suprir as necessidades, sendo muito indicada para crianças e pessoas da terceira idade (NUNES et al., 2010). A raiz apresenta ainda amido com características especiais, pois contém amilose em torno de 23%, grânulos arredondados variando de 5 a 27 µm, de difícil retrogradação e sinerese, fatores que concorrem para sua grande digestibilidade (KIBUUKA; MAZZARI, 1981). Portanto, é recomendada em dietas para crianças, pessoas idosas,

convalescentes, atletas e também consumidores que desejam hortaliças ricas em vitaminas e sais minerais (PEREIRA, 1997 e ALMEIDA, 2000). Nos Andes, a mandioquinha-salsa é utilizada na alimentação humana como fontes de energia, cálcio, fósforo e de vitaminas (AÑES et al., 2002).

Das vitaminas presentes na mandioquinha-salsa, pode-se ressaltar como as mais importantes a niacina, cujos teores variam de 1.0 a 4.5 mg em 100g de raízes frescas e a vitamina A, que pode atingir níveis de até 6.800 U.I. (2.040 mg de carotenóides em 100g), de acordo com a maior intensidade da coloração. Dos carotenóides presentes, a maior fração corresponde ao beta-caroteno, sendo também encontrado o gama-caroteno, zeta-caroteno e o beta-zeta-caroteno (ALMEIDA; PENTEADO, 1987). Noguera (1999 apud AÑES et al., 2002) também identificou em 100 gramas de raízes de mandioquinha-salsa em base fresca, 73,62 % de umidade, 22,71 g de açúcares, 0,42 g de matéria graxa, 1,08 g de cinzas, 0,979 g de fibra, 1,2 g de proteína, 101 calorias, 44,96 mg de cálcio, 52,98 mg de fósforo, 4,23 mg de ferro, 64,12 mg de magnésio, 2,4 mg de potássio, 9,5 ppm de magnésio, 9,1 ppm de zinco, 0,2 ppm de iodo, 24 UI. de ácido ascórbico, 670 mg de vitamina A, 0,066 mg de tiamina, 0,04 mg de riboflavina, 3,55 mg de niacina e 0,03 mg de piridoxina. Dos carboidratos totais, a maior fração corresponde ao amido, que representa cerca de 80%, e açúcares totais, 6% (BUENO, 2004).

2.5 Processamento de mandioquinha-salsa

No Brasil, a produção de mandioquinha-salsa é quase exclusivamente destinada ao consumo caseiro (SEDIYAMA et al., 2005), com exceção de pequena produção destinada à fabricação de purês desidratados usados na indústria de sopas instantâneas (PEREIRA; SANTOS 1997) ou destinado a exportação para o Japão na forma pré-cozida armazenada à temperatura ambiente ou pré-cozida congelada (SANTOS, 2000).

Os inconvenientes no armazenamento e a perecibilidade das raízes, têm contribuído para o aumento e a diversificação da sua industrialização. As raízes apresentam um grande potencial para produção de *chips*, farinhas, fécula e outros produtos.

Em geral, as hortaliças podem ser disponibilizadas aos consumidores nas formas minimamente processadas, pré-cozidas e congeladas, desidratadas, cozidas, enlatadas e em conservas (VILELA e MACEDO, 2000), possibilitando o aumento do consumo e da produção de mandioquinha-salsa no Brasil e no mundo.

Dentre as características de interesse para o processamento de raízes de mandioquinha-salsa, incluem o teor de sólidos totais e teor de açúcares redutores. O teor de sólidos totais ou matéria seca é importante quanto ao rendimento, absorção de óleo ou gordura e textura de produtos como os *chips*, por exemplo. O teor de amido e o tamanho do grânulo também afetam as qualidades de textura e paladar (LUH; WOODROOF, 1975 apud PEREIRA; SANTOS, 1997), assim como o teor de açúcares redutores tem influência negativa na coloração do produto.

Fatores como variedade, clima, tipo de solo, água disponível no solo, emprego de fertilizantes, grau de maturação na colheita, condições de colheita e armazenamento podem influenciar na qualidade do produto processado (DESROSIER, 1970 apud PEREIRA; SANTOS, 1997).

O mercado da mandioquinha-salsa é amplo nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil, onde a cultura é compensatória. Além disso, com a mudança nos hábitos alimentares aumenta-se a procura por alimentos prontos ou semi-prontos para consumo (JUNQUEIRA, 1998). É crescente a demanda de mandioquinha-salsa como matéria-prima para indústrias alimentícias na forma de sopas, cremes, pré-cozidos, alimentos infantis (“papinhas”), fritas fatiadas tipo *chips* e purês. Com a industrialização, abre-se uma nova oportunidade para o produto bem como para a exportação, complicada para o produto *in natura* em razão do período reduzido de conservação pós-colheita (MADEIRA; SOUZA, 2004).

As raízes da mandioquinha-salsa podem ser adquiridas *in natura*, sendo as opções o uso na forma cozida ou em salada, assada, como purês e nhoques. Quando processada, pode ser consumida frita, tipo “chips”, em flocos e tipo farinha, que é utilizada, principalmente, na panificação, melhorando características como maciez e aroma; ou na confecção de bolachas, biscoitos, bolos, tortas, sopas e molhos (CASALI, 1994; PEREIRA, 1997; SANTOS; CARMO, 1998).

As raízes de mandioquinha-salsa processadas na forma de fatias ou *chips* ainda são pouco exploradas, porém com perspectivas promissoras. Conforme Pereira e Santos (1997), na seleção da matéria-prima, é de máxima importância levar-se em consideração o peso específico e o teor de sólidos das raízes. As matérias-primas que apresentam alto teor de açúcares redutores, não são adequadas para a produção de *chips*, por resultar em produtos de cor mais escura, sendo portanto indesejável. A maioria dos materiais de mandioquinha-salsa não apresenta esse problema, pois possuem baixos teores de açúcares redutores, caracterizando um produto de maior aceitação no mercado. Entretanto, a cultivar Amarela de Senador Amaral não é recomendada para esse tipo de processamento (SANTOS, 2008).

Os alimentos à base de massas estão definitivamente incorporados na alimentação brasileira, apresentados como pratos principais ou complementares. A farinha de mandioquinha-salsa é outra opção que pode melhorar o aspecto de vários produtos relacionados, tanto em nutrientes quanto na apresentação visual, tornando mais atrativos, aromáticos, de melhor textura, sabor e maciez. Pode ser utilizada na substituição de farinha de outras espécies para fabricação de inúmeros produtos ou misturada, visando à melhoria da qualidade do produto. Neste caso, a quantidade a ser utilizada é muito variável, chegando até 10% com a farinha de trigo (PEREIRA; SANTOS, 1997). Menegassi e Leonel (2005) avaliando o efeito da adição de farinha de mandioquinha-salsa em farinha de trigo, concluíram que essa adição aumenta o teor de fibra e amido. Esses incrementos reforçam a necessidade da utilização de raízes para essa finalidade, bem como o aumento da produção e opções de materiais disponíveis dessa hortaliça.

2.6 Amido

O amido constitui o mais abundante carboidrato de reserva das plantas superiores, presentes nos tecidos sob forma de grânulos intracelulares. Pela legislação brasileira (BRASIL, 1978), esses polissacarídeos de reserva são designados amido ou fécula, se provenientes de partes aéreas ou subterrâneas das plantas, respectivamente. As cinco

principais espécies consideradas fonte de amido comercial são o milho, trigo, arroz, batata e mandioca.

Em torno de mil produtos acabados, incluindo amidos e derivados, estes provêm da industrialização de amido e são destinados à inúmeros usos alimentares e não alimentares. Os mercados potenciais podem ser classificados, em função do tipo de utilização industrial, em quatro setores: agroalimentar, papelero, químico e têxtil. Vários outros setores requerem também o uso de amido, mas em proporções menores, tais como as indústrias metalúrgica, petroleira e de construção (FRANCO et al., 2002c). A funcionalidade do amido é fortemente influenciada pela composição de amilose e amilopectina, assim como a organização física das mesmas dentro da estrutura granular (BILIADERIS, 1992) (Figura 4), além da variação que ocorre entre as fontes botânicas.

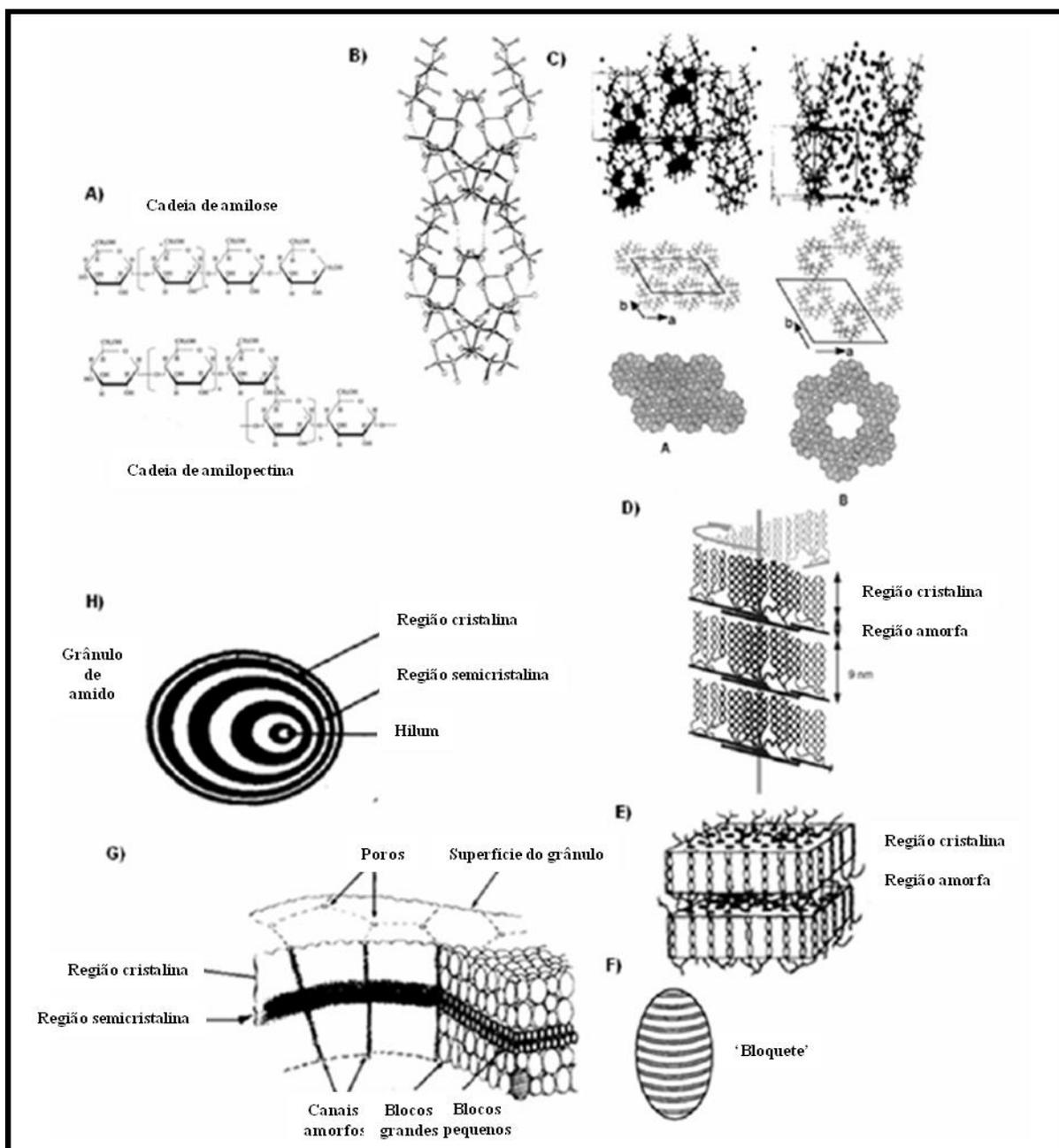


Figura 4. Estrutura dos grânulos de amido em diferentes níveis de organização (GALLANT, et al., 1997).

Outro parâmetro importante na avaliação de amidos é o tamanho e a forma dos grânulos que são característicos da planta de origem, e constituem-se no fator tecnológico de importância, uma vez que definem a abertura das malhas das peneiras de extração e purificação, podendo influenciar o rendimento industrial e a aplicação tecnológica

do amido. Além disso, o tamanho e a distribuição dos grânulos estão entre os fatores que mais acentuadamente afetam o comportamento desses (RASPER, 1971), juntamente com o teor de amilose, distribuição de comprimento de cadeias da amilopectina (JANE et al., 1999; FRANCO et al., 2002b), teores de monoésterfosfato, fosfolipídeos e lipídeos (MORRISON, 1995). Através dessas avaliações podem-se estabelecer parâmetros importantes para usos potenciais do amido como substituintes de gordura, produção de filmes plásticos biodegradáveis, de papéis, além de outros produtos (LEONEL, 2007), determinando assim, diversos usos nos processos industriais.

O amido de mandioquinha-salsa apresenta grande potencial de comercialização em larga escala devido as suas propriedades específicas e de produção, principalmente ao curto período pós-colheita das raízes *in natura* e do baixo valor pago às raízes refugo, embora os custos de produção ainda serem elevados devido à grande mão-de-obra empregada e ao ciclo considerado longo. As raízes de mandioquinha-salsa apresentam cerca de 70% de amido em base seca, porcentagem considerável quando comparada à do endosperma de grão de milho e de batata, espécies que apresentam larga escala de produção e comercialização mundial. Portanto, o amido de mandioquinha-salsa pode ser competitivo no mercado mundial de amido, melhorar a economia da cadeia produtiva da mandioquinha-salsa e se tornar uma das fontes de alimentos amiláceos importantes.

2.6.1 Propriedades químicas dos amidos

2.6.1.1 Composição

Os polímeros formadores do grânulo de amido são basicamente duas macromoléculas, a amilose e a amilopectina, cujo as ligações glicosídicas são identificadas por átomos de carbono numerados de 1 a 6. A amilose é um polissacarídeo linear de (1→4)- α -D-glucose e a amilopectina, uma molécula altamente ramificada, onde cadeias de (1→4)- α -D-glucana são conectadas por ligações α (1→6) (FRANCO et al., 2002c).

A molécula de amilopectina consiste de uma cadeia principal, denominada de cadeia C, que carrega o grupo redutor da molécula, e numerosas cadeias ramificadas denominadas A e B. As cadeias A são conectadas às cadeias B ou C por ligações α (1-6), mas não carregam qualquer ramificação. As cadeias B, são aquelas conectadas às outras cadeias por ligações α (1-6) e possuem uma ou mais cadeias A ou B ligadas a ela através de ligações α (1-6) (FRANCO et al., 2002c).

A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, o que irá conferir características específicas à pasta de amido, assim como à organização física das mesmas dentro da estrutura granular (BILIADERIS, 1991). Podem ser apresentadas em proporções relativamente constantes de 20:80, mas podem apresentar quantidades relativas de 2% de amilose em amidos cerosos, até cerca de 80% de amilose, no “amilomilho” (BULÉON et al., 1998).

A disposição de amilose e amilopectina dentro do grânulo de amido, ainda não é completamente compreendida, porém empacotamento desses dois polímeros no grânulo de amido nativo é bem organizado. No entanto, quando aquecido na presença de água, a estrutura do grânulo torna-se menos ordenada e esta perda na organização interna ocorre em diferentes temperaturas para diferentes tipos de amidos. Dependendo do amido, se ele for aquecido em água indefinidamente, o grânulo aumenta até que sua estrutura finalmente se desintegre e a amilose e amilopectina sejam liberadas na suspensão aquosa. O conteúdo desses polissacarídeos afeta a arquitetura do grânulo de amido, as propriedades de pasta, os atributos texturais, podendo afetar sua aplicação em alimentos industrializados (THOMAS; ATWELL, 1999).

De acordo com Thomas e Atwell (1999), o teor de amilose é comumente medido por métodos que envolvem a reação com iodo, como potenciométricos, amperométricos, ou espectrofotométricos pela medida da absorbância do complexo amido-iodo (*blue value*).

Sabe-se que as ligações glicosídicas na configuração alfa, conferem à amilose uma estrutura helicoidal dentro da qual podem se acomodar átomos de iodo formando um composto de inclusão de cor azul intensa com absorção máxima a comprimentos de onda

entre 620 e 680 nm. Esta reação é usada na determinação quantitativa do teor de amilose, e como indicador da presença de amido (HOOVER, 2001).

Quanto maior a afinidade por iodo, maior será o teor de amilose do amido. O teor de amilose dos amidos reportados na maioria dos trabalhos geralmente se refere ao teor de amilose aparente. Isto se deve às cadeias ramificadas externas de amilopectina muito longas interagirem com o iodo, superestimando o teor de amilose quando este é determinado por titulação iodométrica (JANE et al., 1999). No entanto, em alguns trabalhos o teor de amilose aparente é identificado como sendo aquele obtido de amidos que não foram previamente desengordurados (MORRISON, 1995).

A amilose é considerada a responsável pelo processo de retrogradação, sendo esta uma das mais importantes propriedades do amido. Existe uma relação entre o comprimento da cadeia de moléculas de amilose e a facilidade em retrogradar. Moléculas muito grandes ou muito curvas têm dificuldade em se reassociarem, diminuindo a velocidade de retrogradação (SWINKELS, 1985).

O grau de polimerização da amilose depende da fonte do amido. Amidos de batata e mandioca contêm moléculas de amilose com alto grau de polimerização quando comparadas com amidos de milho e trigo (SWINKELS, 1985). O teor de amilose de amidos de cereais é maior que aqueles encontrados em amidos de raízes e tubérculos (mandioca e batata), que contêm cerca de 20%. Para Hoover (2001), amiloses de tubérculos e raízes apresentam teores de amilose variando entre 18,3-20,4% e número de ramificações entre 2,2-12. Para o amido de mandioquinha-salsa, Gonzáles e Carrasco (2001) encontraram um valor de 20%. O amido de batata apresenta em média cerca de 20% de amilose e 80% de amilopectina, contudo, o estágio de desenvolvimento da planta é um dos fatores que também pode influenciar esta porcentagem. Geddes et al. (1965) observaram um aumento significativo do teor de amilose em amido extraído de batata em estágio de tuberação mais avançado.

Quanto ao teor de amilose do amido de mandioquinha-salsa, há uma variação nos resultados encontrados na literatura. O teor de amilose aparente encontrado por Peroni (2003) foi de 21,3%, valor próximo ao encontrado por Gonzáles e Carrasco (2001) que foi de 20,0%, além daquele encontrado por Vieira (2004) (17,2%). Essa variação pode estar ocorrendo porque amilopectinas de tubérculos e raízes apresentam afinidade por iodo variando

entre 0,06-1,1% e comprimento médio das cadeias entre 19-44 (Hoover, 2001), as quais por sua vez, podem ser influenciadas pelas condições climáticas, manejo cultural, tempo de cultivo, além de metodologias diferentes.

2.6.2 Gelatinização

A gelatinização é uma terminologia geral para descrever as mudanças que ocorrem no amido quando aquecido na presença de água. O conhecimento dessa etapa é necessário antes do consumo de alimentos à base de amido (CASTRO, 2006). Gelatinização é definida como rompimento da ordem molecular dentro do grânulo de amido manifestada em mudanças irreversíveis como aumento de tamanho granular, fusão de cristais, perda da birrefringência, solubilização do amido (THOMAS; ATWELL, 1999). Durante esse processo, que geralmente acontece na presença de água, também ocorre a lixiviação da amilose e desorganização da estrutura da amilopectina (ATWEL et al., 1988 apud CASTRO, 2006).

Sob o ponto de vista físico-químico, os eventos mais sobressalientes da gelatinização são a difusão de água no interior do grânulo, a fusão e transição das regiões cristalinas e o inchamento do grânulo (BLANSHARD, 1979).

A temperatura da qual ocorre o fenômeno de gelatinização é conhecida como temperatura de gelatinização. Quando o grânulo alcança esta temperatura, o amido perde sua birrefringência e a amilose se difunde para a água. A amilose fora do grânulo forma uma malha e produz o gel (CASTRO, 2006). Conforme a quantidade de amido, a temperatura de gelatinização varia em intervalo entre 5 e 10°C, variação que indica diferentes comportamentos de gelatinização, devido as diferentes frações de grânulos (CASTRO, 2006), cujo gel formado apresenta diversas propriedades (LELOUP et al., 1990), conforme a fonte botânica.

2.6.3 Retrogradação

A retrogradação do amido é definida por Atwell et al. (1988), quando as moléculas de amido gelatinizado começa a reassociar em estrutura ordenada, na qual em condições favoráveis gera uma estrutura cristalina, onde as cadeias de amilose e amilopectina participam de maneira diferente.

O material amorfo obtido após a gelatinização e esfriamento do amido, não está em estado de equilíbrio, mas que através do armazenamento da amostra, ocorre um processo de reassociação e recristalização das cadeias de polissacarídeo, processo denominado de retrogradação, o qual foi descoberto por Boussingault em 1852 (CASTRO, 2006).

A retrogradação refere-se às mudanças que ocorrem nos géis ou pastas de amido e em alimentos que contém amido, durante o armazenamento. A retrogradação do amido é de grande interesse devido às mudanças de textura, por exemplo, dos alimentos que apresentam amido (CASTRO, 2006). A retrogradação do amido é um fenômeno dependente de temperatura e tempo, os quais provocam uma cristalização parcial dos componentes de amido (CASTRO, 2006).

Os alimentos que são termicamente processados tem um período variável de armazenamento, podendo ocorrer mudanças adicionais. Uma estrutura parcialmente cristalina é formada quando a pasta de amido gelatinizado se esfria lentamente, na qual se manifesta por formação de precipitados ou géis afetando a aceitabilidade, textura e digestibilidade dos alimentos que contém amido (BAKER e RAYAS-DUARTE, 1998). Conforme a relação molar e arranjo de amilose e amilopectina, a velocidade e o grau de retrogradação apresenta-se comportamentos característicos. Além disso, a fonte botânica, concentração de água e amido, agitação, temperatura, regime de cozimento e esfriamento, pH e da presença de solutos como lipídeos, sais e açúcares também influenciam na retrogradação (JACOBSON e BeMILLER, 1998). Há várias técnicas para estudar e até monitorar a retrogradação, porém apresentam diferentes níveis de avaliação, cujo as informações variam em escala (nanoestrutura, microestrutura e macroestrutura) e natureza da variável obtida (entalpia de transição ou mobilidade de próton) (CASTRO, 2006).

2.6.4 Propriedades funcionais dos amidos

2.6.4.1 Propriedades de pasta

O amido é largamente usado pela indústria nacional e internacional de alimentos como melhorador das propriedades funcionais em sistemas alimentícios. Relações entre as características estruturais de amidos e suas propriedades térmicas e de pasta tem recebido muita atenção.

Grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando aquecidos, ocorre um inchamento irreversível dos grânulos, produzindo uma pasta viscosa (WHISTLER; BeMILLER, 1997). Este fenômeno é conhecido como gelatinização do amido, e depende de vários fatores como a fonte do amido, concentração deste e temperatura durante o aquecimento (MORIKAWA; NISHINARI, 2000). A gelatinização ocorre acima de uma determinada temperatura, com grânulos maiores gelificando primeiro e os menores em seguida. Portanto, quando há início do inchamento dos grânulos, começa o aumento da viscosidade e detecção da primeira resistência sob agitação constante (CAMPANHA, 2010). A temperatura inicial de gelatinização depende do método de medida e da proporção de amido e água, tipo de grânulo e heterogeneidade dentro do grânulo. As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos como viscoamilógrafo Brabender e mais recentemente, o Analisador de Viscosidade Rápida (RVA) (THOMAS; ATWELL, 1999) (Figura 5).

