

**VÂNIA APARECIDA SILVA**

**FISIOLOGIA DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Magister Scientiae"

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS –BRASIL  
2003**

**VÂNIA APARECIDA SILVA**

**FISIOLOGIA DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”

APROVADA: 15 de fevereiro de 2003

---

Prof. Paulo Roberto Mosquim  
(Conselheiro)

---

Prof<sup>a</sup> Nilda de Fátima F. Soares  
(Conselheiro)

---

Dr. Ebenézer de Oliveira Silva

---

Prof<sup>a</sup> Maria Cristina Dantas Vanetti

---

Prof. Rolf Puschmann  
(Orientador)

*“A DEUS  
que me concedeu serenidade necessária para aceitar  
todas as coisas que não pude modificar,  
coragem para modificar aquelas permitidas e sabedoria  
para distinguir umas das outras.”*

*Aos meus pais, Waldeci e Nazaré  
Às minhas irmãs, Vanisse, Vanessa e Valéria  
Ao meu namorado Luiz Antônio.*

*Com amor e carinho, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde e pelas conquistas alcançadas.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial aos seus Departamentos de Biologia Vegetal, Fitotecnia, Microbiologia e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de participar do programa de pós-graduação.

Aos meus pais, pelo amor, pela dedicação, pela compreensão e pela participação, de fundamental importância na conquista deste objetivo.

Às minhas irmãs, pelo carinho, pelo amor, pela força e pela amizade sincera.

Ao Luiz Antônio e família pelo incentivo, pelo carinho e amizade. Ao Luiz Antônio, principalmente, pelo amor.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Ao professor Rolf Puschmann, pela disponibilidade e orientação durante a realização do curso.

Aos professores Paulo Roberto Mosquim e Nilda de Fátima F. Soares pelos conselhos e pela amizade.

Ao Ebenézer de Oliveira e ao Marcelo Carnelossi, pela acolhida, principalmente no início do curso, pelos exemplos de dedicação e de trabalho, pelas sugestões e pela colaboração.

Ao professor Raimundo Santos Barros, pelas sugestões e sobretudo pelas revisões de português e inglês.

Aos estagiários, Rodrigo, Rogério, Talita, André, Laura e Roberta, pela contribuição durante os experimentos.

Aos amigos Érika, Fábio, Adriano e Danieele, pela amizade, mas sem esquecer da grande ajuda.

À professora Maria Cristina Dantas Vanetti, do Departamento de Microbiologia, pela colaboração nas análises microbiológicas.

À professora Valéria Rodrigues Minin, do Departamento de Tecnologia de alimentos, pela colaboração nas análises sensoriais.

Ao professor Fernando Luíz Finger, do Departamento de Fitotecnia, pela colaboração , principalmente nas análises cromatográficas.

Aos técnicos Oswaldo, Reginaldo, José Antônio, Carlos Raimundo e também aos demais funcionários do Departamento de Biologia Vegetal, pelo auxílio e pela amizade.

Ao Departamento de Fitotecnia, em especial à equipe da horta nova, pela cenoura e pelo apoio.

Ao professor José Ivo Ribeiro Junior, do Departamento de Estatística, pela contribuição nas análises estatísticas.

À amiga Vanessa Rebouças dos Santos, pela compreensão , pela ajuda e sobretudo pela convivência e amizade durante o curso.

Aos meus colegas e amigos de curso de Fisiologia Vegetal, pela participação e pela amizade nesta caminhada.

Aos meus familiares e a todos os meus amigos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

## CONTEÚDO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIA</b> .....	9
2.1. Determinação da sequência do processamento mínimo e da concentração de cloro utilizada na sanitização da cenoura ralada .....	9
2.1.1. Resultados .....	11
2.2. Determinação do tempo de centrifugação .....	16
2.2.1. Resultados .....	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
3.1. MATERIAL VEGETAL .....	22
3.2. PROCESSAMENTO MÍNIMO .....	22
3.2.1. Seleção e padronização .....	22
3.2.2. Lavagem .....	22
3.2.3. Descasque, corte, sanitização e enxague .....	23
3.2.4. Centrifugação .....	23
3.2.5. Acondicionamento e armazenamento .....	23
3.3. TAXA RESPIRATÓRIA (TR) E EVOLUÇÃO DE ETILENO (EE) NAS CULTIVARES BRASÍLIA, NANTES E ALVORADA INTACTAS E MINIMAMENTE PROCESSADAS .....	25
3.3.1. Sistema fechado .....	25
3.3.1.1. Cenoura intacta .....	25
3.3.1.2. Cenoura minimamente processada .....	25
3.3.1.3. Composição da atmosfera interna .....	25
3.3.2. Sistema aberto .....	26
3.4. EFEITO DA TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA (TR) EM CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA E INTACTA .....	26
3.4.1. Cenoura intacta .....	26
3.4.2. Cenoura minimamente processada .....	27