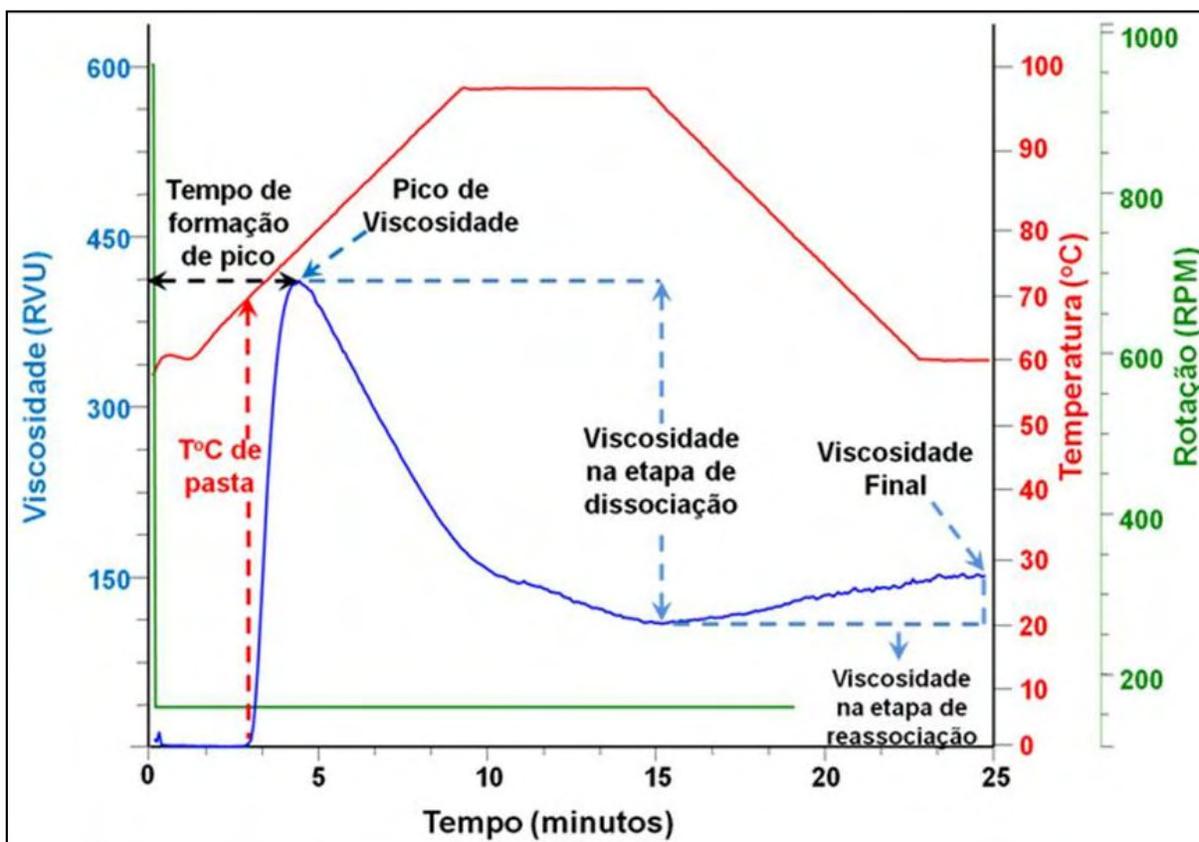


Figura 5. Perfil viscoamilográfico ilustrativo do amido de mandioca-salsa através do RVA.

Quando suspensões aquosas de amido são submetidas ao RVA, há um aumento da viscosidade na fase inicial de aquecimento, período em que os grânulos também iniciam o poder de inchamento e moléculas de amilose são lixiviadas desses amidos (FERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2011). Um pico de viscosidade é obtido durante o empastamento, quando existe a maioria dos grânulos totalmente inchados, grânulos intactos e o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento (WHISTLER; BeMILLER, 1997). Durante a fase de temperatura constante (95°C) os grânulos começam a se quebrar e a solubilização dos polímeros continua (Figura 6).

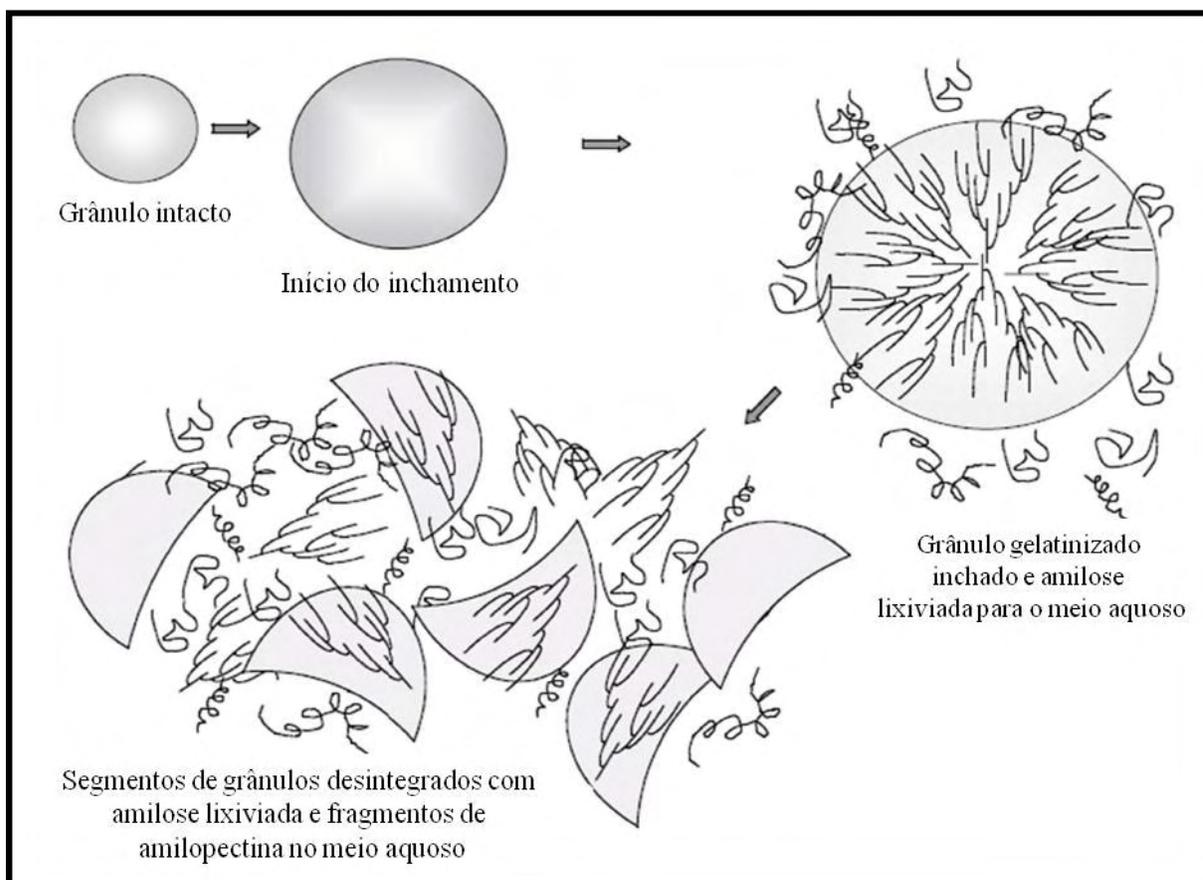


Figura 6. Diagrama idealizado de inchamento e da gelatinização dos grânulos de amido em presença de água (TESTER et al., 2004).

Neste ponto ocorre uma quebra na viscosidade seguida de diminuição. Durante a fase de resfriamento, polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar e um outro aumento na viscosidade é registrado. Este segundo aumento da viscosidade é conhecido como tendência a retrogradação ou *set-back*.

Geralmente, para aqueles amidos que são facilmente gelatinizados, quanto maior o teor de amilose, maior o *set-back*. Dependendo do tipo de amido, seja da fonte botânica, amido natural ou modificado, do pH da suspensão aquosa e da programação de aquecimento, vários perfis de gelatinização e empastamento podem ser gerados (WHISTLER; BeMILLER, 1997).

Medidas numa curva típica de RVA incluem pico de viscosidade, tempo para atingir o pico de viscosidade, quebra de viscosidade e viscosidade final (WHISTLER; BeMILLER, 1997).

O perfil de viscosidade é extremamente útil na determinação do comportamento do amido sob várias condições e para comparar diferenças relativas entre amidos. Um dos mais importantes aspectos dos perfis de viscosidade é a medida dos efeitos de reagentes ou processos que modificam os amidos sobre as suas propriedades de pasta. De acordo com Tester e Morrison (1990 apud JANE et al., 1999), as propriedades de pasta de amidos são afetadas pelo teor de amilose e de lipídeos e pela distribuição dos comprimentos de cadeias ramificadas da amilopectina.

A amilopectina contribui para o inchamento do grânulo de amido e empastamento, enquanto que a amilose e lipídeos o inibem. Assim, os comprimentos de cadeias da amilopectina e peso molecular da amilose produzem efeitos sinérgicos na viscosidade de pasta de amidos. Em amidos cerosos, contendo principalmente amilopectinas, o inchamento do grânulo não é restringido ao complexo amilose-lipídeo (JANE; CHEN, 1992).

Amidos com elevados teores de amilose, lipídios e fosfolipídios, como pode ser encontrado para os amidos de milho, arroz, trigo, etc, apresentam elevadas temperaturas de pasta, baixo pico de viscosidade, maior resistência ao cisalhamento e alta tendência a retrogradação podendo ser atribuído ao complexo amilose-lipídeo (FRANCO et al., 2002b). Este efeito é também observado em amidos de trigo e cevada devido a ambos conterem altas concentrações de fosfolipídeos (JANE et al., 1999).

Comparado com amido de cereal normal, os amidos de raízes e tubérculos apresentam baixas temperaturas de pasta, baixa resistência ao atrito mecânico, e baixa tendência a retrogradação. Segundo Lim et al. (1994) essas propriedades foram atribuídas à ausência de lipídeos e fosfolipídeos nesses amidos.

Estudos realizados por Franco et al. (2002b) com amidos de trigo de diversas linhagens, contendo amilopectinas com maiores proporções de cadeias ramificadas longas, apresentaram maior pico de viscosidade, menor temperatura de pasta e grande resistência ao cisalhamento quando comparados aos amidos com menores proporções destas cadeias.

Entre os amidos de tubérculos, o de batata apresenta um alto pico de viscosidade (702 RVU) como resultado da grande quantidade de grupos monoesterfosfato (0,089%, base seca) e de longas cadeias ramificadas (JANE et al., 1999).

Estudos realizados por Hoover (2001) mostraram que amidos de *Dioscorea*, por exemplo, exibem uma alta temperatura de pasta (95°C) e estabilidade térmica em relação a outros amidos, como batata-doce (66-68°C), mandioca (60-70°C), taro (70-75°C) e araruta (72-75°C). Isto pode ser atribuído à presença de fortes forças de ligação no interior do grânulo que resistem à quebra durante o período de cozimento. Com exceção do amido de inhame, todos esses amidos exibem um alto pico de viscosidade. A alta força do gel do amido de inhame é desejável em muitas aplicações na indústria alimentícia.

O amido de mandioca, estudado por Rickard; Asaoka e Blanshard (1991) mostrou alto grau de inchamento, resultando em alto pico de viscosidade seguido de rápida quebra no gel. Durante o período de resfriamento, sua consistência aumenta muito pouco, indicando baixo potencial para formação do gel. A tendência a retrogradação do amido de mandioca pode ser determinada pela afinidade dos grupos hidroxilas de uma molécula para outra ocorrendo principalmente entre as moléculas de amilose, e que sua baixa tendência a retrogradação pode ser devido ao peso molecular da fração de amilose.

O amido da mandioquinha-salsa apresenta baixa temperatura de gelatinização e alta viscosidade de pico, observados em perfil viscoamilográfico. Também possui baixa tendência à retrogradação e sinerese, o que confere grande digestibilidade (PERONI, 2003).

2.6.4.2 Propriedades Térmicas

As propriedades térmicas de amidos podem ajudar a determinar sua funcionalidade específica e, portanto, sua utilidade na indústria de alimentos (KRIEGER et al., 1997).

Stevens e Elton (1971 apud YU; CHRISTIE, 2001), foram os primeiros a apresentarem as aplicações do DSC para medidas de temperaturas de gelatinização e retrogradação do amido. O termo gelatinização é muito usado para descrever o evento molecular associado ao aquecimento do amido em excesso de água, causando um inchamento irreversível, no qual envolve a dissolução de duplas hélices. O amido é convertido de uma

forma semicristalina para uma amorfa. Cada amido tem suas temperaturas características de gelatinização, T_o , T_p e T_f (temperaturas inicial, de pico e final, respectivamente) e sua entalpia de gelatinização (ΔH) obtidas do DSC (TESTER, 1997). Depois de atingida a temperatura final (T_f), as duplas hélices da amilopectina é dissociada, embora a expansão da estrutura granular possa ser conservada até que temperaturas mais altas e cisalhamentos sejam aplicados. Acima de 95°C um gel amorfo é formado. O intervalo de temperatura T_f-T_o representa o período de gelatinização (BLENNOW et al., 2000).

A cristalinidade do amido pode ser estimada pela entalpia (ΔH), energia necessária para fundir os segmentos de duplas hélices. As temperaturas de gelatinização (inicial e de pico) podem ser usadas como medida da estabilidade ou perfeição das regiões cristalinas, e a largura do pico endotérmico como estimativa da heterogeneidade da estrutura cristalina (BLENNOW et al., 2000).

O estudo do comportamento térmico de amidos, incluindo temperaturas de gelatinização, retrogradação, temperatura de transição vítrea e cristalização foram, nos últimos vinte anos muitos estudos utilizando-se o Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC) (YU; CHRISTIE, 2001), sendo amplamente utilizado para os referidos estudos atualmente (CASTRO, 2006). A calorimetria diferencial de varredura é uma técnica termoanalítica, amplamente utilizada para estudos de gelatinização e retrogradação, sendo empregada para monitorar os campos em função da temperatura por meio da detecção de campos de calor associados ao processo (CASTRO, 2006), o qual mede a quebra de ligações (principalmente ligações de hidrogênio que estabilizam as duplas hélices) dentro dos grânulos de amido quando eles são aquecidos em água e quantifica a temperatura e energia envolvida (entalpia) na transição de um grânulo semi-cristalino para um gel amorfo. Esta técnica pode também ser empregada para medir maiores transições de temperaturas em amidos quando complexos amilose-lipídeo se dissociam (TESTER, 1997). Contudo, os resultados reportados não são muito reprodutíveis e causam controvérsias devido à complexidade do comportamento térmico dos amidos e condições de medidas diferentes.

O comportamento térmico de amidos é muito mais complexo do que a termoplasticidade convencional causada pelas mudanças físico-químicas que ocorrem durante o aquecimento de amidos ou produtos amiláceos que envolvem gelatinização, fusão, transição

vítrea, cristalização, mudanças da estrutura cristalina, expansão do volume, degradação molecular e movimentação da água. Todos esses comportamentos térmicos dependem do teor de umidade e da quantidade de água contida no amido durante o aquecimento (YU; CHRISTIE, 2001).

As propriedades de gelatinização e inchamento são controladas em parte pela estrutura da amilopectina. Como as regiões cristalinas do grânulo de amido são geralmente compostas de amilopectina e não de amilose, amidos com alto teor de amilose apresentam baixas temperaturas de gelatinização (inicial e de pico) e entalpia (NODA et al., 1998). Por outro lado, a maior proporção de cadeias longas na amilopectina contribui para aumentar a temperatura de gelatinização, devido a essas cadeias formarem duplas hélices longas resultando em regiões cristalinas mais longas, e assim mais energia térmica necessária para romper a barreira cinética, para que ocorra completa dissociação (FRANCO et al., 2002b). Já os grupos monoésterfosfato na amilopectina diminuem as temperaturas de gelatinização (McPHERSON; JANE, 1999).

Defloor; Dehing e Delcour (1998) investigaram os efeitos que as estações do ano causam no cultivo e crescimento do amido de mandioca em suas propriedades de gelatinização. Eles concluíram dos resultados obtidos do DSC, que fatores genéticos e condições ambientais afetam as temperaturas de gelatinização e entalpia. Eles observaram também, que para amostras de farinhas de raspa de mandioca obtidas de colheitas provenientes de estações secas, houve o aparecimento de picos múltiplos nas temperaturas de gelatinização, fenômeno conhecido quando amidos apresentam baixos teores de umidade.

Donovan (1979) observou três endotermas durante a gelatinização a baixas concentrações de água. Duas dessas endotermas mostraram estar diretamente relacionadas à ruptura das regiões cristalinas do amido, enquanto a terceira ocorreu devido à fusão de complexos amilose-lipídio. Foi sugerido ainda que picos múltiplos ocorrem em sistemas com baixa quantidade de água, onde uma porção de cristais funde a temperaturas mais baixas absorvendo mais água, ao passo que a temperatura de fusão de cristais não fundidos ocorre em valores mais altos à medida que a quantidade de água diminui.

De acordo com Sriroth et al. (1999), a fusão dos grânulos de amido de raízes e cereais é governada pela velocidade com que a água penetra nos mesmos. O evento é

composto de dois estágios, envolvendo a plasticização da amilose amorfa, seguido de hidratação e fusão das regiões cristalinas. Em excesso de água, uma rápida plasticização pode ocorrer e as duas endotermas fundem-se em uma. Para Cottrell et al. (1995), as endotermas simples, que são exibidas quando a água está presente em excesso, ocorrem devido a hidratação, seguida pelo inchamento e movimento da água entre regiões amorfas. Como as regiões cristalinas estão intimamente ligadas às regiões amorfas, o inchamento e movimento destas últimas, provocam um esforço nas regiões cristalinas, das quais cadeias moleculares são arrancadas fundindo a menores temperaturas do que teriam se fossem isoladas de regiões amorfas. O inchamento das regiões amorfas e fusão das regiões cristalinas ocorrem de forma sincronizada e aparecem como uma endoterma simples.

O comportamento de amidos gelatinizados quando armazenados e resfriados, geralmente expresso como retrogradação, é de grande interesse para cientistas e tecnólogos na área de alimentos, pois afeta profundamente a qualidade, aceitabilidade e meia-vida de muitos alimentos baseados em amido (KARIM; NORZIAH; SEOW, 2000).

A retrogradação é o processo pelo qual o amido retorna ao seu estado mais ordenado, após a gelatinização (KLUCINEC; THOMPSON, 1999).

Durante a retrogradação as moléculas de amilose formam associações de duplas hélices de 40 a 70 unidades de glicose, sendo que a amilopectina forma duplas hélices menores, devido às restrições impostas pela estrutura ramificada das moléculas e o comprimento das ramificações. Essa reassociação ocorre de forma molecular e estrutural mais fraca que a encontrada na molécula nativa. Portanto, menos energia é requerida para fundir os cristais reestruturados (SASAKI; YASUI; MATSUKI, 2000).

A distribuição de cadeias de amilopectina afeta a taxa de retrogradação. Sasaki e Matsuki (1998) relataram que uma menor taxa de retrogradação em amilopectinas de cereais foi devida ao seu menor comprimento médio de cadeias quando comparado a amilopectinas de batata e ervilha. Embora amilopectinas possam retrogradar, moléculas lineares têm maior tendência a se reassociarem e formar ligações de hidrogênio que as moléculas grandes da amilopectina (THOMAS; ATWELL, 1999).

Uma maior quantidade de amilose tem sido tradicionalmente associada à maior tendência a retrogradação em amido, porém, amilopectina e materiais intermediários

também desempenham papel importante na retrogradação durante o armazenamento sob refrigeração (YAMIN et al., 1999).

Na retrogradação do amido, o valor da entalpia fornece uma medida quantitativa da transformação de energia que ocorre durante a fusão e recristalização da amilopectina, resultando em uma medida precisa da temperatura de transição (T_o , T_p e T_f).

Segundo Klucinec e Thompson (1999), amidos com alto teor de amilose foram aquecidos de 120 a 140°C e quando estes amidos gelatinizados foram reaquecidos, as endotermas acima de 120°C resultantes foram atribuídas à amilose, sugerindo que esta molécula pode se reassociar de modo independente de moléculas ramificadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Planejamento experimental

O experimento constituiu-se de duas etapas, sendo a primeira para avaliação do desempenho agrônômico e produção de raízes e a segunda para avaliação físico-química das raízes, extração e caracterização da fécula.

3.1.1 Primeira etapa

A primeira etapa do experimento foi conduzida na Fazenda Experimental São Manuel/UNESP, localizada no município de São Manuel-SP.

As coordenadas geográficas da fazenda são de 22^o46'35"S e 48^o34'44"W, em relação a Greenwich, com altitude de 750 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, ou seja, temperado quente e úmido, com temperatura média do mês mais quente acima de 22°C. As médias anuais do município são de 1433 mm de

precipitação, 71% de umidade relativa do ar e 23°C de temperatura (CUNHA; MARTINS, 2009). O solo onde foi conduzido o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa (ESPINDOLA et al., 1974).

3.1.1.1 Implantação da área experimental

No preparo da área de plantio (Figura 7) foi realizada a amostragem de solo e a adubação realizada conforme a análise de solo (Tabela 1), cujo os valores foram ajustados para o adubo formulado 04-14-08, sendo a adubação de cobertura aplicada com sulfato de amônia em 30, 60 e 90 dias após o transplantio, seguindo as recomendações do Boletim 100.

Tabela 1. Resultado da Análise Química do Solo, 2009.

pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P_{resina} mg dm ⁻³	H+Al -----mmolc dm ⁻³ -----	K	Ca	Mg	CTC	V%
5,7	18	52	21	2,4	25	10	59	64
Micronutrientes								
Boro	Cobre	Ferro -----mg dm ⁻³ -----			Manganês	Zinco		
0,29	1,4	46			12,0	6,6		

Fonte: Departamento de Recursos Naturais/Ciência do solo/Laboratório de Fertilidade do Solo/UNESP-FCA Campus de Botucatu-SP.

As mudas foram selecionadas de plantas sadias, higienizadas por cinco minutos com água sanitária diluída em água na proporção de 1:10 e posteriormente secas à sombra. No dia seguinte foram cortadas em formato bisel simples, pré-enraizadas em bandejas e posteriormente transplantadas, empregando o espaçamento de 0,40 m entre plantas e 0,80 m entre linhas, com duas fileiras de 10 plantas perfazendo um total de 20 plantas na parcela, sendo 8 plantas úteis. Na primeira etapa foi conduzido um ensaio no delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos e três repetições.