3.5. CONSERVAÇÃO DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA EM DIFERENTES EMBALAGENS PLÁSTICAS .....	27
3.5.1. Análise de gases .....	28
3.5.2. Etanol e acetaldeído .....	29
3.5.3. pH, perda de massa fresca e sólidos solúveis .....	30
3.5.4. Intensidade de esbranquiçamento .....	30
3.5.5. Teor de carotenóides totais .....	30
3.6. Análise estatística .....	31
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
4.1. TAXA RESPIRATÓRIA (TR) E EVOLUÇÃO DE ETILENO (EE) NAS CULTIVARES BRASÍLIA, NANTES E ALVORADA INTACTAS E MINIMAMENTE PROCESSADAS .....	32
4.2. EFEITO DA TEMPERATURA NA TAXA RESPIRATÓRIA (TR) EM CENOURA INTACTA E MINIMAMENTE PROCESSADA .....	39
4.2.1. Taxa respiratória em cenoura intacta. ....	39
4.2.2. Taxa respiratória em cenoura ralada .....	41
4.3. CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA EM DIFERENTES TIPOS DE EMBALAGENS PLÁSTICAS .....	44
4.3.1 Concentração de dióxido de carbono e oxigênio .....	44
4.3.2. Concentração de etileno.....	48
4.3.3. Teores de etanol e acetaldeído .....	50
4.3.4. pH.....	54
4.3.5. Perda de massa fresca.....	56
4.3.6. Teores de sólidos solúveis totais.....	58
4.3.7. Índice de esbranquiçamento .....	59
4.3.8. Teores de carotenóides totais .....	62
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## RESUMO

SILVA, Vânia Aparecida, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Fisiologia de cenoura minimamente processada**. Professor Orientador: Rolf Puschmann, Professores Conselheiros: Paulo Roberto Mosquim, Nilda de Fátima F. Soares e José Ivo Ribeiro Junior

O presente trabalho objetivou adaptar uma tecnologia para o processamento mínimo de cenoura ralada e caracterizar as alterações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem durante o armazenamento das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes minimamente processadas, em diferentes tipos de embalagens. Observou-se que a sanitização da cenoura minimamente processada pode ser feita antes ou após o corte, desde que os procedimentos de higienização e sanitização, durante o processamento, sejam rigorosamente estabelecidos e controlados. Constatou-se que uma concentração de 150 ppm de cloro ativo na solução sanitizante foi eficaz em reduzir a contaminação por microrganismos aeróbios mesófilos e não alterou o sabor do produto. O tempo de centrifugação necessário para retirar-se o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe foi estabelecido em 26 s, numa centrifuga doméstica, com uma força centrífuga relativa de 800 *g*, para uma massa de 1,5 kg do produto. Numa centrifuga industrial, com força centrífuga relativa de 647 *g*, observou-se que o tempo de 5 s foi suficiente para massa de 3 kg de cenoura minimamente processada. O processamento mínimo da cenoura fez aumentar a taxa respiratória e a evolução de etileno em aproximadamente o dobro, durante o armazenamento, a 5°C. A elevação da temperatura também levou a um aumento na taxa respiratória. Embalando-se o produto com Polipropileno e poliolefina multicamadas, sob vácuo, os teores de carotenóides, cor e brix foram mantidos, mas a operação não foi eficiente na conservação de cenoura minimamente processada, desde que propiciou condições para fermentação. Nas bandejas em poliestireno expandido, cobertas com filme de polivinilcloro não foi verificada a ocorrência de fermentação do produto, porém a embalagem

apresentou alta permeabilidade ao vapor d'água, o que resultou em maior desidratação e perda de cor. A cultivar Brasília apresentou uma menor taxa respiratória, característica importante para o produto minimamente processado. No entanto, é necessária a avaliação da cultivar em locais diferentes, uma vez que as condições de cultivo podem afetar a qualidade das raízes. Dentre as características intrínsecas a cultivar, constatou-se que a Alvorada apresentou um maior teor de carotenóides e uma cor laranja mais acentuada, durante todo o período de armazenamento. Portanto, a cultivar Alvorada apresenta-se como uma opção para o processamento mínimo, como cultivar de verão, pois esses atributos mantêm a qualidade da cenoura minimamente processada.

## ABSTRACT

SILVA, Vânia Aparecida, M. S., Universidade Federal de Viçosa, February, 2003. **Physiology of minimally processed carrot**. Adviser: Rolf Puschmann, Committee members: Paulo Roberto Mosquim, Nilda de Fátima F. Soares and José Ivo Ribeiro Junior

The present work aimed at adapting a technology for shred carrot and identifying the physiological and biochemical changes occurring during storage of the cultivars Brasília, Alvorada and Nantes of minimally processed carrots in different packing materials. It was observed that the sanitization of minimally processed carrot may be accomplished either before or following cutting provide these phases of processing be well established and controlled. A concentration 150 ppm active chlorine in sanitizing solution sufficed to reduce aerobic mesophylic contamination and did not alter the product taste. The ideal centrifugation time to remove water excess due to sanitization and rinsing was established as 26 s in a household centrifuge with relative centrifugal field 800 *g* for 1.5 kg minimal processed produce. In the industrial centrifuge with relative centrifugal field 647 *g*, the centrifugation time 5 s was efficient for 3 kg minimally processed carrots. The minimum processing caused an increase about two-fold in respiration rate and ethylene evolution at 5°C. Temperature rise also caused an increase in the respiration of minimally processed carrot. Packing with Polypropylene and multiplayer Polyolefine under vacuum maintained the content of carotenoids, color and brix, but were not appropriate for storage of minimally processed carrot because it created conditions for fermentations. If the product were placed in expanded polystyrene covered with Polivinylloride film, no fermentation was observed. However this packing material was highly permeable to water vapour, leading to a high dehydration and discoloration of the carrot. Brasília cultivar exhibited a lower respiration rate, an important feature for minimal processed products. It is necessary however, to conduct assays of this cultivar in other sites, since the cultural conditions may affect the quality of roots. Amongst features of cultivar themselves, the Alvorada showed

greater carotenoid contents, and a deeper orange color during all storage period. Therefore, Alvorada is a good option for minimum processing as a Summer cultivar, since these attributes lead to an increase in quality of minimally processed carrot.

## 1- INTRODUÇÃO

O processamento mínimo de vegetais é uma opção de empreendimento para os produtores pois proporciona agregação de valor, ou seja, melhor preço para a comercialização do produto. Esse segmento da agroindústria pode ser uma alternativa para redução das perdas pós-colheita, além de promover a geração de empregos e aumentar a renda do produtor, possibilitando a fixação de mão de obra nas regiões produtoras.

Os produtos hortícolas minimamente processados vêm obtendo uma crescente participação no mercado de produtos vegetais "*in natura*". Nos Estados Unidos, em 2000, os produtos minimamente processados representaram cerca de dez por cento do mercado de frutas e hortaliças, com uma previsão de aumento para 25%, até o ano de 2005 (CENCI, 2000). No Brasil, os grandes centros possuem um bom potencial para consumo de hortaliças minimamente processadas, devido à expectativa do mercado quanto a aspectos de qualidade e praticidade. Os fornecedores de produtos minimamente processados atingem principalmente, empresas que trabalham com alimentação como hotéis, restaurantes, cozinhas industriais, lanchonetes e redes de supermercados (CHITARRA,1998). A praticidade dos produtos minimamente processados implica principalmente, na redução do tempo para preparo das refeições e na eliminação da necessidade de higienização dos produtos, uma vez que essa etapa é realizada no processamento. Além disso, a conservação refrigerada dos frutos e hortaliças minimamente processados é facilitada, já que o produto embalado adequadamente ocupa menos espaço e facilita seu manuseio.

A cenoura constitui um dos principais produtos utilizados na indústria de processamento mínimo e está entre as hortaliças de maior importância

econômica no Brasil (LANA e VIEIRA, 2000). O estado de Minas Gerais possui um elevado consumo de cenoura, sendo comercializadas anualmente cerca de 48 mil toneladas nos CEASAS - MG. Em São Paulo, 82 mil toneladas são vendidas no CEAGESP, sendo 60% desse montante importados de Minas Gerais (MEIRELLES, 2001). Essa grande utilização de cenoura na dieta alimentar verifica-se em função de seu elevado valor nutritivo, representando uma das principais fontes de provitamina A (RUBATZKY et al., 1999).

A adaptabilidade da cenoura ao processamento pode ser influenciada pelo material genético ou cultivar, em função da variedade de atributos como cor, aroma, sabor, firmeza e resistência à desidratação, dentre outros (ROMIG, 1995). A variabilidade genética entre materiais de cenoura é de especial interesse para o Brasil, onde há carência de informações sobre a qualidade da raiz destinada ao processamento mínimo nas agroindústrias (LANA, 2000).

Dentre as cultivares tradicionalmente utilizadas em várias regiões produtoras, a cultivar Nantes, adaptada às condições de inverno, e a cultivar Brasília, selecionada para plantio no verão, se caracterizam pela presença de miolo claro e, quando inteiras, apresentam boa aceitação pelo consumidor devido às suas formas cilíndricas. No entanto, há carência de registros sobre sua adequação ou qualidade como matéria-prima para o processamento mínimo. A Alvorada, uma nova cultivar de verão, desenvolvida a partir da cv. Brasília, representa uma opção, com grande potencial para utilização no processamento mínimo, uma vez que apresenta alto teor de carotenóides (cerca de 35% superior ao encontrado nas cultivares do grupo Brasília), além de uma intensa coloração interna alaranjada uniformemente distribuída entre o xilema e floema (VIEIRA et al., 2000).