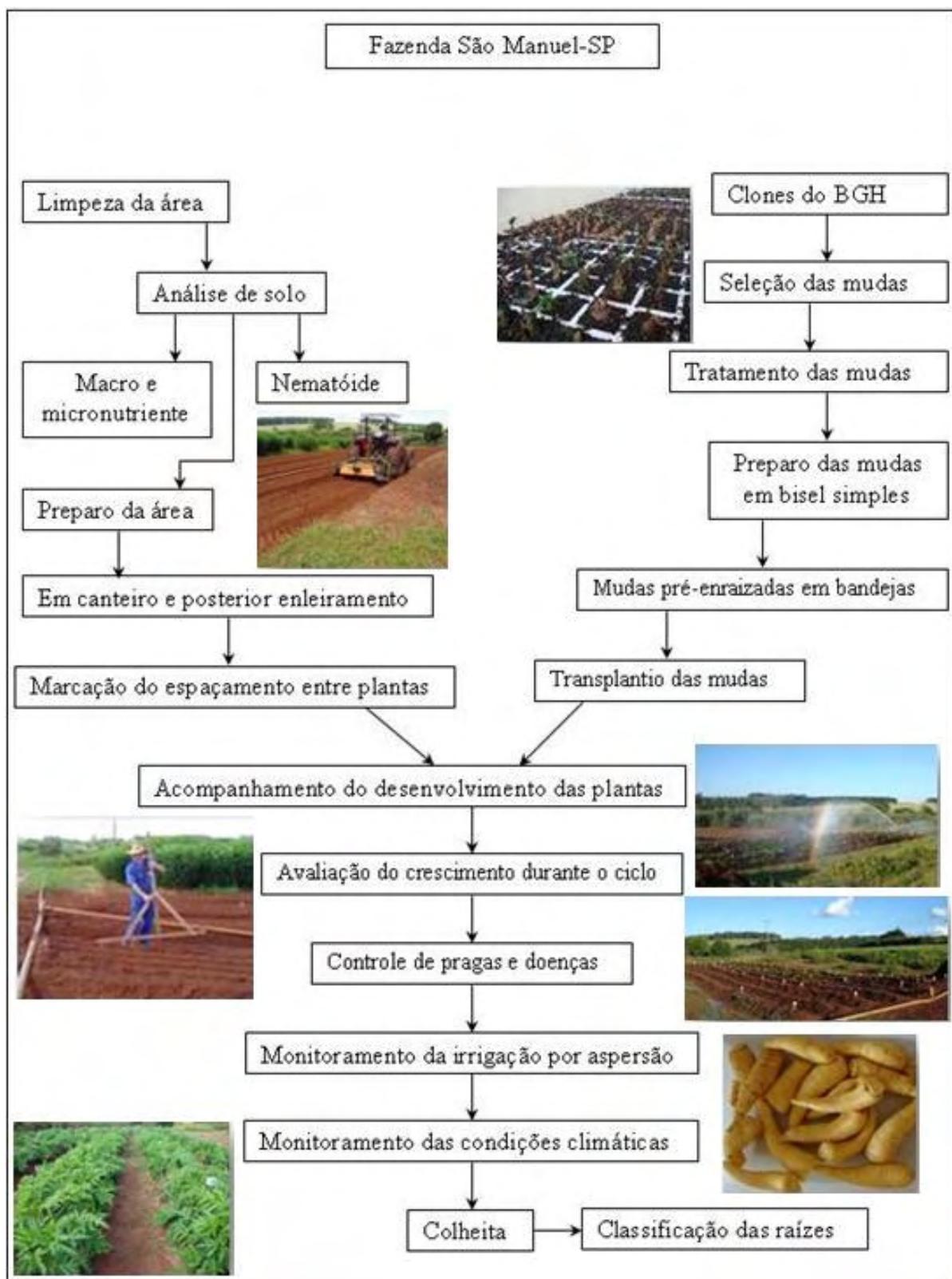


Figura 7. Fluxograma das etapas de trabalho até a classificação das raízes.

Os tratamentos constaram de nove clones oriundos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa - BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 e 7609) e uma cultivar (Amarela de Senador Amaral) utilizada como testemunha, oriunda do município de Caldas-MG. Após uma semana de instalação do experimento, foi realizado o controle de formiga com Sulfluramida (0,3%). Foram aplicados Imidacloprido e Tiofanato metílico assim que apareceram os primeiros sintomas de pragas e doenças, de acordo com a Instrução Normativa de Agrotóxicos. A capina foi realizada manualmente e com auxílio de enxada.

3.1.1.2 Dados meteorológicos durante o cultivo

Os dados de precipitação pluviométrica e temperaturas médias, máximas e mínimas mensais foram fornecidos pelo Posto Meteorológico do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Botucatu-SP (Figura 8).

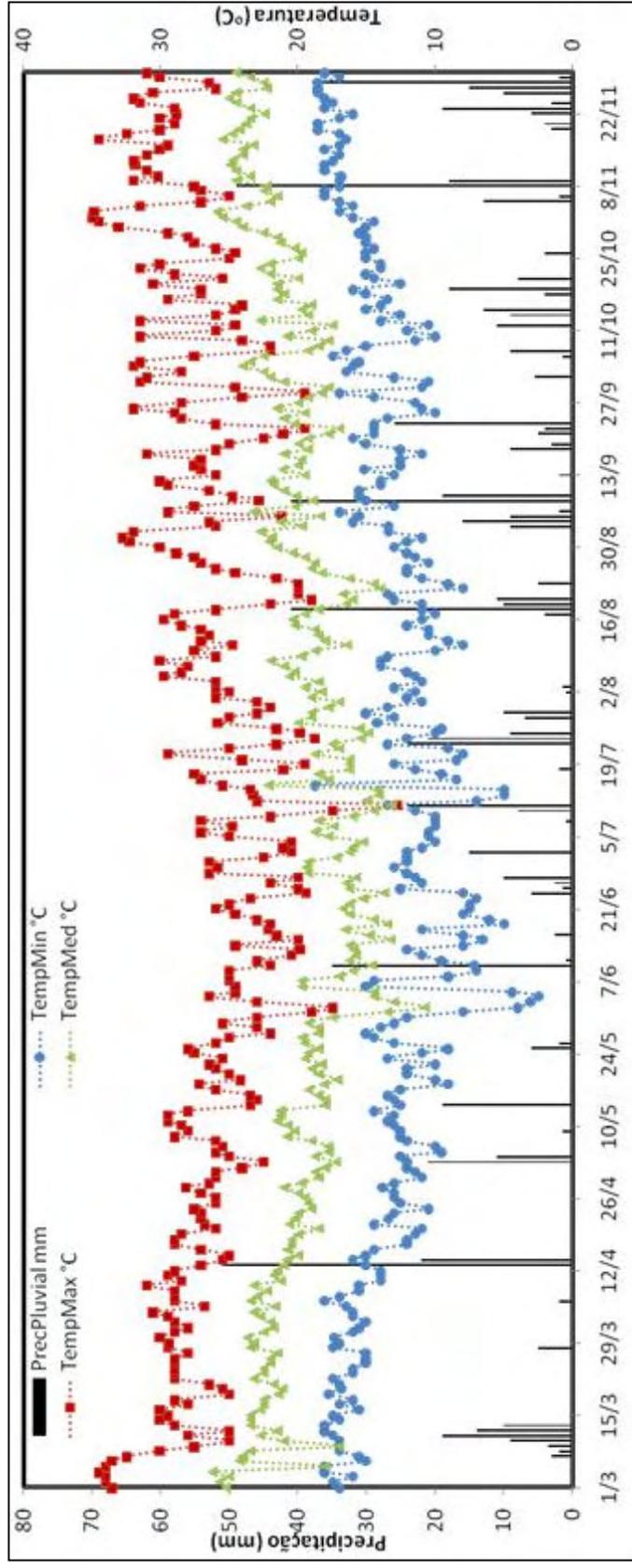


Figura 8. Temperaturas máximas, mínimas e médias e precipitação pluviométrica durante o período de cultivo. Dados fornecidos pelo Departamento de Ciências Ambientais/FCA/UNESP/Botucatu, 2009

3.1.1.3 Avaliação do crescimento vegetativo

Para avaliar o crescimento durante o ciclo de oito meses de cultivo foi utilizado uma régua, medindo do colo da planta até a folha mais alta. Os resultados foram coletados quinzenalmente e as médias agrupadas mensalmente e expressas em cm.

3.1.1.4 Avaliação da produção de raízes por classes e calibres

Com o objetivo de aderir ao “Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros”, implementado pelo Centro de qualidade em Horticultura (CEAGESP), os padrões de classes e calibres, foram seguidos da seguinte forma:

Tabela 2. Classes de comprimentos da mandioquinha-salsa

Classe	Comprimento (mm)
6	maior e/ou igual a 60 e menor que 90
9	maior e/ou igual a 90 e menor que 120
12	maior e/ou igual a 120 e menor que 180
18	maior e/ou igual a 180

Tabela 3. Subclasses de diâmetros da mandioquinha-salsa

Calibre	Diâmetro (mm)
2	maior e/ou igual a 20 e menor que 30
3	maior e/ou igual a 30 e menor que 40
4	maior e/ou igual a 40 e menor que 50
5	maior e/ou igual a 50

Após a medição, as raízes foram pesadas de acordo com as classes, e calibres. Através da soma das combinações de classes e calibres foi considerada a produção comercial, cujo os resultados foram expressos em $t\ ha^{-1}$. As raízes que estavam fora do padrão comercial foram somadas às raízes de produção comercial e finalmente estimada a produção total em $t\ ha^{-1}$.

3.1.2 Segunda etapa

As raízes comerciais obtidas por parcela foram conduzidas ao laboratório do CERAT/UNESP, Campus de Botucatu, para início da segunda etapa do projeto (Figura 9), onde as raízes foram caracterizadas quanto à cor e composição centesimal.

Parte das raízes colhidas foi processada para a extração da fécula e esta foi caracterizada quanto ao teor de umidade, amilose e amilopectina e propriedades viscoamilográficas e térmicas.

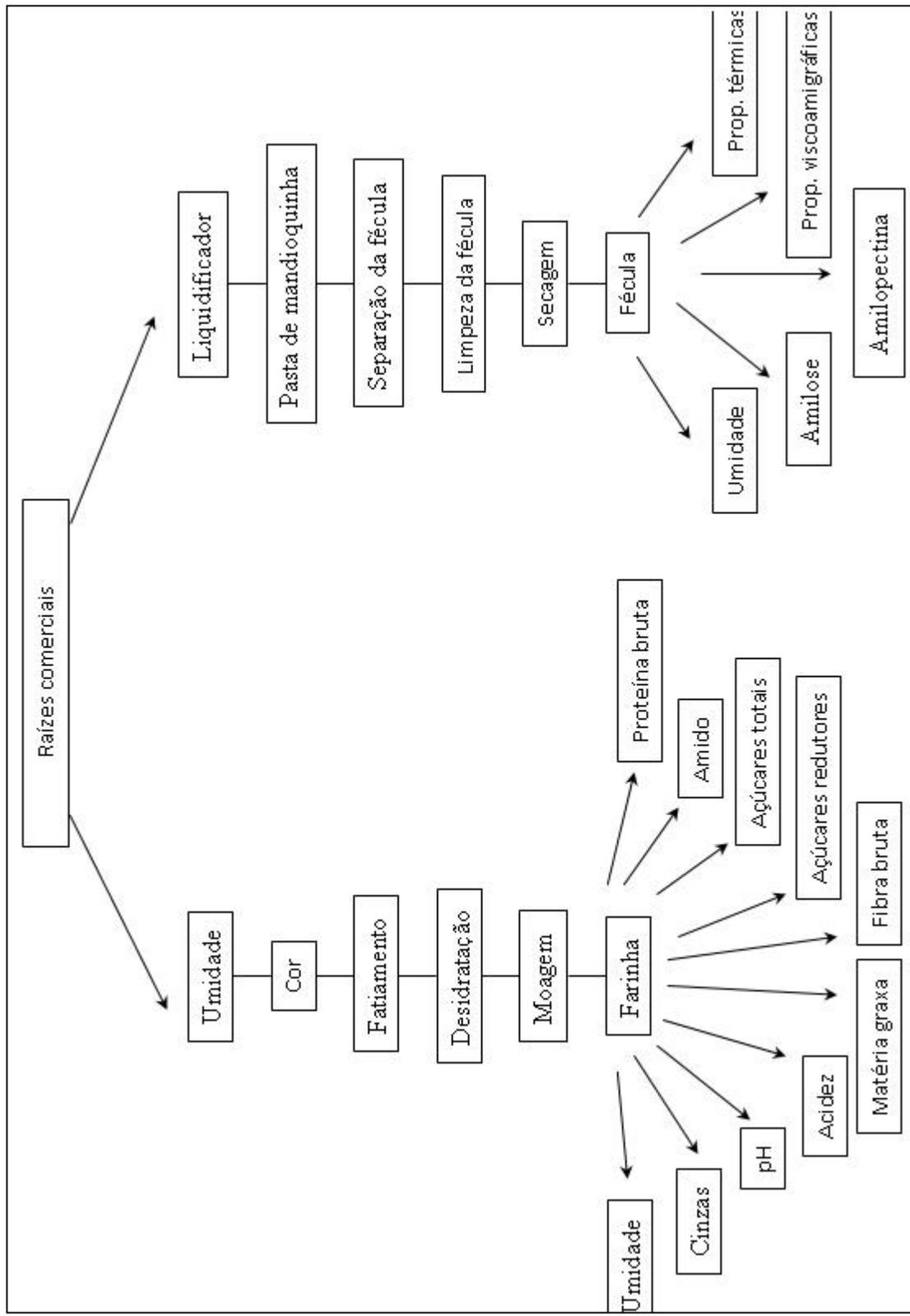


Figura 9. Fluxograma das etapas de caracterização das raízes e de amidos.

3.1.2.1 Caracterização das raízes de mandioquinha-salsa

3.1.2.1.1 Determinação de cor

Para determinação da cor das raízes frescas foi utilizado o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing). As coordenadas utilizadas foram “L” [indicando a luminosidade (valor zero para cor preta e 100 para cor branca)], “a” [indicando a faixa que é de verde (-60) até vermelho (+60)] e “b” [indicando a faixa que é de azul (-60) até amarelo (+60)]. Após a calibração do equipamento, procedeu a leitura da cor da polpa das raízes e os resultados foram expressos como média de 3 leituras.

3.1.2.1.2 Determinação do teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade, que representa o conteúdo total de água na amostra, foram utilizadas três repetições de aproximadamente 3 g de amostra de cada material e secas em estufa a 105°C até a obtenção de peso constante. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e novamente pesadas, obedecendo o método da AOAC (1983). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.1.2.1.3 Determinação do teor de cinzas

Para a determinação do teor de cinzas, conteúdo que representa o total de sais minerais na amostra (substâncias não voláteis a 550°C), foram utilizadas três repetições de aproximadamente 3g de amostra submetida em mufla a 550°C por 2 horas até a calcinação completa. Após esse período as amostras foram colocadas em dessecador e pesadas, obedecendo metodologia da AOAC (1975). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.1.2.1.4 Determinação do teor de proteínas

Para o teor de proteína bruta, que representa o conteúdo total de protídeos na amostra, foram utilizadas três repetições de aproximadamente 200 mg de amostra, as quais foram submetidas em bloco digestor de proteína (Micro-Kjeldahl), obedecendo a metodologia da AOAC (1975) e o fator utilizado para conversão do teor de nitrogênio em proteína bruta foi de 6,25. Os resultados foram expressos na base úmida em $g\ 100g^{-1}$.

3.1.2.1.5 Determinação do teor de matéria graxa

Para o teor de matéria graxa, que representa o conteúdo total de lipídeos na amostra, foram utilizadas três repetições de aproximadamente 3g de cada amostra e realizadas em extrator Soxhlet, utilizando éter de petróleo para a extração, obedecendo a metodologia da AOAC (1975). Os resultados foram expressos na base úmida em $g\ 100g^{-1}$.

3.1.2.1.6 Determinação do teor de açúcares solúveis

Para determinar o teor de açúcares solúveis, que representa o conteúdo total de açúcares redutores, mais a sacarose e outros possíveis açúcares solúveis presentes na amostra, foram utilizadas três repetições de aproximadamente 500 mg de cada amostra. Foram colocadas em um erlenmeyer de 250 mL onde foi acrescentado 30 mL de etanol absoluto P.A. e 30 ml de água destilada, levando ao banho-maria com temperatura entre 60-65°C por 1 hora. Em seguida, acrescentou-se 1mL de HCl P.A. concentrado e posteriormente agitados, retornando ao banho-maria por mais uma hora na mesma faixa de temperatura, obedecendo o método proposto por Somgy e Nelson (1944). Os resultados foram expressos na base úmida em $g\ 100g^{-1}$.

3.1.2.1.7 Determinação do teor de açúcares redutores

Para determinar o teor de açúcares redutores, que representa o conteúdo total de açúcares livres da amostra, exceto a sacarose, foi utilizada triplicata de aproximadamente 1g de cada amostra em erlenmeyer de 125 mL. Em seguida foi acrescentado 50 mL de água destilada e aquecidos em banho-maria à temperatura de 65°C durante 30 minutos, com agitação periódica. Após esse procedimento, foi esfriado até a obtenção da temperatura ambiente e transferida para um balão volumétrico de 100 mL, no qual foi completado seu volume com água destilada. Após a homogeneização, foi filtrado em filtro de papel e determinado os açúcares redutores seguindo o método de Somogy (1945) e Nelson (1944). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.1.2.1.8 Determinação do teor de fibras

Para determinar o teor de fibra bruta dos alimentos, que representa o conteúdo total de fibras, foram utilizadas três repetições de aproximadamente 3g de cada amostra e processadas em bloco digestor completo (com tubos e condensador). Foram acrescentados no tubo de digestão, 200 mL de solução de H_2SO_4 a 1,25% e submetido à ebulição branda durante 30 minutos. O material foi filtrado em filtro de papel e lavado com auxílio de água destilada quente. O material retido no filtro foi transferido para o tubo digestor com auxílio de 200 mL de NaOH a 1,25% e submetido novamente ao processo de digestão. Após a segunda filtração em filtro identificado, o filtro juntamente com a amostra foram submetidos ao processo de secagem completa em estufa com temperatura de 105°C, com circulação de ar forçado. Em seguida, foi esfriado à temperatura ambiente por 2 horas em dessecador e sequencialmente pesados, obedecendo a metodologia da AOAC (1975). Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.1.2.1.9 Determinação do teor de amido

Para determinar o teor de amido, que representa o conteúdo total do polissacarídeo presente na amostra, foi utilizado aproximadamente 200 mg da amostra, aplicando o método enzimático. A amostra foi peneirada, colocada em erlenmeyers e em seguida acrescentou-se 42 mL de água destilada e 1 mL de solução de alfa-amilase (Termamyl 120L) a 50% (v/v). Logo, foi agitada suavemente em banho-maria à temperatura de 90°C, durante 20 minutos, acompanhada de uma prova em branco. Após as etapas intermediárias, a solução foi filtrada em papel simples e no material filtrado foi dosado o teor de açúcares redutores, obedecendo a metodologia proposta por Somogy (1945) e Nelson (1944) e AOAC (1975), utilizado fator de conversão de 0,9 e os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.1.2.1.10 Determinação do pH

Para determinar o pH, que representa o logaritmo negativo da concentração hidrogeniônica da amostra, foram utilizadas três repetições de 5g de cada amostra em becker de 100 mL, no qual foram adicionados 50 mL de água destilada e agitado por 30 minutos. Após o repouso de 10 minutos, na porção sobrenadante foi determinado o pH, seguindo a metodologia da AOAC (1975).

3.1.2.1.11 Determinação do teor de acidez titulável

Para determinar o teor de acidez titulável, que representa o conteúdo total de íons hidrogênio neutralizáveis na amostra, seguiu-se na mesma amostra após a determinação do pH, obedecendo a metodologia da AOAC (1975) e os resultados expressos na base úmida em mL de ácido málico 100g^{-1} .

3.1.2.1.12 Extração da fécula

As raízes de mandioquinha-salsa foram lavadas para retirada das impurezas e em seguida cortadas em pedaços menores. Logo, foram batidas com água em liquidificador industrial, cujo tempo de moagem foi de 3 minutos para todos os materiais. A suspensão obtida após a moagem foi passada por peneiras de abertura de 0,075 e 0,045 mm, respectivamente. Após a decantação da fécula, esta foi recuperada do fundo do recipiente. Para retirar maior quantidade de impurezas, a fécula foi lavada com água até que o sobrenadante estivesse limpo. Em seguida, passou pelo processo de secagem em estufa de circulação de ar na temperatura de 45°C para que o processo de secagem não interferisse nas características das féculas, seguindo a metodologia descrita por Guerreiro (2002).

3.1.2.1.13 Caracterização da fécula

3.1.2.1.13.1 Teor de amilose e amilopectina aparentes

Para a determinação do teor de amilose aparente, foi pesado aproximadamente 150 mg de amostra, adicionado 1 mL de etanol a 95% e 9 mL de NaOH 1M, obedecendo a metodologia da ISO (1987) e a amilopectina calculada por diferença. O teor de amilose foi calculado a partir de curvas padrão de amilose e amilopectina. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.1.2.1.13.2 Propriedade de pasta

As propriedades de pasta foram analisadas através do Rapid Visco Analyser (RVA). As amostras foram pesadas de acordo com as respectivas umidades e acrescentado aproximadamente 25 ml de água e avaliadas pelo programa de tempo e temperatura *2Std2* do software *Thermocline for Windows*, versão 2.2. Foi avaliada a

temperatura de pasta, viscosidade máxima (pico), queda de viscosidade ou “breakdown” (diferença entre a viscosidade máxima e a viscosidade da pasta mantida a 95°C por 5 minutos), viscosidade final e tendência a retrogradação (diferença entre a viscosidade final e a viscosidade da pasta a 50°C por 5 minutos), cujo os resultados foram expressos em RVU (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998).

3.1.2.1.13.3 Propriedades térmicas do amido

As propriedades térmicas de gelatinização e retrogradação foram analisadas através do Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC) Pyris 1 - (*Perkin Elmer*, USA). Foram pesadas 2 mg em dos respectivos amidos, em recipientes apropriados de alumínio, adicionado 6 µL de água deionizada e posteriormente seladas. As amostras foram mantidas por 2 horas em temperatura ambiente para equilíbrio e em seguida colocadas no calorímetro, aquecidas a 5°C por minuto de 25 a 100°C, além da utilização de um recipiente apropriado de alumínio vazio utilizado como referência. Após a varredura nas amostras, estas foram armazenadas em temperatura de refrigeração por 15 dias. Sequencialmente foram avaliadas as propriedades térmicas dos amidos retrogradados seguindo as mesmas condições de análise para gelatinização. As temperaturas inicial, de pico, final e a variação de entalpia dos amidos foram determinadas através do software Pyris 1 da Perkin Elmer (USA), seguindo a metodologia descrita por Franco et al. (2002).