O produto minimamente processado é definido como qualquer fruto ou hortaliça que tenha sido fisicamente alterada, mas permanecendo no seu estado de frescor (IFPA, 1999). O processamento mínimo envolve seleção, lavagem, descascamento, corte, sanitização, centrifugação, embalagem e armazenamento refrigerado de frutas ou hortaliças. Devido ao processamento, o produto minimamente processado apresenta uma vida útil bastante reduzida quando comparado com frutas e hortaliças inteiras (BALDWIN et al., 1995), visto que o processamento causa injúrias mecânicas ou ferimentos (ROLLE e

CHISM, 1987; WILEY, 1994), que induzem ou intensificam respostas fisiológicas e bioquímicas que aceleram as mudanças degradativas que ocorrem naturalmente durante a senescência (BURNS, 1995; AHVENAINEN, 1996).

As alterações no metabolismo de produtos minimamente processados incluem aumento na taxa respiratória e na evolução de etileno (PRIEPKE et al., 1976; ROLLE e CHISM, 1987; BRECHT, 1995). A taxa respiratória de cenoura minimamente processada é o dobro da taxa respiratória verificada em cenoura inteira nas primeiras quatro horas após o processamento, ou até cinco vezes maior, após 30 a 40 horas (CHERVIN e BOISSEAU, 1992). O padrão respiratório varia com o tipo de corte, quais sejam, fatias, palitos ou raladas. Cenouras raladas e palitos apresentaram maiores taxas respiratórias quando comparadas às fatiadas, provavelmente em função das maiores áreas superficiais expostas à injúria (IZUMI et al., 1996). O aumento na taxa respiratória indica maior atividade metabólica e, conseqüentemente, maior velocidade de deterioração em função da perda mais rápida de ácidos orgânicos, açúcares e outros componentes que determinam a qualidade, “flavor” e valor nutritivo do produto (ROLLE e CHISM, 1987; CANTWELL, 2000). Segundo TALCOTT et al. (2001), os principais fatores que determinam o sabor de cenoura minimamente processada são: a concentração de fitoalexinas, a concentração de ácidos orgânicos e o conteúdo de sólidos solúveis que conferem, respectivamente, sabor amargo, adocicado e ácido ao produto.

Os ferimentos causados pelo corte induzem à produção de etileno. Os níveis de etileno produzidos pelo produto minimamente processado podem ser influenciados pela variedade utilizada e condições de armazenamento, como temperatura e embalagem. HOWARD e GRIFFIN (1993) encontraram níveis considerados significativos (em torno de 0,39 ppm) de etileno em cenouras palito armazenadas em embalagens de polietileno de baixa densidade, a 2 °C. No entanto, níveis baixíssimos foram detectados por IZUMI et al. (1996), em cenoura minimamente processada, independentemente do tipo de corte (fatiada, ralada e palito), da temperatura de armazenamento em ar atmosférico (0 °C, 5 °C e 10 °C) e do uso de atmosfera controlada (0,5% O<sub>2</sub> e 10% de CO<sub>2</sub>). A magnitude de resposta à injúria, ou seja, a área de superfície de corte,

também afeta a resposta fisiológica. Em melão Cantaloupe, o corte em pequenos pedaços (0,2 mm) resultou em um grande aumento na produção de etileno, enquanto segmentos maiores (1x2 cm) não diferiram dos frutos intactos, quanto à produção de etileno (CANTWELL, 2000).

O etileno pode estimular muitos processos em plantas, incluindo-se a respiração e a formação de fitoalexinas como a isocumarina. Essa fitoalexina está associada ao desenvolvimento do sabor amargo em cenoura (CARLTON et al., 1961). Fatores como corte, altas temperaturas e altas concentrações de etileno estimulam rápida formação de isocumarina. Em cenouras inteiras e fatiadas expostas a 0,5 ppm de etileno, ocorre a produção de níveis detectáveis sensorialmente de isocumarina (LAFUENTE et al., 1996), sendo a taxa de acumulação maior em cenouras imaturas, quando comparadas às cenouras maduras. Os ferimentos nos tecidos vegetais, causados pelo processamento mínimo, podem induzir aumento do metabolismo secundário que, possivelmente, está relacionado com o processo de cicatrização ou de defesa contra o ataque de microrganismos (BRECHT, 1995; RUBATZKY et al., 1999). As classes desses compostos secundários incluem fenilpropanóides, fenólicos, flavonóides, terpenóides, alcalóides, taninos, glucosinolatos, ácidos graxos de cadeia longa e álcoois (TAIZ e ZEIGER, 1991; BUCHANAN et al., 2000). Esses compostos podem afetar algumas propriedades organolépticas de cenouras frescas e processadas, diminuindo a vida útil e modificando os atributos sensoriais importantes para o mercado consumidor. Dentre os compostos fenólicos produzidos por cenouras sob condições de estresse como frio, injúria ou exposição a etileno, o ácido clorogênico é o que predomina. Um aumento no conteúdo de fenólicos, principalmente de ácido clorogênico, foi verificado em cenoura ralada armazenada, em ar atmosférico, a 4°C (BABIC et al., 1993), sendo as concentrações variáveis em função da variedade e condições de cultivo. Os compostos fenólicos de cenoura podem ser bons indicadores de cultivares apropriadas para armazenamento refrigerado e para utilização no processamento mínimo (RUBATZKY et al., 1999).

A maior exposição dos tecidos de cenoura, ocasionada pelo corte, pode afetar também os teores de carotenóides no produto. A degradação de carotenóides pode ocorrer em alimentos processados, porquê esses pigmentos são sensíveis ao pH do meio, ao oxigênio, à luz e calor, ou à combinação

desses (LI e BARTH, 1998). Nas hortaliças e frutas intactas, a estrutura celular e a complexação com proteínas conferem aos carotenóides uma certa estabilidade.

A vida de prateleira e aceitabilidade de cenoura minimamente processada é limitada pela descoloração ou esbranquiçamento, que se desenvolve na superfície, tornando a aparência do produto com aspecto envelhecido. A ausência da epiderme protetora e a danificação das células tornam as cenouras mais vulneráveis à descoloração. O esbranquiçamento dos tecidos é resultado da desidratação e lignificação da superfície injuriada (BOLIN e HUXSOLL, 1991; CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1995). Assim, o mecanismo de esbranquiçamento inclui respostas físicas e fisiológicas aos ferimentos. A resposta física é refletida em uma mudança de cor devida à desidratação superficial, que inicialmente é reversível. O esbranquiçamento devido à desidratação aumenta com o tempo e com a diminuição da umidade relativa do ar, evidenciando a necessidade de controle das condições de armazenamento.

Com o tempo de armazenamento, uma outra possível resposta fisiológica ocorre envolvendo a ativação do metabolismo de compostos fenólicos e síntese de lignina, caracterizando uma mudança irreversível na cor da cenoura. A ativação do metabolismo de fenóis é influenciada por fatores tais como: atmosfera de armazenamento ( $O_2$  e  $CO_2$ ), etileno, severidade do ferimento, cultivar, temperatura e outros fatores que poderiam afetar a expressão de genes ou atividade das enzimas envolvidas na biossíntese de lignina (BOLIN e HUXSOLL, 1991; TATSUMI et al., 1993). HOWARD e GRIFFIN (1993) quantificaram o aumento de lignina e compostos fenólicos e obtiveram alta correlação entre aumento da atividade da fenilalanina-amônia liase e peroxidase com o índice de esbranquiçamento em cenouras palito armazenadas a 2°C.

Outro aspecto importante a ser considerado é o aumento dos riscos de contaminação e de crescimento microbiano, uma vez que, durante o processamento do produto, as operações de descasque e corte tornam os tecidos internos expostos à contaminação, liberando suco celular com nutrientes, que fomentam o crescimento mais rápido de populações microbianas. Além disso, por meio da manipulação envolvida durante o

processamento pode ocorrer a introdução de um número e variedades de microrganismos, que geralmente não estão presentes no produto não-processado (ROSA e CARVALHO, 2000). Portanto, a sanitização é uma etapa de relevância no processamento mínimo, uma vez que a segurança microbiológica do produto deve ser garantida.

O cloro é o sanitizante mais utilizado em produtos minimamente processados, pois tem atividade sob temperaturas baixas, deixa resíduos mínimos e pode ser adquirido por um custo relativamente baixo (SCHMIDT, 1998). Os compostos à base de cloro são germicidas que reagem com as proteínas da membrana de células microbianas, formando compostos cloroaminas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo perda dos componentes celulares. O ácido hipocloroso pode penetrar na célula microbiana e oxidar grupos sulfidrílicos de enzimas-chave, interferindo no metabolismo celular e resultando na morte da célula. O cloro também tem efeito letal, agindo no DNA da célula microbiana, oxidando as moléculas de purinas e pirimidinas (SCHMIDT, 1998). Alguns fatores como pH, temperatura, matéria orgânica e concentração do sanitizante, sozinhos ou combinados, irão determinar a ação antimicrobiana da solução sanitizante à base de cloro (BANWART, 1989).

Para prevenirem-se ou retardarem-se as alterações mecânicas, bioquímicas e microbiológicas a que os produtos minimamente processados estão sujeitos, a combinação de métodos de preservação apresenta-se como a melhor alternativa para estender-se a vida de prateleira desses produtos (WILEY, 1994). O manejo da temperatura e umidade relativa, associado ao uso de embalagens adequadas, pode estender potencialmente a vida útil de cenoura minimamente processada (BARRY-RYAN et al., 2000). A utilização de baixas temperaturas é fator determinante da extensão de vida de prateleira de produtos minimamente processados e das suas taxas de deterioração, pois é um método efetivo em reduzir-se a atividade enzimática. Além de reduzir o metabolismo do produto, diminuindo sua taxa respiratória, as baixas temperaturas retardam outros processos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos causadores de deterioração e reduzem o risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos (BRECHT, 1995). As reações

metabólicas são reduzidas duas a três vezes para cada decréscimo de 10°C na temperatura (BRECHT, 1995).