3.1.3 Análises dos dados

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo realizado a análise de variância pelo teste F seguido da análise de regressão para os dados de crescimento das plantas e o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias (BANZATTO E KRONKA, 1995) de número e produção de raízes por planta, produção por classe e calibre, produção total, comercial e refugo, cor das raízes *in natura*, umidade, cinzas, pH, acidez,

açúcares totais, açúcares redutores, fibra bruta, matéria graxa, proteína bruta, amido, rendimento de amido, amilose e amilopectina, propriedades de pasta do amido e propriedades térmicas do amido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis climáticas

4.1.1 Temperaturas

Durante a realização do trabalho, do plantio até a colheita, as temperaturas foram favoráveis para o desenvolvimento das plantas de mandioquinha-salsa, bem como das raízes, não apresentando longos períodos de temperatura abaixo da mínima e acima da máxima para o crescimento e desenvolvimento das plantas e raízes. Entretanto, estas temperaturas foram superiores às daquelas do Peru (25°C) (ROMANI, 1971 apud SILVA e SANTOS, 1998), um dos possíveis locais de origem, comprovando que essa espécie apresenta grande variabilidade de adaptação às diversas temperaturas ambientais.

A temperatura média máxima durante o ciclo vegetativo estudado foi de 26,6°C, variando de 12,8°C à 34,8°C, a temperatura média mínima foi de 13,2°C, variando de 2,5°C à 19°C e a temperatura média durante o ciclo foi de 19,9°C (Figura 8). Câmara e Santos (2002) recomendaram que o cultivo da mandioquinha-salsa deveria ser praticado em locais com temperatura média anual de 17°C. Madeira e Souza (2004) relataram que a

mandioquinha-salsa é tradicionalmente cultivada no Sudeste e Sul do Brasil em localidades com altitude superior a 800 metros e temperatura média anual de 15 a 18°C. Entretanto, há cultivos em áreas mais baixas, como na Zona da Mata mineira, Planalto Central, Distrito Federal, Goiás e faixas litorâneas de Santa Catarina, as quais apresentam temperatura média anual superior à 20°C. Estes fatos estão de acordo com àqueles ressaltados por Câmara e Santos (2002), onde o sucesso na produção também poderiam acontecer em locais cujo a temperatura média estivesse numa faixa de 13 a 23°C, confirmando que as condições de temperatura foram satisfatória para o desenvolvimento da mandioquinha-salsa, cultivada em São Manuel.

4.1.2 Precipitação pluviométrica

A precipitação durante o período de cultivo foi de 1022,5 mm, com média de 3,2 mm diários, não havendo regularidade na distribuição durante os dias de cultivo, além de não ser suficiente para suprir as exigências hídricas da espécie. Portanto, utilizou-se, quando necessário, a complementação da irrigação por aspersão, uma prática usual na Fazenda Experimental.

4.2 Crescimento vegetativo

Foram identificadas diferenças no crescimento para todos os materiais avaliados. Os resultados mostram que houve tendência de máximo crescimento no mês de agosto para os clones BGH 6414 e BGH 5744 com alturas de 59,2 cm e 50 cm, respectivamente (Figura 10). Os clones que apresentaram menores crescimentos através da equação de regressão foram BGH 6513 e BGH 4560 com alturas de 37 cm e 38 cm, respectivamente, em agosto (Figura 10). A tendência de máximo crescimento para a cultivar Amarela de Senador Amaral foi de 46 cm de altura, também no mês de agosto (Figura 10). Os demais clones apresentaram crescimentos intermediários em relação aos crescimentos máximos e mínimos, citados anteriormente, além de apresentá-los após o mês de agosto.

Através desta informação, pode-se inferir que estes clones estão ligados às plantas com ciclo mais tardio, bem como à interferência nas produções de raízes.

Os clones com apresentaram números crescentes na altura das plantas no mês de setembro foram '5741' e '6525' com 40,9 cm e 40 cm de altura, respectivamente (Figura 10). Finalmente, os clones BGH 7609 e 5746 (Figura 10) apresentaram máximo crescimento em outubro, com 41 e 40 cm de altura, respectivamente, podendo inferir que estes são clones mais tardios.

No mês de abril, época de transplântio, os clones BGH 5746, BGH 7609, BGH 4560 e BGH 5741 apresentaram médias individuais de 10 cm de altura, seguido por BGH 6513 (10,1 cm de altura), BGH 5747 e Amarela de Senador Amaral (11 cm), BGH 6525 (11,2 cm), BGH 5744 (12 cm) e BGH 6414 (12,6 cm de altura).

Após um mês de avaliação (maio), os clones '4560', '5741', '5744', '5746', '5747', '6414', '6513', '6525', '7609' e a cultivar Amarela de Senador Amaral, apresentaram respectivamente, altura média de 21,5, 21,5, 26,0, 20,8, 23,0, 27,7, 22,0, 22,2, 21,0 e 23,5 cm.

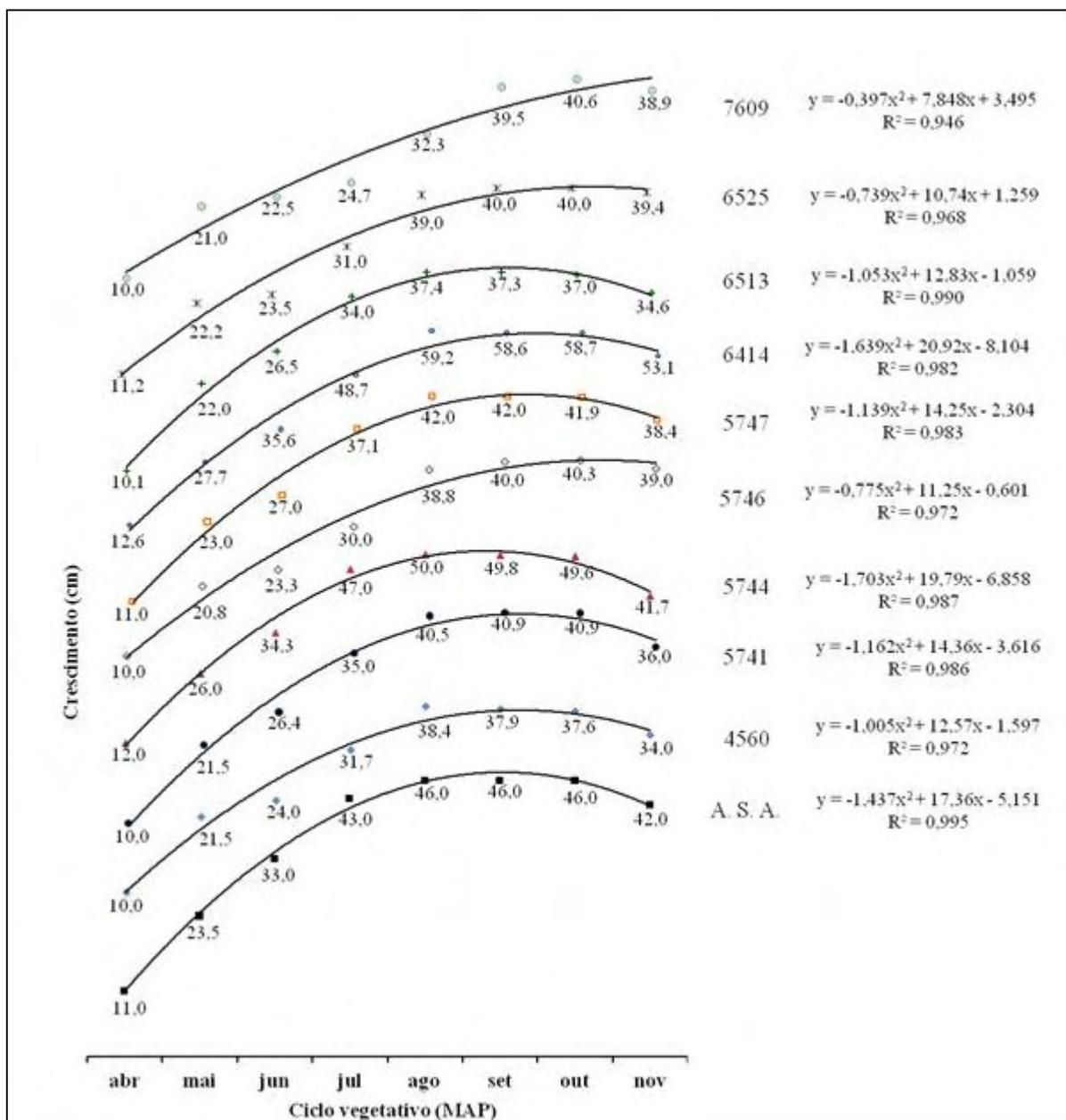


Figura 10. Crescimento de clones de mandioca-salsa: BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 e 7609) e da cultivar Amarela de Senador Amaral (A. S. A.) durante o ciclo vegetativo.

Portanto, durante o primeiro mês de avaliação, comparando com as primeiras alturas das plantas, aquelas que apresentaram maiores crescimento foram dos clones BGH 6414 (15,1 cm), BGH 5744 (14,0 cm) e a ‘Amarela de Senador Amaral’ (12,5 cm). As

plantas que apresentaram menores crescimentos foram dos clones BGH 5746 (10,8 cm) e BGH 6525 e BGH 7609 (11,0 cm).

Os crescimentos das plantas no mês de junho também foram importantes para inferir sobre o comportamento das mesmas. Aquelas que apresentaram média das maiores alturas foram BGH 6414 (35,6 cm), BGH 5744 (34,3 cm) e ‘Amarela de Senador Amaral’ (33,0 cm). No mesmo sentido, aquelas que apresentaram as menores alturas foram BGH 7609 (22,5 cm), BGH 5746 (23,3 cm) e BGH 6525 (23,5 cm). Na comparação com o mês anterior, aquelas que apresentaram maiores crescimentos foram ‘Amarela de Senador Amaral’ (19,7 cm), BGH 5744 (18,3 cm) e BGH 6414 (17,9 cm), ao passo que BGH 6525 e BGH 7609 apresentaram os menores crescimentos médios com 11,3 e 11,5 cm de altura, respectivamente.

No mês de julho, os materiais que apresentaram maiores crescimentos foram BGH 6414 (48,7 cm), BGH 5744 (47,0 cm) e ‘Amarela de Senador Amaral’ (43,0 cm). Aquelas que apresentaram os menores crescimentos foram dos clones BGH 7609 (24,7 cm), BGH 5746 (30,0 cm) (Figura 10) e BGH 6525 (31,0 cm). Na comparação com o mês anterior, os materiais que mais cresceram foram BGH 6414 (13,1 cm), BGH 5744 (12,7 cm) e BGH 5747 (10,1 cm) e os materiais que menos cresceram foram BGH 7609 (2,2 cm), BGH 5746 (6,7 cm) e BGH 6513 e BGH 6525 (7,5 cm).

No mês de agosto, os materiais que apresentaram maiores crescimentos foram BGH 6414 (59,2 cm), BGH 5744 (50,0 cm) e ‘Amarela de Senador Amaral’ (46,0 cm). Aquelas que apresentaram os menores crescimentos foram dos clones 7609 (32,3 cm), BGH 6513 (37,4 cm) e BGH 4560 (38,4 cm). Na comparação com o mês anterior, houve um crescimento menos intenso, sendo os materiais que mais cresceram foram BGH 6414 (10,5 cm), BGH 5746 (8,8 cm) e BGH 6525 (8,0 cm) (Figura 10). Aqueles que menos cresceram foram BGH 5744 e ‘Amarela de Senador Amaral’ (3,0 cm) e BGH 6513 (3,4 cm).

No mês de setembro, alguns materiais já começaram diminuir as alturas, bem como outros materiais continuaram crescendo. Os materiais que continuaram seus crescimentos foram BGH 7609 (39,5 cm), BGH 5746 e BGH 6525 (40,0 cm) e BGH 5741 (40,9 cm). Na comparação com o mês anterior, esses materiais cresceram 7,2, 1,2, 1,0, e 0,4

cm, respectivamente. Nota-se que o clone BGH 7609 (Figura 10) ainda continuou com crescimento importante, no qual pode-se inferir que este apresenta uma tendência de comportamento tardio perante os materiais avaliados.

Por outro lado, os materiais que começaram uma tendência de perda das folhas mais velhas e conseqüentemente diminuição da altura foram BGH 6414 (58,6 cm), BGH 4560 (37,9 cm), BGH 5744 (49,8 cm) e BGH 6513 (37,3 cm). Na comparação com o mês anterior, os respectivos materiais apresentaram decréscimos de 0,6, 0,5, 0,2 e 0,1 cm de altura. Na média mensal, os demais materiais permaneceram inalterados no comportamento do crescimento vegetativo.

No mês de outubro, os clones que apresentaram pequeno crescimento foram BGH 5746 (40,3 cm) e BGH 7609 (40,6 cm). Entretanto, no mesmo sentido, em relação ao mês de setembro, o clone BGH 6414 apresentou pequeno crescimento (0,1 cm). Por outro lado, os materiais que continuaram a decrescer foram BGH 6513 (37,0 cm), BGH 5744 (49,6 cm), BGH 4560 (37,6 cm) e BGH 5747 (41,9 cm) (Figura 10). Portanto, nota-se que houve redução na altura das plantas, em relação ao mês de setembro, de 0,3 cm para BGH 6513, 0,2 cm para BGH 5744, 0,3 cm para BGH 4560 e 0,1 cm para BGH 5747. Os demais materiais não apresentaram diferenças nas alturas, em relação ao mês citado anteriormente.

No mês de novembro, todos os materiais apresentaram altura menor que aquelas apresentadas no mês de outubro. O clone BGH 4560 apresentou menor altura (34,0 cm), seguido pelo BGH 6513 (34,6 cm), BGH 5741 (36,0 cm), BGH 5747 (38,4 cm), BGH 7609 (38,9 cm), BGH 5746 (39,0 cm), BGH 6525 (39,4 cm), 'Amarela de Senador Amaral' (42,0 cm) e BGH 6414 (53,1 cm). Estes resultados corroboram com aqueles apresentados por Madeira et al. (2002) onde o clone BGH 5746 e a 'Amarela de Senador Amaral' apresentaram, respectivamente, 44,87 e 41,30 cm de altura (MADEIRA et al., 2002). Além disso, no trabalho realizado no município de Viçosa-MG, avaliando 9 materiais de mandioquinha-salsa, Sedyama et al. (2009) encontraram alturas de 43,67 cm (BGH 5744), 38,11 cm (BGH 5747), 21,89 cm (BGH 6525) e 42,44 cm (A. S. A.) aos 304 dias após o plantio. Já no trabalho realizado em Mato Grosso do Sul, BGH 5746 apresentou altura de 48,55 cm, mesmo em sistema mais adensado (GRACIANO et al., 2006). Também, em trabalho realizado por Vieira (1995), o clone BGH 5746 atingiu altura máxima de 42 cm aos

247 DAP, variando aproximadamente de 34 cm aos 195 dias até aproximadamente 38 cm de altura aos 270 dias. No mesmo trabalho, avaliando o segundo experimento, os clones BGH 5746 e BGH 6309 foram avaliados em arranjos de plantas em fileiras simples e dupla, ambos apresentaram comportamento semelhante no crescimento. O crescimento na altura foi rápido até 76 DAP, provavelmente, favorecido pelas condições ambientais. A redução na taxa de crescimento entre 76 e 139 DAP pode ter sido consequência das temperaturas mais baixas no período. A partir dos 139 DAP, com o aumento da temperatura, houve retomada do ritmo de crescimento pelas plantas (VIEIRA, 1995).

Em relação ao mês de outubro, nota-se que houve diminuição de 7,9 cm para o clone BGH 5744, 5,6 cm para BGH 6414, 4,9 cm para BGH 5741, 4,0 cm para 'Amarela de Senador Amaral', 3,6 cm para BGH 4560, 3,5 cm para BGH 5747, 2,4 cm para BGH 6513, 1,7 cm para BGH 7609, 1,3 cm para BGH 5746 e 0,6 cm para BGH 6525.

A diminuição na altura, a partir do período em que a planta atingiu o maior crescimento, provavelmente esteja relacionado à senescência das folhas mais velhas, que eram as mais altas, o que indica proximidade do final do ciclo da cultura (VIEIRA, 1995). Por esta razão, a altura passou a ser representada pela inflexão das outras folhas mais altas, as quais, por sua vez, eram mais baixas do que as primeiras, provavelmente, por ainda não terem alcançado seu crescimento e desenvolvimento máximos (VIEIRA, 1995). Outra razão poderia ser a menor expansão foliar, pois poderia estar sendo intenso o fluxo de fotossimilados aos outros órgãos das plantas, como rebentos, coroas e raízes, em detrimento das folhas (VIEIRA, 1995). Também deve-se considerar que a altura das plantas, por ser medida com base nas alturas das folhas, pode ter sido influenciada pelo potencial hídrico das mesmas, mais especificamente dos pecíolos, cujo tecido de sustentação, tal como em outras Apiaceae, é basicamente colênquima e, portanto, dependente de muita água para se manter ereto (VIEIRA, 1995). Estes raciocínios também podem ser aplicados aos materiais avaliados nesse trabalho, mesmo sendo em condições diferentes.

4.3 Produção de raízes de mandioquinha-salsa

A variação no número de raízes por planta foi alta, o que pode ser variável conforme o preparo das mudas, bem como locais de plantio e espaçamento. Nesse trabalho, o número de raízes dos clones foram inferiores àqueles observados por Granate (2009), bem como a produção total por plantas. Os clones que mais produziram raízes por planta foram BGH 5744 (18,1) e BGH 5747 (17,9) e aqueles que menos produziram foram BGH 5741 (11,9) e BGH 6525 (12,0), além da cultivar Amarela de Senador Amaral que foi o material com menor número de raízes por planta (11,3) (Tabela 4).

Tabela 4. Número de raízes e produção total por planta (kg) de mandioquinha-salsa

Tratamento	Número de raízes por planta	Produção por planta (kg)
BGH 4560	14,7 abcd	0,61 ab
BGH 5741	11,9 cd	0,54 ab
BGH 5744	18,1 a	0,32 bc
BGH 5746	14,2 abcd	0,52 ab
BGH 5747	17,9 ab	0,68 a
BGH 6414	13,3 bcd	0,21 c
BGH 6513	17,2 ab	0,55 ab
BGH 6525	12,0 cd	0,44 abc
BGH 7609	16,3 abc	0,62 a
A. S. A.	11,3 d	0,72 a
C. V. (%)	11,19	19,54

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na produção por planta, aquelas que mais produziram foram dos clones BGH 5747 (0,68 kg), BGH 7609 (0,62 kg), além da ‘Amarela de Senador Amaral’ (0,72 kg). Por outro lado, àquelas que menos produziram foram BGH 6414 e BGH 5744 (0,32 kg). Nota-se ainda, que não há nenhuma similaridade entre número de raízes e produção por planta. Entretanto, com arranjos diferentes de espaçamento, além de outras dosagens de adubação, por exemplo, podem potencializar as respectivas raízes em altas produções. Estes resultados corroboram com os resultados apresentados por Giordano et al. (1995) que avaliaram dois clones do CNPH e 1 do BGH, e constataram de 4,1 a 5,1 raízes planta⁻¹, bem como produções de 0,925 a 1,139 kg planta⁻¹ de cultivo de 11 meses ao passo que Sediya et

al. (2009) encontrou 0,50 (BGH 5744), 5,00 (BGH 5747), 4,64 (BGH 6525) e 6,83 (A. S. A.) de raízes comerciais por planta aos 304 dias após plantio.

4.4 Classificação das raízes

Por adotar a nova classificação de raízes de mandioca-salsa, com o objetivo de padronizar as escalas de comercialização no Brasil, bem como os preços estabelecidos, os resultados desse trabalho diferem daqueles que foram encontrados em literatura consultada, embora em algumas categorias apresentem certa similaridade. São poucos os trabalhos que abordam as classificações comerciais, o que torna o setor com poucas informações.

Na literatura consultada, não há trabalhos abordando a preferência dos consumidores em relação às características tanto por classe (comprimento) quanto por calibre (diâmetro), bem como das combinações possíveis. Mas vale ressaltar, que há no mercado apenas uma cultivar recomendada pelo ciclo precoce e altas produções (Amarela de Senador Amaral) e um clone (Amarela de Carandaí = BGH 5746), de ciclo tardio, mas que apresenta boas produções e cujo as raízes são bem aceitas no mercado. Considerando que há clones promissores no Brasil, os quais ainda estão sendo comercializados regionalmente, os mesmos podem apresentar conformações e categorias diferentes daquelas que estão sendo utilizadas no mercado, podendo futuramente ser utilizadas novas escalas de classificação, bem como na mudança dos preços em cada categoria.

Após oito meses do transplante as raízes foram classificadas em 4 classes (Tabela 5). Na classe 6 o clone BGH 6414 apresentou menor produção ($0,59 \text{ t ha}^{-1}$), assim como na classe 9 ($1,36 \text{ t ha}^{-1}$) e na classe 12 ($0,40 \text{ t ha}^{-1}$). Na classe 12, os clones BGH 7609, BGH 5747 e BGH 4560 apresentaram os maiores valores ($7,06$, $6,69$ e $4,39 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente), além da 'Amarela de Senador Amaral' ($7,57 \text{ t ha}^{-1}$) (Tabela 5). Aqueles que apresentaram os menores valores nesta classe foram BGH 6414 ($0,40 \text{ t ha}^{-1}$) e BGH 6525 ($2,13 \text{ t ha}^{-1}$), sem diferença significativa. A classe 18 mostra indícios de que alguns clones como

BGH 6414, BGH 5741 e BGH 7609 podem ser materiais mais tardios, pois não apresentaram raízes nesta classe. Nesta classe também não houve diferença significativa.

Tabela 5. Produção de mandiocinha-salsa em diferentes classes (t ha⁻¹).

Tratamento	Classificação das raízes comerciais			
	Classe 6	Classe 9	Classe 12	Classe 18
BGH 4560	4,51 abc	7,70 a	4,39 abc	0,33 b
BGH 5741	6,53 a	5,07 ab	2,93 cd	-
BGH 5744	1,78 cd	2,95 bc	2,26 cd	0,55 ab
BGH 5746	4,80 abc	5,30 ab	2,69 cd	0,51 ab
BGH 5747	3,84 abc	6,68 ab	6,69 ab	0,87 ab
BGH 6414	0,59 d	1,37 c	0,40 d	-
BGH 6513	3,58 abcd	5,95 ab	4,13 bc	1,23 a
BGH 6525	4,27 abc	5,23 ab	2,13 cd	0,51 ab
BGH 7609	5,33 ab	4,44 abc	7,06 ab	-
A. S. A.	3,41 bcd	8,14 a	7,57 a	1,18 a
C. V. (%)	27,08	25,24	28,00	38,16

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na avaliação dos diferentes calibres os calibres 3 e 4 foram aqueles que apresentaram maior volume de produção de raízes comerciais, embora o clone BGH 5741 apresentou maior volume no calibre 2 (Tabela 6). Na comparação dos materiais avaliados neste trabalho, os clones que apresentaram maiores volumes no calibre 2 foram BGH 5741 (5,93 t ha⁻¹) e BGH 7609 (5,63 t ha⁻¹). No calibre 3 os materiais que apresentaram maiores volumes foram ‘Amarela de Senador Amaral’, BGH 4560 e BGH 5747 (8,23, 7,96 e 6,79 t ha⁻¹, respectivamente). Por outro lado, àqueles que apresentaram os menores volumes foram BGH 6414 e BGH 5744. No calibre 4, os clones que apresentaram maiores volumes de produção foram BGH 6471 e BGH 5747 com 6,47 e 6,44 t ha⁻¹, respectivamente, além da ‘Amarela de Senador Amaral’, que apresentou 7,84 t ha⁻¹. Aqueles com menor volume de produção nessa categoria foram BGH 6414 e BGH 6525 (Tabela 6). No calibre 5, o clone BGH 6513 foi o mais produtivo, atrás da cultivar Amarela de Senador Amaral.

Tabela 6. Produção de mandioquinha-salsa em diferentes calibres (t ha⁻¹).

Tratamento	Classificação das raízes comerciais			
	Calibre 2	Calibre 3	Calibre 4	Calibre 5
BGH 4560	4,16 a	7,96 a	4,52 bcd	0,29 b
BGH 5741	5,93 a	5,28 abc	3,32 cde	-
BGH 5744	2,69 ab	2,66 bc	2,09 de	-
BGH 5746	4,45 a	5,44 ab	2,95 de	0,46 ab
BGH 5747	4,32 a	6,79 a	6,44 abc	0,53 ab
BGH 6414	0,61 b	1,39 c	0,33 e	-
BGH 6513	4,53 a	5,56 ab	4,03 bcd	0,76 ab
BGH 6525	4,82 a	5,07 abc	1,98 de	0,26 b
BGH 7609	5,63 a	4,74 abc	6,47 ab	-
A. S. A.	3,30 ab	8,23 a	7,84 a	0,94 a
C. V. (%)	28,12	25,95	27,06	41,52

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na avaliação de produção total e comercial houve diferenças significativas, exceto para refugo (Tabela 7). Além disso, coeficiente de variação alto é comum em mandioquinha-salsa, assim como para espécies cujo as avaliações são feitas em órgãos e/ou estruturas subterrâneas (SOARES, 1991).

Observando a Tabela 7, nota-se que o clone BGH 5747 (21,20 t ha⁻¹) é aquele que mais aproximou da Amarela de Senador Amaral (22,57 t ha⁻¹) em produção total, mas sendo inferior à de Granate et al. (2008), ao passo que BGH 6414 apresentou o menor volume produzido por hectare, mas com produção superior àquele de Granate et al. (2009) (0,81 t ha⁻¹). Porém, os espaçamentos de plantio não foram considerados. Também, Madeira et al. (2002) obtiveram produção total de 11,970 t ha⁻¹ (BGH 5746) e 16,018 t ha⁻¹ (A. S. A.), resultados inferiores às respectivas produções do presente trabalho.

Quanto à produção comercial os clones BGH 6414 e BGH 5744 apresentaram as menores produções (Tabela 7). Além disso, os referidos clones apresentaram falhas no estande e pendoamento, os quais podem estar associado à instabilidade genética ou instáveis no primeiro ano de cultivo na região de São Manuel. Ainda sobre o clone BGH 6414, mesmo não diferindo significativamente, houve maior produção de raízes refugo, as quais apresentaram grande quantidade de sintomas do patógeno *Pratylenchus penetrans*. É importante ressaltar que devido a mandioquinha-salsa apresentar ciclo de cultivo de 6 a 12

meses, alguns ataques de pragas e/ou doenças podem aparecer na lavoura, sendo raras as situações em que não ocorrem (HENZ, 2002).

Tabela 7. Produção total, comercial e refugo de mandiocinha-salsa (t ha⁻¹).

Tratamento	Produção total	Produção comercial	Refugo
BGH 4560	18,91 ab	16,93 a	1,98 a
BGH 5741	16,82 ab	14,63 ab	2,19 a
BGH 5744	10,10 bc	7,53 bc	2,57 a
BGH 5746	16,35 ab	13,30 ab	3,05 a
BGH 5747	21,20 a	18,08 a	3,11 a
BGH 6414	6,45 c	2,36 c	4,09 a
BGH 6513	17,06 ab	14,89 ab	2,17 a
BGH 6525	13,88 abc	12,14 ab	1,74 a
BGH 7609	19,50 a	16,84 a	2,66 a
A. S. Amaral	22,57 a	20,30 a	2,27 a
C. V. (%)	19,54	23,16	38,08

Médias com letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados deste trabalho corroboram com aqueles de Graciano et al. (2006) que obtiveram produção comercial de 21,66 t ha⁻¹ para BGH 5746, devido ao maior adensamento das plantas e conseqüentemente maior número de plantas por hectare. Também, em trabalho realizado por Granate *et. al.* (2006a), no município de Caldas-MG, foi observado em colheita realizada aos 8 MAP que os clones BGH 5744, BGH 5747 e BGH 6525 apresentaram produção comercial de 7,00, 13,08 e 13,07 t ha⁻¹, respectivamente, ao passo que no presente trabalho os mesmos clones apresentaram produções de aproximadamente 6,02, 17,75 e 11,34 t ha⁻¹, respectivamente. Além das produções, Granate *et. al.* (2006b) constataram que dentre esses clones o BGH 5747 apresentou menor porcentagem de perda de massa aos 3 DAC. No trabalho de Sedyama et al. (2009) BGH 5744, BGH 5747, BGH 6525 e ‘Amarela de Senador Amaral’ apresentaram produções comerciais de 1,250, 19,948, 13,937 e 31,389 t ha⁻¹, respectivamente, oriundas de 304 dias após plantio. Entretanto, os resultados de 3 clones apresentados por Giordano et al. (1995), mostraram que a produção total foi de 26,82 a 34,71 t ha⁻¹ e a comercial foi de 22,42 a 29,80 t ha⁻¹, porém são resultados de cultivos de 11 meses. Também, no Espírito Santo (SOUZA, 1998), em sistema de cultivo orgânico, a

produção de mandiocinha-salsa foi de aproximadamente 9 t ha⁻¹ à 37 t ha⁻¹, sendo considerada de grande variação.

4.5 Análise físico-química das raízes de mandiocinha-salsa

Todas as características físicas e químicas avaliadas apresentaram diferenças entre os materiais analisados, o que possibilita o plantio e indicações com finalidades específicas de cada material de mandiocinha-salsa, e que determinadas características dos clones avaliados superam em qualidade, a única cultivar amplamente comercializada.

4.5.1 Cor das raízes *in natura*

Na análise de cor das raízes frescas (Figura 11) foi observado diferentes luminosidades, cujo os valores variaram de 79,00 para BGH 6513 a 93,65 para BGH 6414. Quanto à cromaticidade (Figura 11), os valores de “a” variaram de 0,27 para BGH 6513 a 3,71 para BGH 6414. Os valores de “b” variaram de 41,65 para BGH 5746 (Tabela 8), valores muito próximos àqueles encontrados por Iemma (2001), à 56,86 para BGH 5741, indicando que este clone apresenta coloração mais amarelada (Figura 12). Raízes de mandiocinha-salsa que apresentam cores mais amareladas, possibilitam maior aceitação pelos consumidores (NUNES et al., 2010).

Tabela 8. Identificação da cor de raízes frescas de mandioca-salsa

Tratamento	Luminosidade		Cromaticidade	
	L		a	b
BGH 4560	79,22	c	2,38	bc
BGH 5741	92,19	a	2,55	b
BGH 5744	81,62	bc	3,22	ab
BGH 5746	80,55	bc	1,40	cd
BGH 5747	89,32	ab	2,21	bc
BGH 6414	93,65	a	3,71	a
BGH 6513	79,00	c	0,27	e
BGH6525	87,04	abc	0,30	e
BGH 7609	87,90	abc	0,94	de
A. S. A.	91,36	a	2,35	bc
C.V. (%)	3,66		19,46	

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

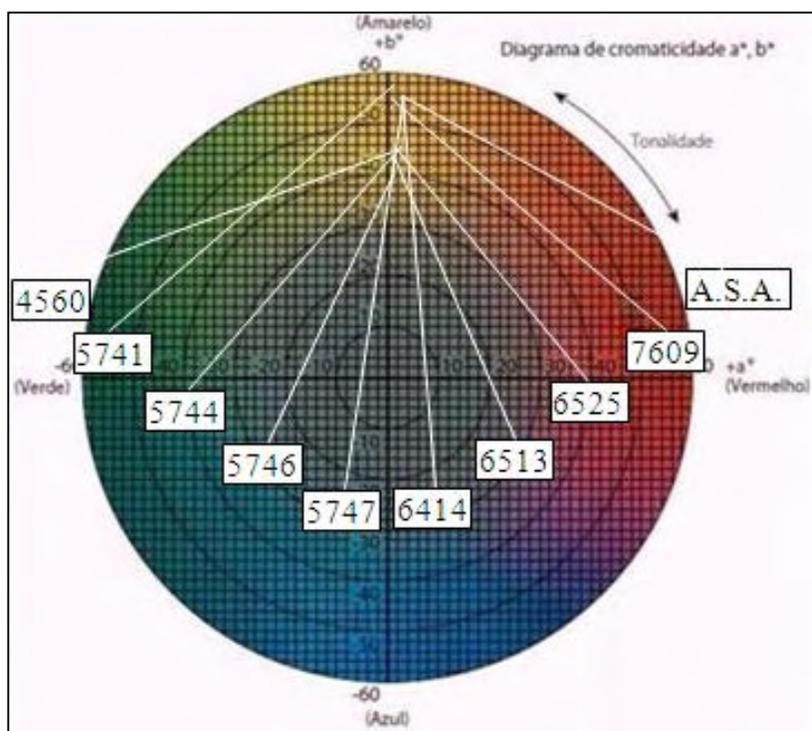


Figura 11. Diagrama de cromaticidade a^*b^* para os clones BGH (4560, 5741, 5744, 5746, 5747, 6414, 6513, 6525 e 7609) e para a cultivar Amarela de Senador Amaral (A.S.A.). Fonte: Adaptado de Konica Minolta (1998).



Figura 12. Ilustração das cores de mandioquinha-salsa

Nos trabalhos realizados por Nunes (2007), avaliando o efeito da atmosfera modificada passiva na conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa, os valores de “L” e “b” foram inferiores (79,7 e 40,3, respectivamente) ao observado neste trabalho (91,36 e 54,45, respectivamente) para a cultivar Amarela de Senador Amaral, mas muito próximos àqueles do clone BGH 5746, o segundo material mais cultivado no Brasil. Ainda no mesmo trabalho, avaliando dias de armazenamento e diferentes temperaturas sobre o grupo controle, o valor de “a” foi de -2,60 a -1,84 e o valor de “b” variou de 42,93 a 48,94. Algumas hipóteses que podem estar interferindo sobre os valores comparados com outros trabalhos são tipo de solo, o clima, ciclo de cultivo, além do posicionamento do aparelho sobre as raízes, entre outros. O mesmo raciocínio também pode ser observado através dos resultados apresentados por Nunes et al. (2010). Os resultados deste trabalho corroboram com aquele realizado em Brasília, cujo a cromaticidade interna de 3 clones de mandioquinha-salsa variaram de 70,6 a 76,5 para “L”, de 0,7 a 1,4 para “a” e de 34,3 a 42,6 para “b”, resultados dentro do padrão esperado para a espécie e de aceitação pelos consumidores (GIORDANO et al., 1995). Os resultados de cromaticidade podem auxiliar nos trabalhos de seleção, bem como para comparação com outros genótipos (GIORDANO et al., 1995), além de possibilitar atratividade e estimular maior consumo das raízes.

4.5.2 Composição química

4.5.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável

Os valores médios de pH tiveram pequena variação entre os materiais analisados e a acidez teve alta variação. O pH oscilou de 5,33 (BGH 6525) à 6,92 (A. S. A.), diferindo estatisticamente. A acidez variou de 1,29 (A. S. A.) à 4,15 (BGH 6525), também diferindo estatisticamente. Em trabalhos realizados por Iemma (2001) e Nunes (2007), os valores médios do pH encontrados para mandioquinha-salsa foram de 6,50 e 6,44, respectivamente, valores próximos aos encontrados para a maioria dos materiais analisados neste trabalho, exceto para o clone BGH 6525 e para a cultivar Amarela de Senador Amaral (Tabela 9). Dados apresentados por García e Pacheco-Delahaye (2007), avaliando mandioquinha-salsa amarela e branca, também apresentaram pH de 6,6.

Tabela 9. Avaliação do pH e acidez de clones de mandioquinha-salsa em base úmida ($g\ 100g^{-1}$ de raiz)

Tratamento	pH	Acidez Titulável
		$ml\ 100g^{-1}$
BGH 4560	6,33 b	1,72 e
BGH 5741	6,28 bc	1,92 d
BGH 5744	6,17 bc	2,07 bc
BGH 5746	6,27 bc	1,97 cd
BGH 5747	6,26 bc	2,11 bc
BGH 6414	6,09 c	1,73 e
BGH 6513	6,30 bc	2,13 b
BGH 6525	5,33 d	4,15 a
BGH 7609	6,37 b	1,56 f
A. S. A.	6,92 a	1,29 g
C.V. (%)	1,23	2,29

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O clone BGH 6525 apresentou maior teor de acidez e a ‘Amarela de Senador Amaral’ apresentou o teor mais baixo. A acidez em mandioquinha-salsa apresentada nos trabalhos de Leonel e Cereda (2002) esta superior (10,69) e a apresentada no trabalho de Nunes (2007) está abaixo (0,12 e 0,16) da acidez encontrada neste trabalho. Leonel e

Sarmento (2008) avaliando mandioquinha-salsa amarela apresentaram pH de 5,94, o qual superou apenas o resultado do clone BGH 6525. Porém, o resultado de acidez foi de 10,69 mL 100g⁻¹, superando todos os resultados dos clones e da cultivar.

Os legumes recém-colhidos apresentam aminoácidos, como uma das fontes de energia disponíveis (HEIMDAL et al., 1995). Quando os vegetais são submetidos ao processamento mínimo, os ácidos orgânicos são utilizados rapidamente através da respiração (KIM et al., 1993). Esses processos podem ser aplicados quando as raízes foram cortadas em fatias para serem desidratadas. Porém, o aumento da acidez durante o armazenamento pode ser influenciado pela degradação principalmente das pectinas, as quais podem apresentar radicais livres dos ácidos galacturônicos (SETER et al., 1991). Da mesma forma, pode inferir que durante a desidratação das fatias de mandioquinha-salsa, este processo pode ter ocorrido de maneira mais intensa devido a temperatura de 45°C, o que pode explicar os altos teores de acidez dos materiais de mandioquinha-salsa.

4.5.2.2 Umidade

Outro fator importante nas indústrias é o teor de matéria seca, o qual está diretamente relacionado ao rendimento industrial, bem como na absorção de óleo (LULAI e ORR, 1979). No presente trabalho, a umidade variou de 76,03 (clone BGH 6525) até 81,97% (clone BGH 7609), diferindo estatisticamente (Figura 13). Isso reflete a grande variação que existe entre os materiais plantados, principalmente devido ao sistema de cultivo e época de colheita, bem como a própria característica do material genético. Matsuguma et al. (2009), embora não tenha especificado o ciclo de cultivo, encontraram 73,2 e 74,5% de umidade para BGH 5746, cultivado em dois municípios do Paraná, resultados próximos ao encontrado no presente trabalho para o mesmo clone. Por outro lado, encontraram 69,9% de umidade para 'Amarela de Senador Amaral', o qual é inferior ao valor encontrado para a cultivar nas condições de cultivo no município de São Manuel.

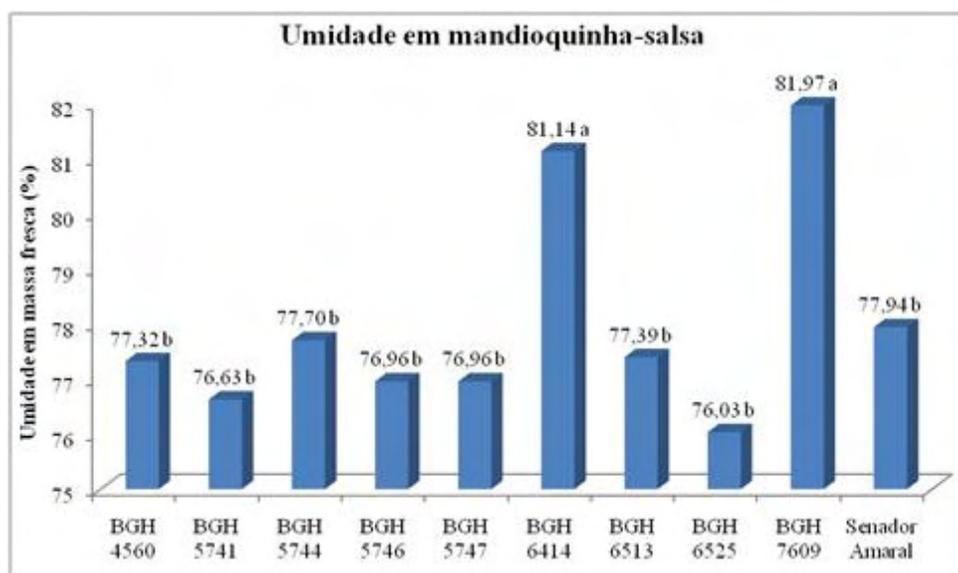


Figura 13. Porcentagem de umidade de mandioquinha-salsa. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com essa variação nos teores de umidade pode-se inferir que há grande variação na composição da mandioquinha-salsa, bem como no manejo diferenciado para ambos. Apenas nessa avaliação, também pode-se inferir que a textura e preparo dos alimentos também podem ser diferenciados, assim como na colheita, tempo de armazenamento e perda pós-colheita. Em trabalho realizado por Ribeiro *et al.* (2007), avaliando a vida útil de mandioquinha-salsa ‘Amarela de Carandaí’ foi observado que havia alto teor de umidade e que, sem a utilização de PVC, a perda de umidade foi acentuada. Portanto, uma alternativa seria a utilização de outros materiais com baixo teor de umidade, para prolongar o período de vida útil, sem sofrer muitas alterações no peso, por exemplo. Resultado encontrado para mandioquinha-salsa de cor amarela foi de 79,70% de umidade (LEONEL e SARMENTO, 2008), o qual superou todos os materiais avaliados no presente trabalho, exceto para os clones BGH 6414 e BGH 7609. Câmara e Santos (2002) afirmam que a ‘Amarela de Senador Amaral’ tem elevado teor de matéria seca, mas no presente trabalho 7 clones apresentam matéria seca superior à cultivar, mesmo não apresentando diferença significativa.

4.5.2.3 Cinzas

Conforme as condições de incineração e de composição dos alimentos, na porção de cinzas pode-se encontrar proporcionalmente altas quantidades de potássio, sódio, cálcio e magnésio, pequenas quantidades de alumínio, ferro, cobre, manganês e zinco, e traços de iodo e flúor (ONG, 2010). A quantidade de cinzas variaram pouco entre os materiais avaliados ficando de $0,93 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (BGH 5744) à $1,16 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (BGH 6525). Os materiais que apresentaram quantidades significativamente superiores foram BGH 6525, BGH 5747, 'Amarela de Senador Amarel, BGH 6513 e BGH 4560, porém não diferindo entre si (Figura 14).

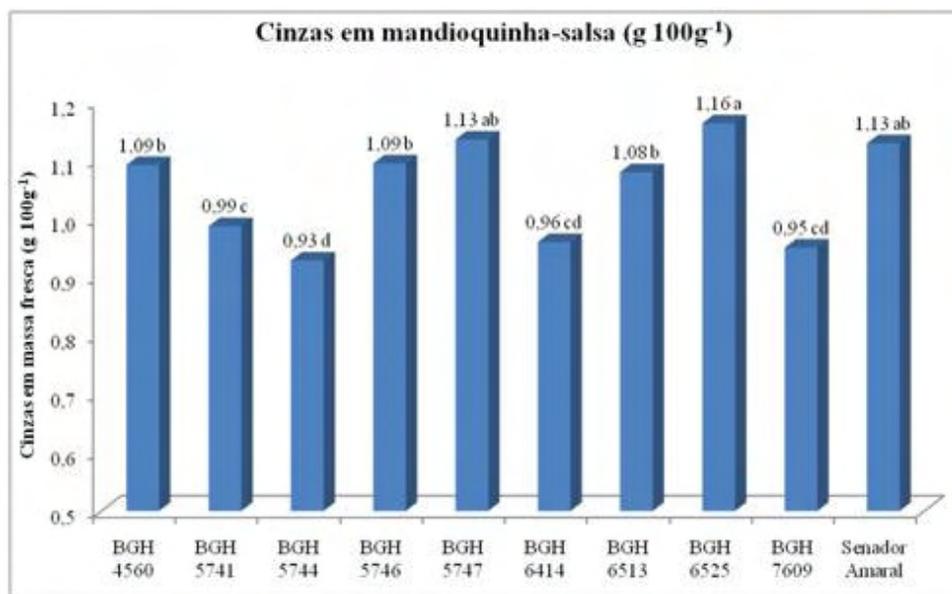


Figura 14. Quantidade de cinzas de mandioca-salsa em base úmida ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados estão próximos àquele encontrado por Leonel e Cereda (2002). Porém, Chiebao (2008) apresentou resultado superior a todos os materiais avaliados no presente trabalho, o qual foi oriundo de raiz adquirida no mercado local, sem especificar o ciclo de cultivo. Por outro lado, Leonel e Sarmiento (2008) apresentou resultado próximo ao encontrado para todos os materiais do presente trabalho e Matsuguma et al. (2009)

encontrou resultados próximos para o clone BGH 5746 e superior para a cultivar Amarela de Senador Amaral.

4.5.2.4 Matéria graxa

Na matéria graxa, vários compostos químicos estão presentes, os quais são parte dos aromas dos alimentos, bem como, formadores de substâncias importantes (NUNES, 2007). Não foi observado diferença significativa para os teores de matéria graxa, porém, foi constatado que o BGH 7609 apresentou o menor teor, ao passo que BGH 6525, apresentou o maior teor (Figura 15), este apresentando o dobro dos teores da cultivar.



Figura 15. Quantidade de matéria graxa de mandioca-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os clones BGH 6525 e BGH 5741 apresentam quantidades que tendenciam uma potencialidade de produção de matéria graxa, que complementado com os resultados apresentados por Nunes (2007), pode apresentar novas formas de utilização da mandioca-salsa, como fonte de propriedades medicinais. Avaliando o clone BGH 5746, Chiebao (2008) encontrou teor de matéria graxa igual ao do presente trabalho para o mesmo

clone, embora não tenha especificado o ciclo de cultivo. Leonel e Sarmiento (2008) avaliando raiz amarela de mandioca-salsa também mostraram resultado muito próximo àqueles de BGH 5741, BGH 5744 e BGH 6525 e Matsuguma et al. (2009) encontrou resultados superiores para BGH 5746 e próximo para a cultivar.

4.5.2.5 Fibra bruta

As fibras alimentares são importantes complementos da alimentação porque apresentam efeitos fisiológicos na função gastrointestinal humana, podendo reduzir a absorção dos nutrientes, aumentar a massa fecal, reduzir o nível de colesterol do plasma sanguíneo e redução da resposta glicêmica (IFT, 1979; PENTEADO, 1981; SAURACALIXTO, 1993). Diante disso, o clone BGH 7609, que apresentou alto teor de fibras, torna-se potencialmente o material de mandioca-salsa com recomendações para essa finalidade (Figura 16).