O estabelecimento de uma atmosfera apropriada está relacionado às características respiratórias do produto, bem como à permeabilidade do filme plástico utilizado (CARLIN et al.,1990). A respiração em plantas é caracterizada pelo metabolismo oxidativo de açúcares e ácidos orgânicos a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, com concomitante produção de energia. O uso de atmosfera modificada pode diminuir o metabolismo oxidativo, ou seja, consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub>. Quando a cenoura ralada foi acondicionada em filmes menos permeáveis a gases (permeabilidade a O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> próxima a 6.000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia/atm), a taxa respiratória foi reduzida para 3 a 11%, quando comparada à taxa respiratória observada nos cortes mantidos ao ar, e o alto quociente respiratório indicou mudança do metabolismo para respiração anaeróbia (CARLIN et al.,1990). Outro indicativo de ocorrência de respiração anaeróbia é a ocorrência de etanol e acetaldeído nos tecidos, resultantes da fermentação etanólica, que pode ocorrer em tecidos vegetais em atmosfera com baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos níveis de CO<sub>2</sub>. O etanol é provavelmente o principal produto da fermentação dos tecidos de plantas superiores sob deficiência de O<sub>2</sub> e é produzido pela ação seqüencial das enzimas piruvato descarboxilase e álcool desidrogenase, que são induzidas em tecidos sob deficiência de O<sub>2</sub> (SOUSA e SODEK, 2002). KATO-NOGUCHI e WATADA (1997) verificaram que atmosfera com concentrações de O<sub>2</sub> de 0,5% e 2,0% propiciou um aumento da concentração de etanol e acetaldeído em tecidos de cenoura ralada, alterando as características sensoriais do produto. A fermentação induzida por baixos níveis de O<sub>2</sub> ou excessivas concentrações de CO<sub>2</sub> pode resultar na geração de odores e sabores desagradáveis (BEAUDRY, 1999), devido ao aumento da síntese de etanol e acetaldeído e outros voláteis, como acetato de etila e ésteres metílicos (SMYTH et al., 1999). A baixa pressão parcial de oxigênio também pode promover o crescimento de microrganismos anaeróbios patogênicos, tais como *Clostridium botulinum* (BANWART, 1989).

Quando armazenada em filme de alta permeabilidade a O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (22.000 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia/atm), a cenoura foi mantida por período maior e foram observadas reduções do vazamento de eletrólitos, da produção de etanol e do crescimento de bactérias que realizam fermentação ácido láctica (CARLIN et al.,

1990). No entanto, filmes plásticos altamente permeáveis favorecem a alta taxa respiratória, com mais rápido consumo de carboidratos (CARLIN et al., 1990; BARRY- RYAN et al., 2000).

Vários tipos de embalagens, comercialmente disponíveis, são utilizados para produtos minimamente processados, incluindo as embalagens: PVC (polivinil cloreto), PP (Polipropileno) e embalagens com alta barreira a gases, sob vácuo (CANTWEEL, 2000, MORETTI, 2001). No entanto, a adequação das embalagens depende do tipo de produto e de fatores que afetam sua taxa respiratória, como cultivar, etapas do processamento, além das condições de armazenamento como temperatura e umidade relativa (SODE e KUHN, 1998).

Neste contexto, o presente trabalho objetivou o estudo dos efeitos bioquímicos e fisiológicos das operações do processamento mínimo em cenoura ralada, de modo a obter-se uma metodologia mais adequada ao processamento mínimo. Outra finalidade consistiu na caracterização das alterações fisiológicas e bioquímicas que ocorrem nas cultivares Brasília, Alvorada e Nantes de cenoura minimamente processada durante o período de armazenamento nas embalagens Poliolefina multicamadas sob vácuo (MC), PP e PVC. Essa caracterização forneceu subsídios para averiguar-se a adequação destas embalagens ao acondicionamento de cenoura minimamente processada.

## **2- ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIA**

### **2.1- Determinação da seqüência do processamento mínimo e da concentração de cloro utilizada na sanitização da cenoura ralada**

Após a seleção, lavagem em água corrente, retirada das extremidades e descasque das raízes, a seqüência das etapas de corte e sanitização adotadas no processamento mínimo de cenoura foi determinada a partir dos seguintes tratamentos:

CSE : Corte – Sanitização – Enxágüe, sendo a sanitização realizada em soluções sanitizantes com concentrações de 0,100,150, 200 ppm de cloro ativo.

SCE: Sanitização – Corte – Enxágüe, sendo a sanitização realizada em soluções sanitizantes com concentrações de 0,100,150, 200 ppm de cloro ativo.

Para a sanitização utilizou-se o produto comercial à base de cloro para verduras e frutas (Sumaveg<sup>®</sup> -Diversey Lever). Esse sanitizante tem como princípio ativo o dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada. Amostras de cenoura intacta ou ralada (acondicionada em sacos de nylon) foram imersas na solução sanitizante por um período de 10 min. Na etapa de enxágüe o produto foi imerso, pelo mesmo período de 10 min, em água tratada com Sumaveg<sup>®</sup> na concentração de 0,01%, ou seja, 3 ppm de cloro ativo.

A escolha da seqüência de processamento foi baseada nos resultados de redução da microbiota aeróbia mesófila contaminante, da concentração do cloro livre residual e do pH final da solução sanitizante após a sanitização e do teste de aceitação do produto final. O experimento foi realizado com três repetições e as medidas em duplicatas.

A análise da microbiota aeróbia mesófila foi realizada em porções de 25 g do material vegetal coletado ao final de cada tratamento, pesadas assepticamente e trituradas, em copos esterilizados de liquidificador. O homogenato foi preparado com adição de 225 mL de água peptonada (Merck)

a 0,1%, em liquidificador Walitta<sup>®</sup> (Brasil) à velocidade máxima. Em seguida, foram feitas diluições decimais apropriadas, para se obterem contagens em placas entre 25 e 250 colônias.

A contagem padrão de aeróbios mesófilos foi feita em ágar padrão para contagem-PCA (Merck), utilizando-se a técnica de plaqueamento em superfície, após incubação a  $35 \pm 2$  °C, por 48 horas (SWANSON et al., 1992). Os resultados foram expressos em log de UFC/g de cenoura minimamente processada; em que: UFC= unidade formadora de colônia.

A concentração de cloro livre na solução sanitizante foi determinada antes e após a sanitização utilizando-se a técnica de titulação com solução acidificada de iodeto de potássio a 15%, utilizando-se uma solução padrão de tiosulfato de sódio 0,1N (AOAC, 1984).

Os resultados da contagem padrão de aeróbios mesófilos foram submetidos à análise de variância e o delineamento foi em blocos casualizados com duas repetições em esquema de parcelas subdivididas, com fator seqüência, com dois níveis (1= CSE e 2= SCE), casualizados nas parcelas e o fator concentração, com quatro níveis (0,100,150,200), casualizados nas subparcelas. Para as variáveis pH e cloro ativo da solução sanitizante foram utilizadas três repetições no delineamento inteiramente casualizado, também no esquema de parcelas subdivididas. Para o fator seqüência foi aplicado o teste F, a 5% de probabilidade, dentro de cada concentração e, para o fator concentração foi realizada análise de regressão dentro de cada tipo de seqüência, a 5% ou 1% de probabilidade.

O teste de aceitação sensorial quanto ao sabor foi feito no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, logo após o processamento mínimo da cenoura, utilizando-se um grupo de 71 julgadores não-treinados, que constituíram as repetições num delineamento em blocos casualizados de um experimento fatorial com dois níveis do fator seqüência e quatro níveis do fator concentração. Cada julgador recebeu uma bandeja contendo 25 g de amostra referente a cada tratamento, num total de oito amostras por julgador, correspondentes às diferentes sequências das etapas do processamento mínimo combinadas com as diferentes concentrações de cloro. Em virtude do grande número de tratamentos para a realização da análise sensorial, eles

foram distribuídos ao acaso, em dois dias experimentais. As amostras foram analisadas quanto à aparência (sala aberta) e sabor (cabines individuais). Cada julgador preencheu uma ficha com categorias da escala hedônica, variando de um a nove pontos, referentes, respectivamente, aos termos hedônicos “desgostei extremamente” a “gostei extremamente” .

### **2.1.1- Resultados**

A contagem de colônias de microrganismos aeróbios mesófilos encontradas nas menores diluições utilizadas foi abaixo do limite estabelecido pela técnica de contagem de colônias em placas, o que levou a uma estimativa desses contaminantes. Os procedimentos de higienização dos equipamentos e o manuseio adequado do produto durante o processamento foram rigorosamente controlados, o que pode ter reduzido consideravelmente a contaminação microbiana. No entanto, foi possível observar-se uma redução linear ( $P < 0,01$ ) no número de ciclos logaritmos, à medida que a concentração de cloro ativo aumentou em ambas as seqüências de processamento (Quadro 1). Essa redução no número de bactérias aeróbias mesófilas foi de, aproximadamente, um ciclo logaritmo, quando se utilizou  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  de cloro durante a sanitização (Quadro 1). Resultados semelhantes foram obtidos por BITTENCOURT (2000) em amostras de couve minimamente processada, que encontrou uma diminuição de 1,2 a 2 ciclos log no número de bactérias aeróbias mesófilas, na etapa de sanitização. Um menor eficiência de sanitização foi encontrada por AMANATIDOU et al. (2000), em cenoura em rodela, em que a sanitização foi feita com  $200 \text{ mg.L}^{-1}$  de cloro ativo, e promoveu uma redução de apenas 0,4 ciclo logaritmo na carga microbiana das amostras, em relação ao produto não sanitizado. Esses valores discrepantes podem ser explicados por ZHANG e FARBER (1996) que mostraram que a eficácia do cloro é influenciada pelo tipo de hortaliça e pela temperatura da solução.