Figura 16. Quantidade de fibra bruta de mandioca-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na avaliação do processamento de amiláceas, Leonel et al. (2005) afirmam que quando há o processamento de matérias-primas com maiores quantidades de fibras, ajustes são necessários para o melhor aproveitamento do amido. Isso é comprovado para o clone BGH 7609, que apresenta o maior teor de fibra bruta entre os materiais avaliados ($0,89 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) e o menor teor de amido ($14,96 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$) (Figura), além do baixo rendimento do amido no processo de extração (Tabela). Entretanto, não houve a mesma tendência para a cultivar Amarela de Senador Amaral, mesmo apresentando neste trabalho, a menor quantidade de fibras (Figura 16). Na avaliação de fibra bruta, Chiebao (2008) encontrou resultado superior a todos os materiais do presente trabalho, assim como Leonel e Sarmiento (2008) e Matsuguma et al. (2009), mas não citaram o ciclo de cultivo e/ou o clone ou cultivar, os quais podem influenciar sobre esta característica.

4.5.2.6 Proteína bruta

A proteína bruta encontrada nos materiais de mandiquinha-salsa variou de $0,39 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (BGH 5744) à $0,68 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (BGH 4560) (Figura 17). BGH 4560 e 'Amarela de Senador Amaral' apresentaram resultados significativamente superiores, não diferindo entre si e BGH 5744 e BGH 5746 apresentaram resultados inferiores, não diferindo estatisticamente. Além disso, foram inferiores ao resultado apresentados por Chiebao (2008), que por sua vez apresentou resultado muito próximo ao da cultivar Amarela de Senador Amaral. Resultado encontrado na literatura (LEONEL e SARMENTO, 2008) aponta proximidade dos resultados encontrados no presente trabalho, exceto para BGH 5744, BGH 5746, 'Amarela de Senador Amaral' e BGH 4560 e, na cultivar Amarela de Senador Amaral apresentada por Matsuguma et al. (2009), foi superior a todos os materiais avaliados no presente trabalho.



Figura 17. Quantidade de proteína bruta de mandiоquinha-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Cereda e Vilpoux (2003) afirmam que a proteína é usada para fortalecer a estrutura das massas de amido. Portanto, BGH 4560 e ‘Amarela de Senador Amaral’ podem ser os melhores materiais para essa finalidade (Figura 17).

4.5.2.7 Açúcares redutores

Os açúcares redutores influenciam significativamente as características dos produtos, alterando principalmente a aparência e o sabor dos alimentos processados, porém, são pouco estudados em mandiоquinha-salsa. Os teores variaram de 0,30 g 100g⁻¹ (A. S. A) a 1,17 g 100g⁻¹ (BGH 5746) diferindo estatisticamente (Figura 18). O teor de açúcares redutores em mandiоquinha-salsa amarela encontrado por Leonel e Sarmiento (2008) apresentou resultado mais próximo ao encontrado para ‘Amarela de Senador Amaral’. Os materiais que apresentam altos teores de açúcares redutores (BGH 5746, BGH 6513 e BGH 6525), ao passar por altas temperaturas, podem apresentar maior escurecimento dos produtos processados, principalmente na forma de ‘chips’ (PEREIRA *et al.*, 1993).

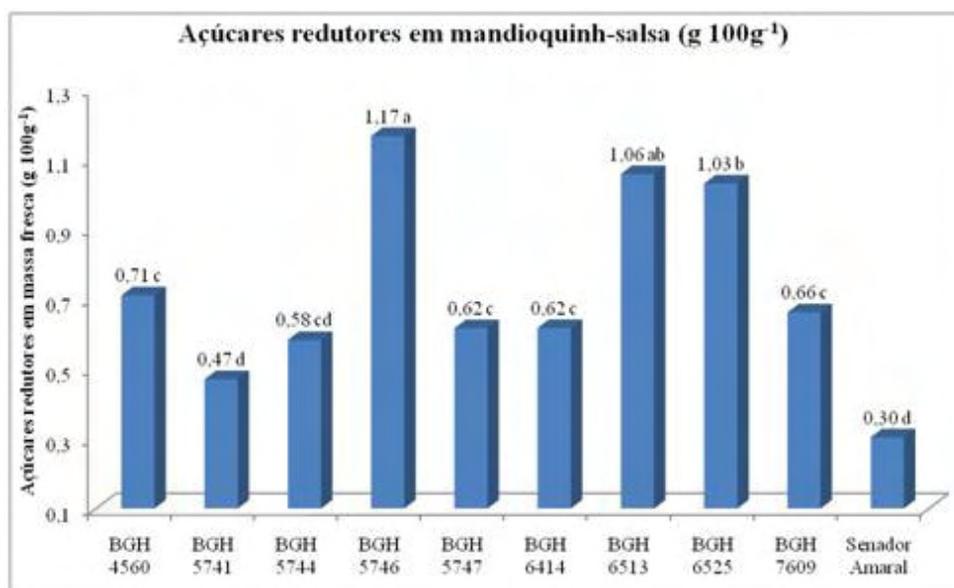


Figura 18. Quantidade de açúcares redutores de mandioca-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O possível escurecimento destes clones, durante a fritura, se deve primariamente, devido às reações dos açúcares redutores com aminoácidos, processo denominado reação de Maillard (SHALLENBERGER et al. 1959). A reação de Maillard envolve uma série de passos que se iniciam com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos, peptídeos ou proteínas. É o maior contribuidor da cor escura dos produtos alimentares, nos quais as melanoidinas pigmentadas são os produtos finais. A reação de Maillard sofre influência decisiva da temperatura, sendo violenta a 150°C, rápida a 100°C e lenta a 67°C. Como a temperatura do óleo no processo de fritura é normalmente de 180-185°C, tem-se uma alta eficiência de reação (COELHO et al., 1999).

Nos produtos processados, principalmente na forma de *chips*, a cor é um dos parâmetros de qualidade mais importantes, julgados pelos consumidores (YADA e COFFIN, 1987), além das exigências das qualidades nutritivas em determinados mercados. Produtos que apresentam escurecimento excessivo, como nos *chips*, estão associados ao aspecto de queimado, indicando baixa qualidade, além do indesejável gosto amargo (PEREIRA e COSTA, 1997). Carvalho et al. (1977) apontaram que o teor de açúcares

redutores para proporcionar a cor ideal das fritas à “francesa” deveria ser inferior a 0,3% do peso da matéria fresca, valor este observado apenas na ‘Amarela de Senador Amaral’.

4.5.2.8 Açúcares totais

Houve grande variação de açúcares totais entre os materiais analisados, variando de 0,73 g 100g⁻¹ (‘Amarela de Senador Amaral’) a 2,48 g 100g⁻¹ (BGH 7609) diferindo estatisticamente entre si, cujo os valores de BGH 5746 e BGH 7609 foram superiores (Figura 19) aos propostos por Pereira (1997) (0,65-1,98%). Leonel e Sarmiento (2008) encontraram 1,34g, o qual foi muito próximo ao encontrado para o clone BGH 6525.



Figura 19. Quantidade de açúcares totais de mandioquinha-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O teor de açúcares totais dos clones, que foram superiores àqueles da ‘Amarela de Senador Amaral’, podem conferir características de sabor, superior à cultivar, ao mesmo tempo que também podem sofrer alterações na forma de fritura, por exemplo, e parte desses açúcares sofrerem a reação de Maillard, tornando o produto com características indesejáveis à comercialização. No trabalho realizado por Leonel e Cereda (2002), os açúcares totais foram superiores (1,34 g 100g⁻¹) para a ‘Amarela de Senador Amaral’ e no trabalho de

Nunes et al. (2010) os açúcares totais, também foram superiores (1,63%) para esta cultivar. Na avaliação de raízes do clone BGH 5746, proveniente de plantas com 10 meses de cultivo em Viçosa-MG, Ribeiro et al. (2007) encontraram 3,5g de açúcares solúveis totais. Além da utilização de outra metodologia, o tempo de cultivo, os tratos culturais e as condições climáticas da região podem contribuir significativamente para as divergências dos dados comparados.

4.5.2.9 Amido

A mandioquinha-salsa é uma fonte de amido com características especiais de digestibilidade para humanos, mas pode ser interessante para animais domésticos, além de ser matéria-prima para indústrias processadoras de diferentes produtos. Todos os resultados de amido deste trabalho, exceto o BGH 7609 e 'Amarela de Senador Amaral', estão entre àqueles citados por Pereira (1997) (16,91-25,49 g 100g⁻¹). Os teores de amido variaram de 14,96 g 100g⁻¹ (BGH 7609) à 21,41 g 100g⁻¹ (BGH 5741), diferindo estatisticamente, além de superar os dois materiais mais plantados no país ['Amarela de Senador Amaral' e Amarela de Carandaí (BGH 5746)] (Figura 20). Além disso, todos os clones, exceto, o BGH 7609, superam a cultivar Amarela de Senador Amaral, o material mais difundido entre os produtores brasileiros. Entretanto, os clones são inferiores à cultivar em produtividade de raiz, sendo um dos fatores limitantes para os respectivos plantios. Uma alternativa para difundir o clone BGH 5741 seria uma implementação das exigências por parte das indústrias processadoras do amido de mandioquinha-salsa em adquirir raízes do referido clone.

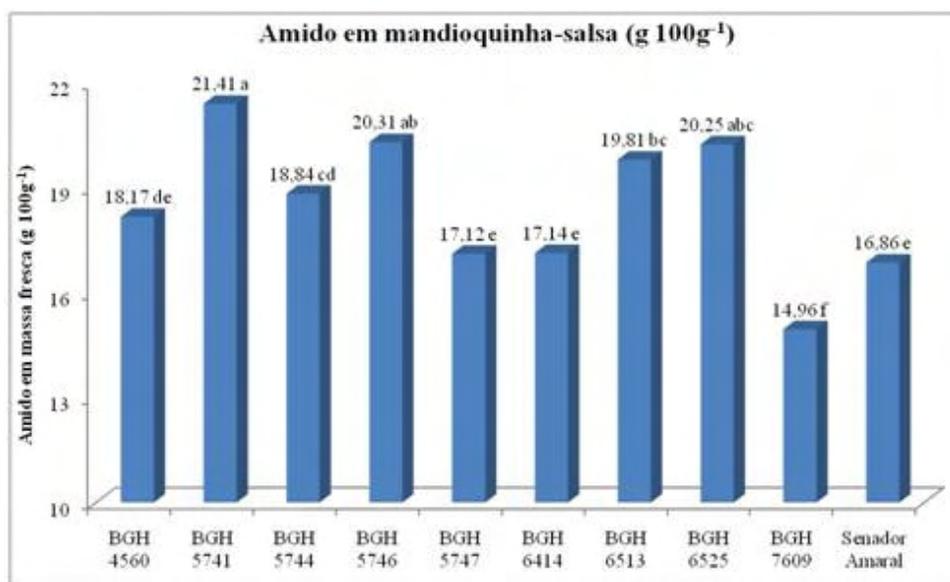


Figura 20. Quantidade de amido de mandiоquinha-salsa em base úmida (g 100g⁻¹ de raiz). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nos resultados apresentados por Nunes (2007), avaliando atmosfera modificada, nota-se que os teores de amido (21,51% base úmida) também estão diferentes daqueles encontrados nesse trabalho para ‘Amarela de Senador Amaral’ (16,86% base úmida), mas muito próximo ao encontrados no clone BGH 5746 (Amarela de Carandaí) (20,31 g 100g⁻¹), mesmo utilizando metodologias diferentes. Ainda no trabalho de Nunes (2007), avaliando tempo de armazenamento, observa-se que no dia zero, havia aproximadamente 25% de amido, superando todas as porcentagens de amido encontradas no presente trabalho. Entretanto, nos trabalhos realizados por Leonel e Sarmiento (2008) (15,16% base úmida) e Leonel e Cereda (2002) (15,75% base úmida), os valores estão próximos aos encontrados neste trabalho, para BGH 7609 e ‘Amarela de Senador Amaral’. Matsuguma et al. (2009) encontraram resultados próximos para o clone BGH 5746, porém superior para a cultivar. No trabalho de Ribeiro et al. (2007), o clone BGH 5746 apresentou 18,5%.

4.6 Análise de amido

4.6.1 Amilose e amilopectina aparentes

Os resultados de amilose variaram de 20,60 (A. S. A.) à 28,21% (BGH 5744) (Figura 21), diferindo estatisticamente entre si. Leonel e Sarmiento (2008) encontraram 24,30% de amilose aparente, valor superior, porém próximo ao encontrado para o clone BGH 5747.

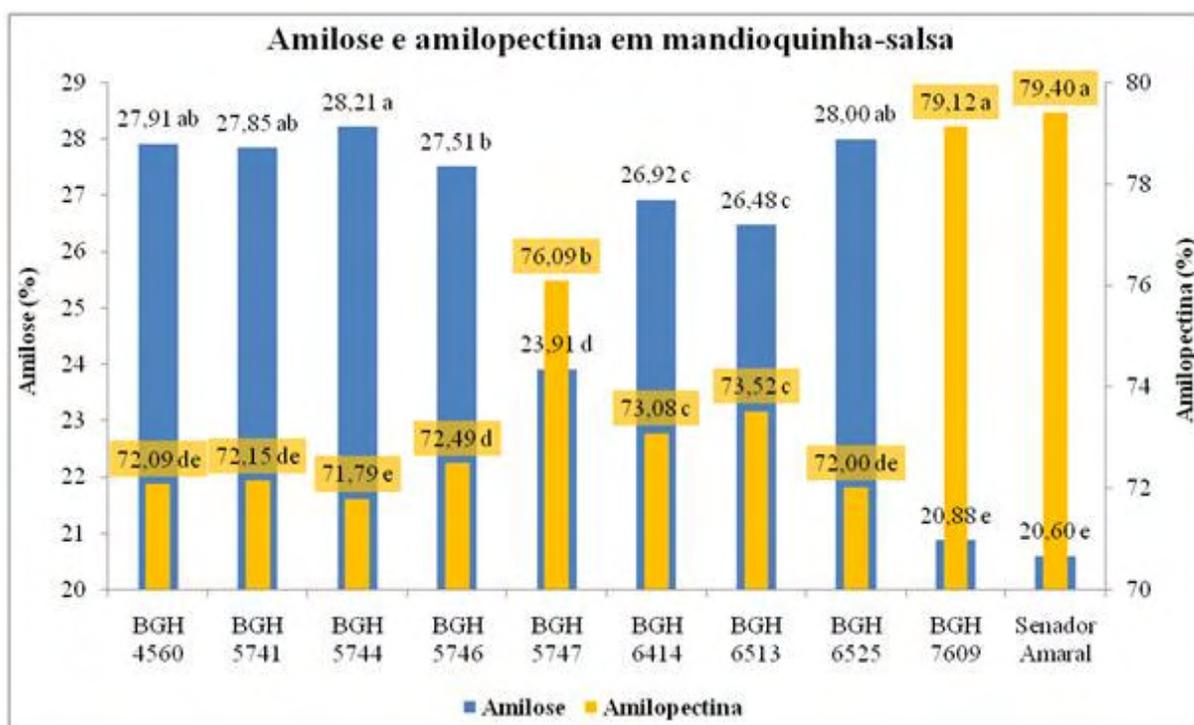


Figura 21. Quantidade de amilose e amilopectina (%) em amido de mandioca-salsa em base úmida. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em trabalho realizado por Rocha *et. al.* (2008), foi observado que o teor de amilose aparente da cultivar Amarela de Senador Amaral é menor que o teor da Amarela de Carandaí (clone BGH 5746), o que proporcionalmente aconteceu no presente trabalho. Entretanto, os valores apresentados pela autora são inferiores ao deste trabalho, os quais podem apresentar outros fatores interferentes. É importante salientar, que os valores apresentados por Rocha *et. al.* (2008) são de materiais colhidos mais tardiamente (9 e 11

meses, respectivamente) e em locais com diferentes condições climáticas e de solo, o que pode ter contribuído para as diferenças. Já aqueles observados por Gonzáles e Carrasco (2001) e Peroni (2003) apresentaram valores compatíveis com a ‘Amarela de Senador Amaral’, BGH 7609 e BGH 5747, porém não citaram os nomes dos materiais. Franco (2010) mostrou teor de amilose aparente de 20%, o qual está muito próximo ao encontrado para Amarela de Senador Amaral (20,60%) e BGH 7609 (20,88%). Gonçalves (2007) avaliando a ‘Amarela de Senador Amaral’ obteve 17,82% de amilose aparente no amido natural e Campanha (2010) obteve 17,5%, sem mencionar o nome do clone ou cultivar. Portanto, os teores de amilose aparente encontrados no presente trabalho, para oito clones analisados, estão acima da faixa encontrada na literatura, além daqueles apresentados por Hoover (2001) com 15,3%, Vieira (2004) com 17,2% e Peroni (2003) com 21,3%, mostrando assim, amplitude de comportamento dos amidos a partir da caracterização dos clones.

A amilopectina é inversamente proporcional à amilose. Portanto, os materiais que apresentaram altos teores de amilose, apresentaram baixos teores de amilopectina. A cultivar Amarela de Senador Amaral e BGH 7609 foram os materiais que apresentaram teores de amilopectina significativamente superiores (79,40 e 79,12% respectivamente), porém não diferiram entre si (Figura 21), os quais também podem influenciar sobre a temperatura de pasta desses amidos.

No trabalho realizado por Gonçalves (2007), avaliando tratamento térmico dos amidos de mandioca-salsa colhida aos 9 meses após o plantio, em microondas, após o tratamento térmico em baixa umidade, os resultados mostraram que houve aumento do teor de amilose devido as cadeias lineares mais externas da amilopectina, serem degradadas por este tratamento, se tornando em cadeias de amilose. Considerando esse raciocínio, os materiais com alto teor de amilopectina, após diferentes tratamentos térmicos, podem sofrer modificações consideráveis e assim, proporcionar aos produtos finais características diferentes às encontradas em amidos nativos.

4.6.2 Propriedade de pasta

O comportamento da viscosidade durante o aquecimento permite avaliar as propriedades de pasta do amido devido as modificações que ocorrem na sua estrutura, além de verificar a tendência de retrogradação durante o resfriamento (TROMBINI, 2010). Através dessas avaliações, pode-se inferir sobre as propriedades funcionais dos amidos de mandioquinha-salsa, bem como da utilização dos mesmos pelas indústrias processadoras de amido, sejam elas alimentícias e não alimentícias.

As propriedades de pasta e os perfis de viscosidade das féculas de mandioquinha-salsa pelo Analisador de Viscosidade Rápida (RVA) estão apresentados na Tabela 10 e no anexo 1 (Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31).

O clone BGH 5747 apresentou superioridade na viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade final e na tendência de retrogradação, diferindo estatisticamente dos demais materiais avaliados no presente trabalho. Segundo Campanha (2010), a viscosidade máxima está relacionada a altas quantidades de fosfatos monoésteres e a maior quantidade de cadeias laterais longas de amilopectina. Já, quanto maior a tendência de retrogradação, maior é a sensibilidade à temperatura e ao atrito mecânico. Por outro lado, na temperatura de pasta, BGH 5747, BGH 6513 e BGH 5741 apresentaram diferenças significativamente inferiores. Estes resultados apontam tendências de fácil cozimento dos amidos (CAMPANHA, 2010) por possuir fraca organização dos grânulos de amido, resultando em géis mais fracos. Matsuguma (2006) relata que temperatura de empastamento mais baixa pode apresentar potencial para utilização em alimentos de preparo instantâneo, como sopas e pudins. Outro fator que pode interferir na temperatura de pastificação é o tamanho do grânulo de amido.

Em trabalho realizado por Rocha et al. (2008), BGH 5746 apresentou temperatura de pastificação inferior à Amarela de Senador Amaral, os quais apresentaram o mesmo comportamento no presente trabalho, porém, apresentou comportamento inverso para viscosidade máxima, quebra de viscosidade e viscosidade final. Esses comportamentos podem estar sendo influenciado pelo manejo fitotécnico e regiões de cultivo diferentes até as composições dos amidos, além dos detalhes no processo de extração. Já no trabalho de

Campanha (2010), a temperatura de pastificação de mandioquinha-salsa foi igual ao resultado encontrado no presente trabalho para a Amarela de Senador Amaral. Entretanto, a viscosidade máxima, final e tendência à retrogradação foram inferiores e a quebra de viscosidade foi superior a todos os resultados do presente trabalho. No trabalho de Vieira (2004) avaliando mandioquinha-salsa (sem identificação do material), a temperatura de pastificação (59°C) e o tempo de pico da viscosidade (3,9 min.) foram próximos aos resultados encontrados no presente trabalho. Porém, a viscosidade máxima (353 RVU), a viscosidade final (149 RVU) e a tendência à retrogradação (37 RVU) foram inferiores e a quebra da viscosidade (265 RVU) superior a todos os resultados respectivos do presente trabalho. Diferenças como essas estão ligadas possivelmente à metodologia, à falta de identificação do ciclo de cultivo e da identificação do clone ou cultivar. No trabalho realizado por Matsuguma (2006), embora tenha utilizado concentração diferente de amido, além de não especificar o ciclo de cultivo, apresentou resultados de temperatura de pastificação muito semelhante ao encontrado no presente trabalho. Porém, na avaliação de viscosidade máxima, apenas a cultivar Amarela de Senador Amaral apresentou resultado aproximado. Quanto à quebra de viscosidade, os resultados encontrados pela autora estão acima de todos os valores apresentados neste trabalho. Já na viscosidade final, apenas o clone BGH 5746 produzido em Piraí do Sul teve valor mais próximo ao do mesmo clone produzido em São Manuel e do mesmo modo a cultivar Amarela de Senador Amaral e o clone BGH 5746 produzidos em Piraí do Sul também apresentaram os mesmos comportamentos para as respectivas tendências de retrogradação. Ao observar a Tabela 11, a viscosidade final da ‘Amarela de Senador Amaral’ e dos clones BGH 5741, BGH 6513, BGH 6414, BGH 5746, BGH 6525 e BGH 7609 foram as mais baixas. Segundo Matsuguma (2006) a viscosidade final muito elevada, poderia causar sensação desagradável em sopas prontas, mas reforça que conforme o tipo de alimento, viscosidades maiores ou menores podem ser desejadas.

Tabela 10. Propriedades de pasta de féculas de mandioca-salsa (RVA).

Tratamento	Temperatura de	Pico de	Tempo do pico	Quebra de	Viscosidade	Tendência de
	pastificação					
	°C	RVU	Minutos	RVU	RVU	
BGH 4560	60,45 c	543,67 d	4,20 a	381,42 e	227,96 b	65,71 b
BGH 5741	60,00 d	524,21 e	4,14 ab	370,67 e	194,00 e	40,46 e
BGH 5744	60,40 c	569,55 c	4,04 bc	411,34 cd	221,46 b	63,25 bc
BGH 5746	60,43 c	569,63 c	4,04 bc	421,30 c	207,46 c	59,13 cd
BGH 5747	59,80 d	783,55 a	3,80 d	617,67 a	248,29 a	82,42 a
BGH 6414	60,43 c	545,79 d	4,07 abc	400,38 d	203,50 cd	58,08 cd
BGH 6513	59,98 d	551,88 d	3,94 cd	408,67 cd	197,84 de	54,63 d
BGH6525	60,83 b	546,38 d	4,17 ab	401,05 d	208,63 c	63,30 bc
BGH 7609	61,55 a	584,92 b	3,93 cd	442,17 b	212,17 c	69,42 b
A. S. A.	61,00 b	525,67 e	4,10 ab	381,42 e	189,71 e	45,46 e
C.V. (%)	0,15	0,79	1,23	1,06	1,47	3,71

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. 1 RVU = 12 cP

4.6.3 Propriedades térmicas das féculas de mandioca-salsa

As féculas de mandioca-salsa foram avaliadas quanto às propriedades térmicas de gelatinização e de retrogradação, através do Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC), e os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 12 e 13, respectivamente. Os amidos apresentaram diferenças significativas na temperatura inicial (T_o), temperatura de pico (T_p), temperatura final (T_f) e variação de entalpia (ΔH). Na avaliação de gelatinização (Anexo 2), o amido do clone BGH 5747 apresentou temperatura média mais baixa ($53,40^\circ\text{C}$) na temperatura inicial de gelatinização (T_o) e o BGH 7609 apresentou temperatura média mais alta ($56,05^\circ\text{C}$) entre as temperaturas de início, ambos diferiram estatisticamente dos demais materiais avaliados, sendo este resultado o mais próximo daquele encontrado por Franco (2010) ($56,99^\circ\text{C}$) e Campanha (2010) ($57,7^\circ\text{C}$).