Quadro 1- Médias do logaritmo da contagem de aeróbios mesófilos da cenoura após ser submetida a seqüências de corte precedente a sanitização e enxague (CSE) e corte e enxague após a sanitização (SCE), em soluções com as concentrações de 0, 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo inicial

Seqüência	Cloro, mg.L <sup>-1</sup>			
	0	100	150	200
CSE	3,63 a	3,00 b	2,95 a	2,50 b
SCE	3,59 a	3,45 a	2,99 a	2,86 a
CSE	$\hat{Y} = 3,61886 - 0,00533429^{**}C$ e $R^2 = 0,9598$			
SCE	$\hat{Y} = 3,65771 - 0,00386857^{**}C$ e $R^2 = 0,8794$			
CV (Parcelas) = 2,80%		CV (Subparcelas) = 4,16%		

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P > 0,05)

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01)

O teste de aceitação com base na aparência e sabor foi realizado imediatamente após o processamento mínimo. A contaminação inicial de mesófilos aeróbios em todos os tratamentos, inclusive quando não foi adicionado cloro à solução, foi baixo, quando comparado à contagem de 6,7 log UFC g<sup>-1</sup>, usualmente encontrada nas cenouras minimamente processadas industrialmente (CHERVIN e BOISSEAU,1992), o que permitiu a condução da análise sensorial.

Com relação à aparência do produto, não houve diferença (P>0,05) de aceitabilidade entre as seqüências do processamento e entre as diferentes concentrações de cloro utilizadas. Os conceitos emitidos pelos provadores apresentaram valor médio de 7 da escala hedônica, referente ao termo “gostei moderadamente” (Quadro 2). Os conceitos situaram em torno de 6 para o sabor que corresponde ao termo “gostei ligeiramente”. Apenas as amostras sanitizadas com 200 mg L<sup>-1</sup> de cloro ativo após o corte, apresentaram menor aceitabilidade (P<0,05), quando comparadas às amostras sanitizadas com a mesma concentração de cloro antes do corte (Quadro 3). Isso pode ser atribuído ao fato de que altas concentrações de hipoclorito podem causar descoloração do produto, além do odor e sabor desagradáveis, quando em contato direto com alimentos. AMANATIDOU et al. (2000) comparando diferentes métodos de sanitização para cenoura minimamente processada, verificaram que a concentração de 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo provocou o

desenvolvimento de sabor amargo e esbranquiçamento dos tecidos de cenoura .

Quadro 2- Médias de aparência da cenoura após ser submetida a seqüências de corte precedente à sanitização e enxague (CSE), e corte e enxague após a sanitização (SCE) em soluções com as concentrações de 0, 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup>de cloro ativo inicial

Seqüência	Cloro, mg.L <sup>-1</sup>			
	0	100	150	200
CSE	7,21 a	7,28 a	7,24 a	7,14 a
SCE	7,34 a	7,14 a	7,00 a	7,01 a
CSE	$\bar{Y} = 7,22$			
SCE	$\bar{Y} = 7,12$			

CV=14,25%

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P > 0,05)

Quadro 3- Médias do sabor da cenoura após ser submetida a seqüências de corte precedente à sanitização e enxague (CSE) e corte e enxague após a sanitização (SCE) em soluções com as concentrações de 0, 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup>de cloro ativo inicial

Seqüência	Cloro, mg.L <sup>-1</sup>			
	0	100	150	200
CSE	6,87 a	6,44 a	6,87 a	6,08 b
SCE	6,89 a	6,70 a	6,70 a	6,77 a
CSE	$\bar{Y} = 6,57$			
SCE	$\bar{Y} = 6,77$			

CV= 19,77%

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F(P > 0,05)

Verificou-se que em todas concentrações de cloro ativo, o pH final da solução sanitizante na seqüência CSE foi significativamente menor, quando comparado ao pH final na seqüência SCE (Quadro 4). Observou-se também que o pH, após a sanitização, diminui linearmente (P<0,01) com o aumento da concentração de cloro em ambas as seqüências do processamento, sendo essa redução mais pronunciada no tratamento CSE (Quadro 4). Esses menores valores de pH na solução sanitizante do tratamento CSE verificaram-se em função da maior liberação de suco celular da cenoura. Conforme observado nos tratamentos CSE controle, a liberação do suco celular pode

causar uma redução do pH final em relação ao pH inicial (Quadro 4). Essa redução nos valores de pH é suficiente para aumentar substancialmente a concentração do ácido hipocloroso não dissociado e, portanto, causar uma acidificação adicional da solução sanitizante no tratamento CSE. De acordo com BANWART et al. (1989), a quantidade de ácido hipocloroso na solução varia em função do pH e, em valores de pH próximo a 6,5, 90% de todo o cloro da solução encontra-se na forma ativa de ácido hipocloroso, enquanto, em pH igual a 7, apenas 75% está na forma de ácido hipocloroso.

Quadro 4- Médias de pH inicial e final da solução sanitizante das seqüências de CSE e SCE nas concentrações de 0, 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo inicial

pH inicial				
Cloro, mg.L <sup>-1</sup>				
Seqüência	0	100	150	200
CSE	7,16 a	7,06 a	7,02 a	6,81 a
SCE	7,10 a	6,99 a	6,93 a	6,91 a
CSE	$\bar