Nas temperaturas de pico (T_p) e final (T_f), o clone BGH 5741 apresentou valores médios mais baixos ($58,19^\circ\text{C}$ e $62,25^\circ\text{C}$, respectivamente) e o clone BGH 7609 apresentou valores médios mais altos ($59,82^\circ\text{C}$ e $64,18^\circ\text{C}$, respectivamente), estes diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 11). Nos trabalhos de Franco (2010) e Campanha (2010), os resultados para mandioca-salsa foram de $60,29^\circ\text{C}$ (T_p) e $60,9^\circ\text{C}$ (T_p) e $64,42^\circ\text{C}$ (T_f) e $64,2^\circ\text{C}$ (T_f), respectivamente. Rocha et al. (2008) também encontrou diferenças entre o clone BGH 5746 e a Amarela de Senador Amaral para T_p e T_f , ambas sendo superior aos resultados do presente trabalho. Segundo Bermudez (1997), a faixa de temperatura de gelatinização da mandioca-salsa varia de $58,6$ a $58,8^\circ\text{C}$. Pode-se inferir também que as diferentes temperaturas de gelatinização podem estar sendo influenciadas pelas diferenças nas organizações dos grânulos (JI et al., 2004), bem como pelas regiões de cultivo, tratamentos culturais, tempo de cultivo e modo de extração dos amidos.

Tabela 11. Propriedades térmicas de gelatinização de féculas de mandioca-salsa

Tratamento	T _o (°C)	T _p (°C)	T _f (°C)	ΔT (T _f -T _o)	ΔH (J/g)
BGH 4560	54,12 f	58,40 de	62,43 d	8,31 bc	14,19 de
BGH 5741	54,24 ef	58,19 e	62,25 d	8,01 bc	13,80 e
BGH 5744	54,65 bc	58,36 de	62,38 d	7,74 c	15,53 b
BGH 5746	54,44 de	58,27 e	62,67 cd	8,23 bc	16,11 a
BGH 5747	53,40 g	58,61 d	62,58 d	9,18 a	16,53 a
BGH 6414	54,74 bc	58,63 cd	62,39 d	7,65 c	14,94 c
BGH 6513	54,38 def	58,22 e	62,34 d	7,96 bc	16,47 a
BGH6525	54,65 cd	58,90 bc	63,27 b	8,62 ab	16,50 a
BGH 7609	56,05 a	59,82 a	64,18 a	8,13 bc	14,52 cd
A. S. A.	54,95 b	59,16 b	63,14 bc	8,19 bc	13,02 f
C.V. (%)	0,17	0,17	0,28	2,83	1,11

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. T_o, T_p e T_f = temperatura inicial, de pico e final, respectivamente; ΔT e ΔH = variação de entalpia.

Os amidos de mandioca-salsa apresentaram variação de 7,65 (BGH 6414) à 9,18 (BGH 7609) na faixa de temperatura de gelatinização (T_f-T_o), ambos superando os resultados apresentados por Franco (2010) e Campanha (2010). Na variação de entalpia (ΔH), a cultivar Amarela de Senador Amaral apresentou valor médio estatisticamente mais baixo (13,02 J/g) e o clone BGH 5747 apresentou valor médio mais alto (16,53 J/g), não diferindo estatisticamente dos clones BGH 6525, BGH 6513 e BGH 5746 (Tabela 11) e estes sendo inferiores àquele proposto por Franco (2010) e superiores ao de Campanha (2010). Porém, resultados mais altos de ΔH podem ser atribuídos à maior resistência das duplas hélices das regiões cristalinas e/ou da maior heterogeneidade dos cristais (FRANCO, 2010). Além disso, o clone BGH 7609 apresentou maior teor de amilose e também apresentou maiores temperaturas de gelatinização, discordando das inferências propostas por Rocha *et. al.* (2008), podendo outros fatores estar envolvidos nessa correlação. Os resultados apresentados para a faixa de temperatura de gelatinização (T_f-T_o) entre os materiais avaliados, mostraram amplitude maior que aquela proposta por Rocha *et. al.* (2008), mas inferior àqueles apresentados por Garcia e Walter Junior (1998).

A maior concentração de cristais heterogêneos e menor estabilidade provocada por defeitos na estrutura cristalina do amido, podem ter influenciado nos valores mais baixos (FRANCO, 2010) obtidos nas temperaturas inicial (53,40°C para BGH 5747) e de pico (58,19°C para BGH 5741), bem como na variação de entalpia (13,02 J/g para A.S.A.).

Na avaliação das propriedades térmicas de retrogradação de amidos, todos os valores dos parâmetros T_o , T_p , T_f e ΔH foram inferiores aos apresentados nas propriedades térmicas de gelatinização (Tabela 12). O clone BGH 7609 apresentou menor valor de T_o ($39,04^\circ\text{C}$) e a cultivar Amarela de Senador Amaral apresentou comportamento na temperatura inicial de retrogradação à $42,53^\circ\text{C}$, não diferindo estatisticamente dos clones avaliados (Tabela 12), resultados inferiores ao proposto por Franco (2010). Campanha (2010) apresentou resultado de $T_o = 41,4^\circ\text{C}$, o qual está mais próximo de BGH 6513 ($41,32^\circ\text{C}$).

Tabela 12. Propriedades térmicas de retrogradação de féculas de mandiquinha-salsa

Tratamento	T_o ($^\circ\text{C}$)	T_p ($^\circ\text{C}$)	T_f ($^\circ\text{C}$)	$(T_f - T_o)$	ΔH (J/g)	% R
BGH 4560	41,61 ab	54,70 a	61,79 abc	20,18 b	2,07 f	14,6 de
BGH 5741	39,65 de	51,82 c	61,94 ab	22,29 a	2,09 f	15,1 d
BGH 5744	41,13 bc	53,69 ab	61,38 abc	20,25 b	2,41 e	15,5 d
BGH 5746	39,78 de	53,83 ab	61,34 abc	21,56 ab	2,85 c	17,7 c
BGH 5747	42,50 a	53,41 ab	60,98 bc	18,47 cd	1,58 h	9,6 f
BGH 6414	39,36 e	54,26 a	62,10 a	22,75 a	2,68 d	17,9 c
BGH 6513	41,32 bc	53,83 ab	61,28 abc	19,97 bc	2,41 e	14,6 de
BGH 6525	40,50 cd	52,91 bc	61,96 ab	21,46 ab	3,23 b	19,6 b
BGH 7609	39,04 e	50,31 d	62,14 a	23,10 a	4,67 a	32,2 a
A. S. A.	42,53 a	54,33 a	60,77 c	18,24 d	1,78 g	13,7 e
C.V. (%)	0,89	0,86	0,61	2,76	1,74	2,2

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

T_o , T_p e T_f = temperatura inicial, de pico e final, respectivamente; ΔT e ΔH = variação de entalpia; %R = tendência à retrogradação.

Na avaliação da temperatura de pico (T_p), o comportamento dos amidos oscilaram entre $50,31$ e $54,70^\circ\text{C}$, sendo respectivamente BGH 7609 e BGH 4560, este com temperatura superior àquela de Franco (2010). Na temperatura final de retrogradação, a cultivar Amarela de Senador Amaral apresentou o menor valor ($60,77^\circ\text{C}$) e o clone BGH 7609 com maior temperatura ($62,14^\circ\text{C}$), cujo os resultados não diferem estatisticamente entre si. Franco (2010) encontrou $61,69^\circ\text{C}$ na T_f , resultado próximo aos encontrados no presente trabalho.

A faixa de temperatura de gelatinização ($T_f - T_o$) dos amidos retrogradados foram de $18,24^\circ\text{C}$ (A.S.A.) à $23,10^\circ\text{C}$ (BGH 7609), não diferindo estatisticamente entre si. Entretanto, apenas a cultivar A.S.A. apresentou resultado inferior ao de Franco (2010).

Os amidos que precisaram de maior e menor gasto de energia para o rompimento das duplas hélices na região cristalina foram dos clones BGH 7609 (4,67 J/g) e BGH 5747 (1,58 J/g), respectivamente, diferindo estatisticamente entre si. Apenas o clone BGH 5747 e a ‘Amarela de Senador Amaral’ apresentaram resultados inferiores àquele proposto por Franco (2010).

O clone BGH 7609 apresentou alta tendência à retrogradação (32,2%), diferindo estatisticamente dos demais materiais avaliados. Por outro lado, BGH 5747 apresentou 9,6% de retrogradação do amido, o qual pode ser considerado de baixa tendência à retrogradação. Campanha (2010) apresentou resultado de 12,8% de retrogradação, valor mais próximo ao da cultivar Amarela de Senador Amaral (13,7%) avaliada no presente trabalho.

5 CONCLUSÕES

Nas condições de São Manuel-SP, o clone BGH 5747 é recomendado para produção de raízes comerciais.

Os clones BGH 5746, BGH 6513 e BGH 6525 não são recomendados para processamento na forma de fritura por apresentarem altos teores de açúcares redutores.

O clone BGH 7609 é recomendado para dietas e processos fermentativos por apresentar altos teores de fibras e de açúcares totais, porém não é recomendado para rendimento industrial por apresentar baixo teor de matéria seca.

Todos os clones, exceto BGH 7609, apresentaram amidos com característica de alta digestibilidade devido as altas porcentagens de amilose.

O clone BGH 5747 é indicado para alimentos de preparo instantâneo por apresentar baixa resistência ao calor.

Os clones apresentam opções alternativas tanto para produção de raízes, quanto para processamento industrial.

6 REFERÊNCIAS

AGROQUALIDADE. Belo Horizonte: Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A. Disponível em: <<http://www.ceasaminas.com.br/Agroqualidade/1progbrasil.asp>>. Acesso em: 13 jan. 2011.

ALMEIDA, F. J. Incremento no consumo de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 245-246, 2000. Palestra.

ALMEIDA, L. B.; PENTEADO, M. V. C. Carotenóides e valor pró-vitamínico A da mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) consumida em São Paulo. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 52-57, 1987.

AÑES, B.; ESPINOZA, W.; VÁSQUEZ, J. Producción de apio andino em respuesta al suministro de fertilizantes. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 46, n. 2, p. 39-45, 2002.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12. ed. Washington, 1975. 1094 p.

ATWELL, W. A. et al. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods World**, Eagan, v. 33, n. 3, p. 306-311, 1988.

AVELAR FILHO, J. A. de. **Estudo da conservação pós-colheita da mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. 1989. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

BAKER, L. A.; RAYAS-DUARTE, P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, n. 3, p. 301-307, 1998.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 1995, 247 p.

BERMUDEZ, J. J. H. **Valorización de las amiláceas “no-cereales” cultivadas em los países Andinos: Estúdio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistência a diferentes tratamientos estresantes**. 1997. 150 f. Trabajo de finalización de lo curso (Graduación em Ingeniería de Alimentos)-Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Bogotá, Bogotá, 1997.

BILIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents. **Canadian Journal Physiology Pharmacology**, Birmingham, v. 69, n. 1, p. 60-78, 1991.

BILIADERIS, C. G. Structures and phase transitions of starches in food systems. **Food Technology**, Van Buren, v. 45, n. 6, p. 98-145, 1992.

BLANSHARD, J. M. V. Physicochemical aspects of starch gelatinization. In: BLANSHARD, J. M. V.; MITCHEL, J. R. (Orgs.) **Polysaccharides in food**. London: Butterworth and Co. Ltd., 1979. p. 139-152.

BLENNOW, A. et al. The distribution of covalently bound phosphate in the starch granule in relation to starch crystallinity. **International Journal of Biological Macromolecules**, Maryland Heights, v. 27, n. 3, p. 211-218, 2000.

BRASIL. Resolução - CNNPA n. 12, de 24 de julho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 1, 24 jul. 1978. Seção 1.

BUENO, S. C. S. **Produção de mandiquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) utilizando diferentes tipos de propágulos**. 2004. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BUENO, S. C. S. et al. Desempenho de propágulos de mandiquinha-salsa durante o pré-enraizamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 317, 2003. Suplemento 1.

BULÉON, A. et al. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, Maryland Heights, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

CÂMARA, F. L. A. Efeito do substrato e da imersão em IBA sobre o enraizamento de propágulos de mandiquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, n. 1, p. 36-37, 1992.

CÂMARA, F. L. A.; SANTOS, F. F. Cultura da mandiquinha-salsa. In: CEREDA, M. P. et al. (Orgs.). **Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 519-532.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. Mercado de raízes e tubérculos: análise de preços. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 36-44, 2001.

CARRASQUILLA, J. D. Datos para la aclimatación de arracacha en Europa. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, Bogotá, v. 5, n. 20, p. 470-482, 1944.

CARVALHO, R. et al. Comportamento das variedades Bintje e Radosa na obtenção de flocos de batatinha e fritas do tipo “chips”. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 54, p. 135-152, 1997.

CARVALHO, S. **Informações sobre mandiquinha-salsa**. Centro de Informação Agropecuária (Ciagro), Assessoria de Mercado e Comercialização (Asmec); Departamento Técnico Emater – MG (Detec). 2008. Adaptação.

CASALI, V. W. D. Inhame e mandiquinha-salsa: hortaliças alternativas? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 276-277, 1994.

CASALI, V. W. D.; SEDIYAMA, M. A. N. Origem e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 13-14, 1997.

CASALI, V. W. D.; SEDIYAMA, M. A. N.; CAMPOS, J. P. Métodos culturais da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, p. 26-28, 1984.

CASTRO, A. F. **Estudio de retrogradación del almidón presente em lãs tortillas, utilizando diversas técnicas**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Desenvolvimento de Produtos Bióticos)-Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Morelos, 2006.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Massas alimentícias alternativas à base de amido. In: CEREDA, M. P. et al. (Orgs.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 200-219.

CHIEBAO, H. P. **Estudos de conservação de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.)**: efeitos da embalagem, radiação gama e temperatura de armazenamento. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. 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, 1999.

COTTRELL, J. E. et al. Properties of potato starch: effects of genotype and growing conditions. **Phytochemistry**, Maryland Heights, v. 40, n. 4, p. 1057-1064, 1995.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J. A. Physicochemical properties of cassava. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 50, n. 2-3, p. 58-64, 1998.

DOMÍNGUEZ, S. S. et al. **Desarrollo rural desde las personas**. Lima: Red de Agroindustrias Rural del Perú, 2006. 110 p.

DONOVAN, J. W. Phase transitions of the starch-water system. **Biopolymers**, Malden, v. 18, n. 2, p. 263-275, 1979.

ESPINDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1974. p. 650-651.

FERNÁNDEZ-MUÑOZ, J. L. et al. Effect of calcium content in the corn flour on RVA profiles. **Journal of Food Engineering**, Maryland Heights, v. 102, n. 1, p. 100-103, 2011.

FRANCO, C. M. L. **Estudo das características estruturais de amidos**. Relatório final de pesquisa. São José do Rio Preto, 2010. 36 p.

FRANCO, C. M. L.; CABRAL, R. A. F.; TAVARES, D. Q. Structural and physicochemical characteristics of lintnerized native and sour cassava starches. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 54, n. 10, p. 469-475, 2002a.

FRANCO, C. M. L. et al. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 79, n. 2, p. 243-248, 2002b.

FRANCO, C. M. L. et al. Propriedades gerais do amido. In: CEREDA, M. P. et al. (Orgs.). **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002c. 224 p.

FREIRE, F. L. B.; VIEIRA, G. S.; DUARTE, R. M. M. Colheita, classificação e embalagem da cenoura e da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, p. 57-59, 1984.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 32, n. 4, p. 177-191, 1997.

GARCÍA, A.; PACHECO-DELAHAYE, E. Efeito de la temperature sobre la calidad postcosecha del apio criollo. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 57, n. 4, p. 323-330, 2007.

GARCIA, A. M.; WALTER JUNIOR, W. M. Physicochemical characterization of starch from peruvian sweet potato selections. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 50, n. 8, p. 331-337, 1998.

GEDDES, R.; GREENWOOD, C.T.; MACKENZIE, S. Studies on the biosynthesis of starch granules. **Carbohydrate Research**, Maryland Heights, v. 1, n. 1, p. 71-82, 1965.

GIL LEBLANC, R. E. et al. Produção de raízes de mandiocinha-salsa 'Roxa de Viçosa' em função de tipo de muda e do pré-enraizamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 551-552, 2000. Suplemento.

GIL LEBLANC, R. E. et al. Influência do pré-enraizamento e de tipos de mudas sobre a população, crescimento e produção da mandiocinha-salsa "Roxa de Viçosa". **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 1, p. 74-82, 2008.

GIORDANO, L. B. et al. Avaliação de clones de mandiocinha-salsa no Distrito Federal provenientes de sementes botânicas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 2, p. 188-191, 1995.

GONÇALVES, M. F. V. **Tratamento térmico dos amidos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) e de mandiocinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) sob baixa umidade em microondas**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GONZALES, G.; CARRASCO, R. R. Extracción y caracterización del almidón de peruvian carrot (*Arracacia Xanthorrhiza* Bancroft) y su resistencia a tratamientos tecnológicos. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE RAICES Y TUBERCULOS, 2., 2001, Lima. **Anais...** Lima: Universidad Agraria La Molina, 2001. p. 1-12.

GRACIANO, J. D. et al. Efeito da cobertura do solo com cama-de-frango semidecomposta sobre dois clones de mandiocinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 365-371, 2006.

GRANATE, M. J. et al. Seleção de clones precoces e produtivos de mandiocinha-salsa para quatro regiões de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABH, 2006a. p. 1468-1471.

GRANATE, M. J. et al. Efeito da lavagem das raízes de clones de mandioquinha-salsa na perda de massa pós-colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABH, 2006b. p. 2264-2267.

GRANATE, M. J.; SEDIYAMA, M. A. N.; PUIATTI, M. Batata-baroa ou mandioquinha-salsa – *Arracacia xanthorrhiza* Banc. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Orgs.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 137-142.

GRANATE, M. J. et al. Evaluation of commercial root yield of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.) from brazilian germplasm collection. **Journal of Agricultural Sciences Mansoura University**, Mansoura, v. 33, n. 10, p. 7207-7213, 2008.

GRANATE, M. J. et al. **Catálogo de sub-amostras de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.) do banco de germoplasma da UFV**. Viçosa: Arka Editora, 2009. 90 p.

GUERREIRO, L. M. R. **Avaliação de amidos nativos em condições de estresse adaptados ao processamento de alimentos**. 2002. 180 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

HEIMDAL, H. et al. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packages iceberg lettuce. **Journal of Food Science**, Illinois, v. 60, n. 6, p. 1265-1268, 1995.

HENZ, G. P. **Perdas pós-colheita e métodos de manejo da podridão-mole causadas por *Erwinia chrysanthemi* em mandioquinha-salsa**. 2001. 256 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia)-Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2001.

HENZ, G. P. Doenças da mandioquinha-salsa e sua situação atual no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 135-144, 2002.

HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Modernização das embalagens da mandioquinha-salsa e sua comercialização no atacado paulista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 4, p. 815-820, 2004.

HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Formas de apresentação e embalagens de mandiоquinha-salsa no varejo brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 61-67, 2005.

HERMANN, M. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: HERMANN, M.; HELLER, J. (Orgs.). **Andean roots and tubers: ahupa, arracacha, maca and aycon**. Gatersleben: Internation Plant Genetic Resource Institute, 1997. p. 75-172.

HERMINIO, D. B. C. **Produção, qualidade e conservação pós - colheita de mandiоquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) sob adubações mineral, orgânica e biodinâmica**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

HODGE, W. The edible arracacha: a little-know root crop of the Andes. **Economic Botany**, New York, v. 8, n. 3, p. 195-221, 1954.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 45, n. 3, p. 253-267, 2001.

IEMMA, J. **Efeito da radiação gama na conservação da mandiоquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) minimamente processada e embalada a vácuo**. 2001. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

IFT (Institute of Food Technologists). Dietary fiber. **Food Technology**, Van Buren, v. 33, n. 1, p. 35-39, 1979.

ISO (International Organization for Standardization). **Norme internationale: Riz-détermination de la teneur em amylose**. S. l., 1987. 5 p. ISO 66470.

JACOBSON, M. R.; BEMILLER, J. N. Method for determining the rate and extent of accelerated starch retrogradation. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, n. 1, p. 22-29, 1998.

JANE, J.; CHEN, J. F. Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, n. 1, p. 60-65, 1992.

JANE, J. et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999.

JI, Y. et al. Waxy maize starch subpopulations with different gelatinization temperatures. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 57, n. 2. p. 177-190, 2004.

JUNQUEIRA, A. H. Comercialização de hortaliças no varejo. In: WORKSHOP SOBRE MERCADO DE HORTALIÇAS, 1998, Brasília. **Palestra...** Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, 1998. Não paginado.

KARIM, A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry**, Whiteknights, v. 71, n. 1, p. 9-36, 2000.

KIBUUKA, G. K.; MAZZARI, M. R. Isolamento, caracterização físico-química e perspectivas industriais de amido de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 21., 1981, Campinas. **Anais...** Campinas: ABH, 1981. p. 34.

KIM, D. M.; SMITH, N. L.; LEE, C. Y. Quality of minimally processed Apple slices from selected cultivars. **Journal of Food Science**, Illinois, v. 58, n. 5, p. 1115-1117, 1993.

KLUCINEC, J. D.; THOMPSON, D. B. Amylose and amylopectin interact in retrogradation of dispersed high-amylose starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 282-291, 1999.

KRIEGER, K. M. et al. Thermal properties of corn starch extracted with different blending methods: micro blender and homogeneizer. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 74, n. 5, p. 553-555, 1997.

LELOUP, V.; COLONNA, P.; RING, S. G. Studies on probe diffusion and accessibility in amylose gels. **Macromolecules**, Minnesota, v. 23, n. 3, p. 862-866. 1990.

LEON, J. Plantas alimenticias andinas. **Boletín Técnico do Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura**, Lima, n. 6, 1964. 15 p.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; DUARTE FILHO, J. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 49-68, 2005.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S. Isolamento e caracterização do amido de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2008.

LEVANTAMENTO censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo – LUPA 2007/2008. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Coordenadoria de Assistência Técnica Integral/Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/mapaculturas/Mandioquinha.php>>. Acesso em: 18 ago. 2009.

LIM, S.; KASEMSUWAN, T.; JANE, J. Characterization of phosphorus in starch by ³¹P-nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 71, n. 5, p. 488-493, 1994.

LUENGO, R. F. A. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 4 p. (Documento 26).

LULAI, E. C.; ORR, P. H. Influence of potato specific gravity on yield and oil content of chips. **American Journal of Potato Research**, Idaho, v. 56, n. 8, p. 379-390, 1979.

MADEIRA, N. R.; SANTOS, F. F.; SOURA, R. J. Desempenho de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 4, p. 711-718, 2002.

MADEIRA, N. R.; SOUZA, R. J. de. Mandioquinha-salsa: alternativa para o pequeno produtor. **Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras**, Lavras, n. 60, 2004. 72 p.

MATSUGUMA, L. S. **Caracterização do amido de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

MATSUGUMA, L. S. et al. Characterization of native and oxidized starches of two varieties of peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza* B.) from two production áreas of Paraná state, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Paraná, v. 52, n. 3, p. 701-713, 2009.

McPHERSON, A. E.; JANE, J. Comparison of waxy potato with other root and tuber starches. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 40, n. 1, p. 57-70, 1999.

MENEGASSI, D.; LEONEL, M. Efeito da adição de farinha de mandioquinha-salsa nas características de massa alimentícia. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3. p. 13-19, 2005.

MORIKAWA, K.; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour of dispersions for native and chemically modified potato starch. **Food Hydrocolloids**, Maryland Heights, v. 14, n. 4, p. 395-401, 2000.

MORRISON, W. R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, Eagan, v. 40, n. 2, p. 437-446, 1995.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NODA, T. et al. Relationships between chain length distribution of amylopectin and gelatinization properties within the same botanical origin for sweet potato and buckwheat. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 37, n. 2, p. 153-158, 1998.

NORMAS de classificação da mandioquinha-salsa. São Roque: Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. 2002. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/mandioquinha/arquivos/morfologia.html>>. Acesso em: 20 jan. 2011.

NUNES, E. E. **Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada**. 2007. 141 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

NUNES, E. E. et al. Efeito de diferentes temperaturas na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 311-315, 2010.

ONG, T. **Determinação de cinzas em alimentos**. 2010. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/CINZAS%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2010.

PENTEADO, R. L. B. Fibras vegetais na alimentação humana. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 15, n. 3, p. 279-302, 1981.

PEREIRA, A. S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 11-12, 1997.

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

PEREIRA, A. S.; SANTOS, F. F. Processamento industrial da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 56-60, 1997.

PEREIRA, A. S. et al. Inheritance patterns of reducing sugars in potato tubers after storage at 12°C and 4°C followed by reconditioning. **American Journal of Potato Research**, Idaho, v. 70, n. 1, p. 71-76, 1993.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2003.

PORTAL FATOR BRASIL. **Mandioquinha-salsa**: orgânica, saudável e versátil, 2007. Disponível em: <http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=23168>. Acesso em: 03 out. 2008.

PORTZ, A. et al. Avaliação de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) na região de nova friburgo-RJ. **Revista Universidade Rural - Série Ciências Exatas e da Terra, Seropédica**, v. 23, n. 1, p. 9-14, 2003.

PORTZ, A. et al. Teores e acúmulo de nutrientes durante o ciclo da mandioquinha-salsa em função da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 329-333, 2006.

PREÇOS no atacado. São Paulo: Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes/index_html?b_start:int=40&grupo_nome=Legumes&consultar=Consultar&grupo=2&data=14/01/2011>. Acesso em: 14 jan. 2011.

RASPER, V. Investigations on starches from major crops grown in Ghana: III. Particle size and particle size distribution. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 22, n. 11, p. 572-580, 1971.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; SILVA, J. B. C. “Stimulate Mo” e proteção com tecido não tecido no pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 53-56, 2000.

RIBEIRO, R. A. et al. Vida útil e metabolismo de carboidrato em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 453-458, 2007.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, Malden, v. 31, p. 189-207, 1991.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 620-628, 2008.

RODRIGUES, A. C. S. **Aspectos da comercialização da batata-baroa**. Rio de Janeiro: CEASA-RJ, 1998. 8 p.

SANTOS, F. F. et al. Cultivo da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). **Instruções Técnicas**, Brasília, DF, n.10, 1991. Não paginado.

SANTOS, F. F. Características sócio-econômicas no processo de produção de mandioquinha-salsa no Brasil. **Horticultura Brasileira**. Brasília, DF: SOB, v. 11, n. 1, p. 95, 1993. Resumo.

SANTOS, F. F. Mandioquinha-salsa: potencial de uma cultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF: SOB, v. 12, n. 2, 1994.

SANTOS, F. F.; CÂMARA, F. L. A. O cultivo da mandioquinha-salsa *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. **Série Raízes**, Botucatu, n. 1, 1995. 13 p.

SANTOS, F. F. A cultura da mandioquinha-salsa no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 19, n. 190, p. 5-7, 1997.

SANTOS, F. F. Apresentação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 244, 2000. Número Especial.

SANTOS, F. F. Mandioquinha-salsa “Amarela de Senador Amaral”. **Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças**, Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/Mandioquinha.html>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

SANTOS, F. F.; CARMO, C. A. S. do. Introdução. In: SANTOS, F. F.; CARMO, C. A. S. do. (Eds.). **Mandioquinha-salsa: manejo cultural**. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, 1998. p. 11-14.

SASAKI, T.; MATSUKI, J. Effect of wheat starch structure on swelling power. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 75, n. 4, p. 525-529, 1998.

SASAKI, T.; YASUI, T.; MATSUKI, J. Effect of amylose content on gelatinization, retrogradation, and pasting properties of starch from waxy and nonwaxy wheat and their F1 seeds. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 77, n. 1, p. 58-63, 2000.

SAURA CALIXTO, F. D. Fibra dietetic de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos**, Rioja, v. 242, n. 4, p. 57-62, 1993.

SEDIYAMA, M. A. N.; CASALI, V. W. D. Propagação da mandioquinha-salsa por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 21-24, 1997.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Cultura da mandioquinha-salsa ou batata-baroa. **Boletim Técnico da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n. 77, 2005. 28 p.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Efeito da origem e tempo de estratificação das sementes na emergência de plântulas de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 2, p. 26-27, 1990.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Agrosilício na produção de clones de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 427-432, 2009.

SENDER, S. D. et al. Sugar and nonvolatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Illinois, v. 56, n. 4, p. 989-991, 1991.

SHALLENBERGER, R. S.; SMITH, O.; TREADWAY, R. H. Role of the sugars in the browning reaction in potato chips. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Minnesota, v. 7, n. 4, p. 274-277, 1959.

SILVA, H. R. Irrigação da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 42-44, 1997.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M. C. C. L.; CASALI, V. W. Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: histórico e expedições de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 2, p.108-114, 2001.

SILVA, H. R.; SANTOS, F. F. Irrigação. In: SANTOS, F. F.; CARMO, C. A. S. **Mandioquinha-salsa: manejo cultural**. Brasília, DF: EMBRAPA Produção de Informação, 1998. p. 37-43.

SOARES, L. **Melhoramento de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). II – Divergência genética entre clones com base em procedimentos multivariados e estimativas de parâmetros genéticos.** 1991. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

SOMOGYI, M. Determination of blood sugar. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 160, n. 1, p. 69-73, 1945.

SOUZA, J. L. **Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis.** Vitória: EMCAPA, 1998. 176 p.

SRIROTH, K. et al. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 38, n. 2, p. 161-170, 1999.

SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starches. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 37, n. 1, p. 1-5, 1985.

TESTER, R. F. Starch: The polysaccharide fractions. In: FRAZIER, P. J.; RICHMOND, P.; DONALD, A. M. **Starch: Structure and functionality.** London: Royal Society of Chemistry, 1997. p. 163-171.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch structure and digestibility Enzyme-Substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 60, n. 2, p. 186-195, 2004.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches: practical guides for the food industry.** Minnesota: Eagan Press, 1999. 94 p.

TROMBINI, F. R. M. **Caracterização de produtos extrusados de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca.** 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

VIEIRA, F. C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), de batata-doce (*Ipomoea batatas*) e de gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2004, 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VIEIRA, M. C. **Avaliação do crescimento e da produção de clones e efeito de resíduo orgânico e de fósforo em mandioquinha-salsa no estado de Mato Grosso do Sul**. 1995. 146 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

VIEIRA, M. C. et al. Uso de matéria seca de cará e de mandioquinha-salsa na composição da ração para frangos de corte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 1, p. 34-38, 1999.

VILELA, N. J.; MACEDO, M. C. M. Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p. 88-94, 2000.

WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N. Starch. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. St Paul: Eagan Press, 1997. p. 117-151.

YAMIN, F. F. et al. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73 (1). **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 175-181, 1999.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**, Maryland Heights, v. 46, n. 2, p. 179-184, 2001.

ZANIN, A. C. W.; CASALI, V. W. D. Origem e distribuição geográfica e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, p. 9-11, 1984.

7 APÊNDICE

APÊNDICE 1

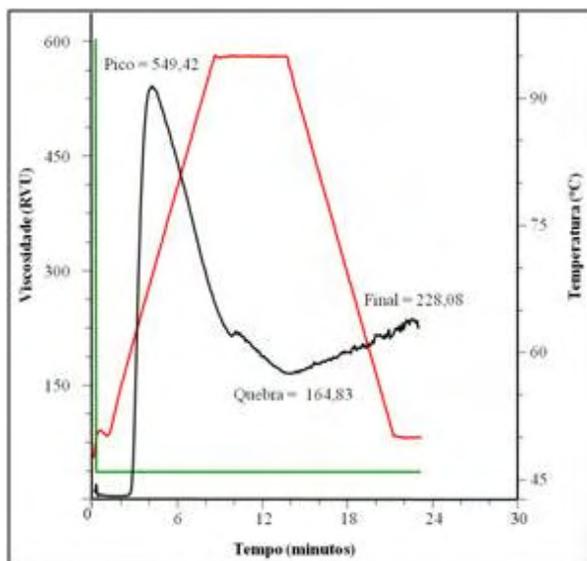


Figura 22. Perfil viscosográfico de BGH 4560

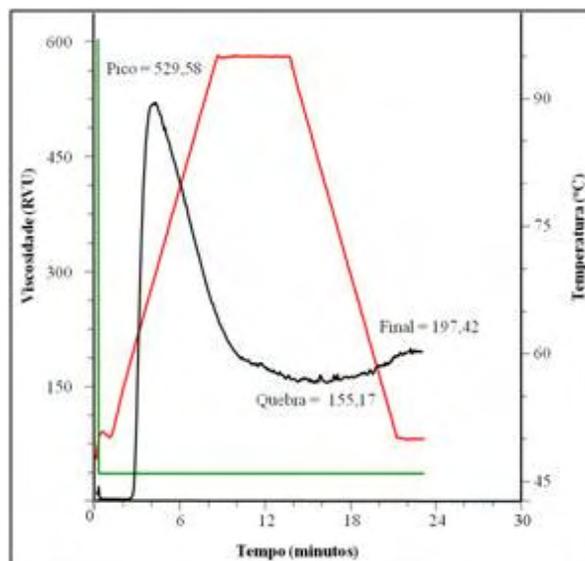


Figura 23. Perfil viscosográfico de BGH 5741

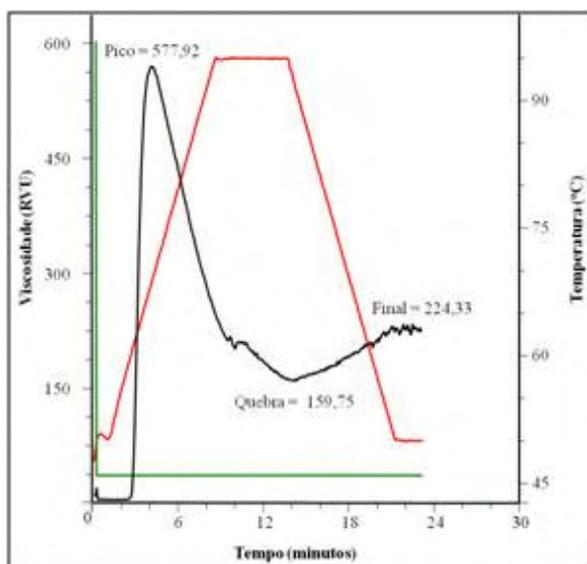


Figura 24. Perfil viscosográfico de BGH 5744

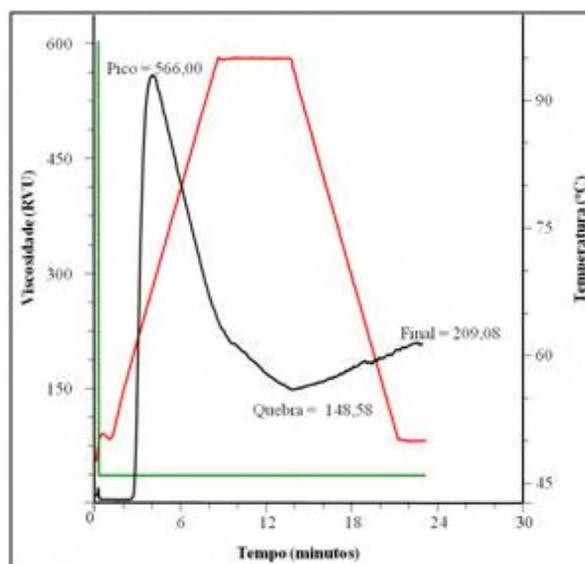


Figura 25. Perfil viscosográfico de BGH 5746

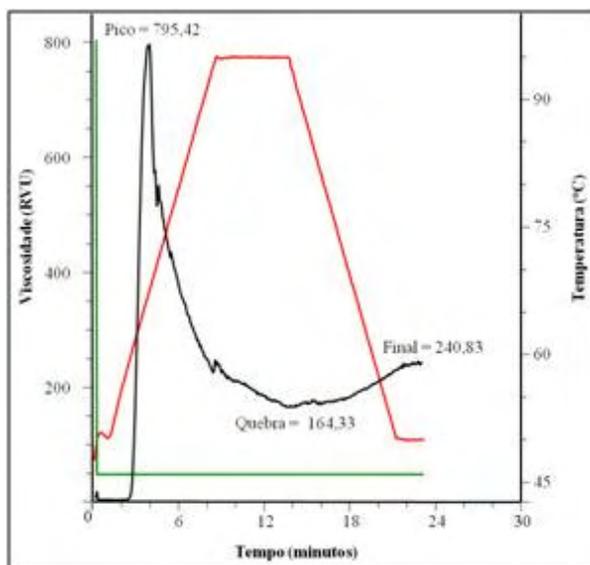


Figura 26. Perfil viscográfico de BGH 5747

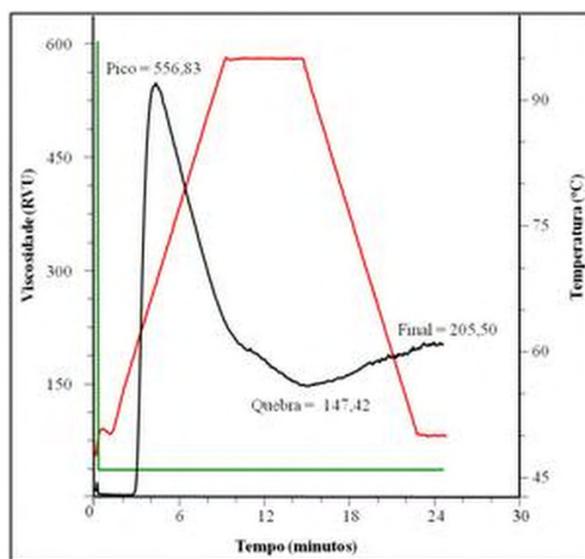


Figura 27. Perfil viscográfico de BGH 6414

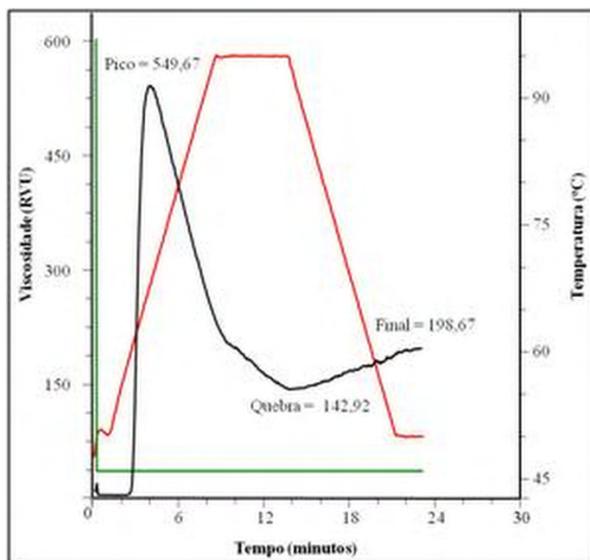


Figura 28. Perfil viscográfico de BGH 6513

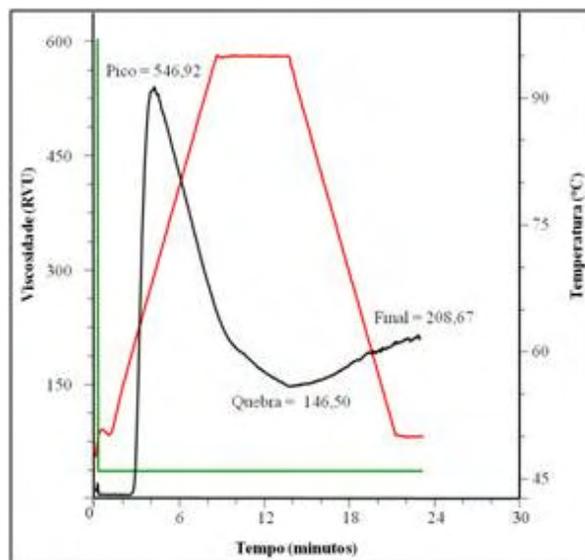


Figura 29. Perfil viscográfico de BGH 6525

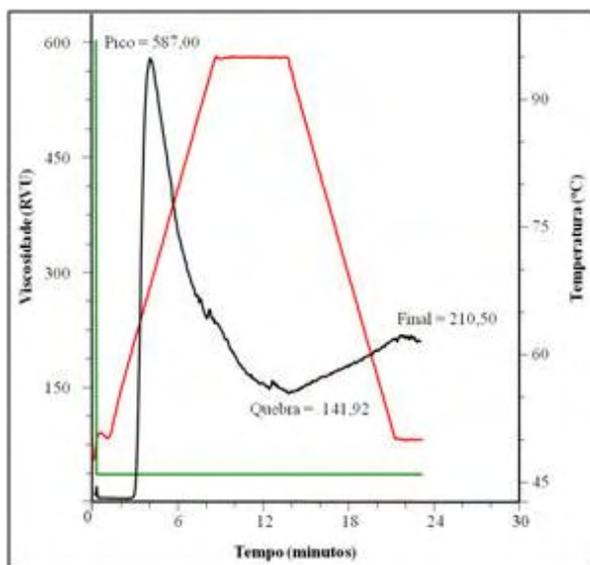


Figura 30. Perfil viscográfico de BGH 7609

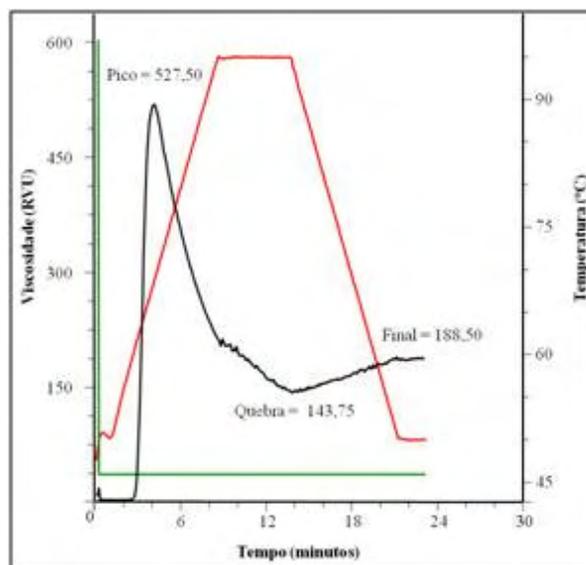


Figura 31. Perfil viscográfico da A.S.A.

APÊNDICE 2

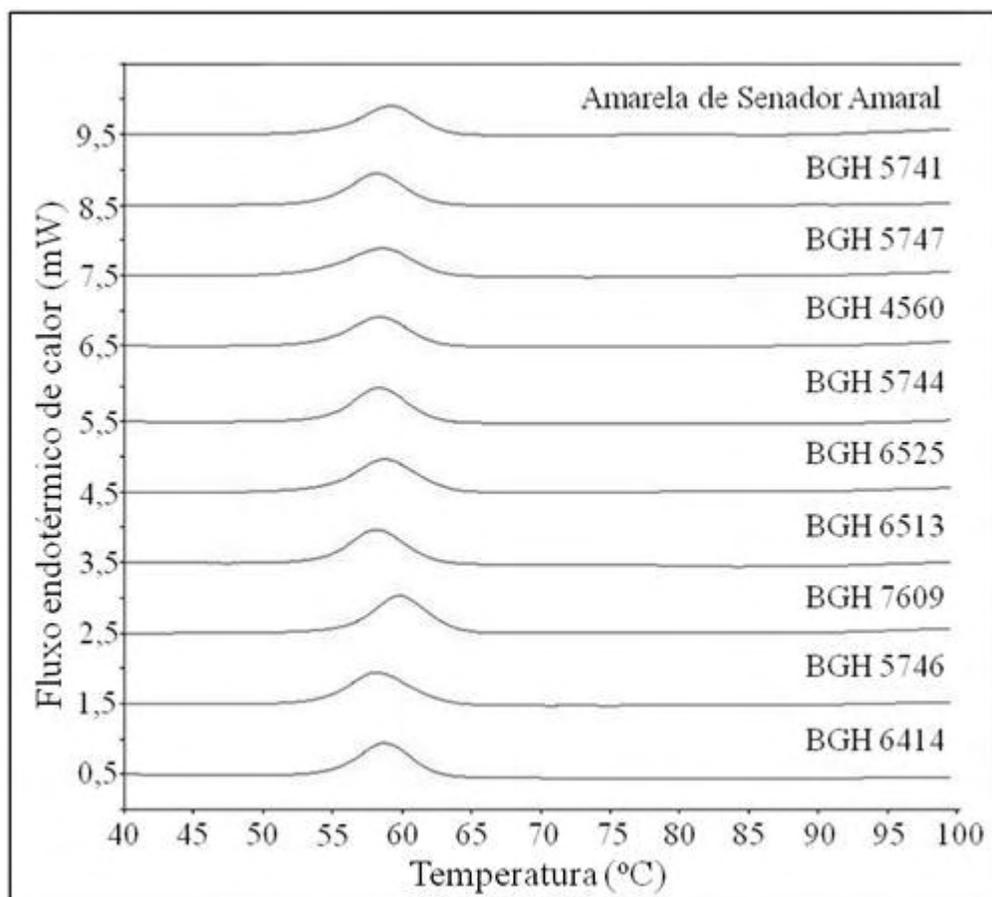


Figura 32. Perfil térmico das féculas na gelatinização, através do Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC).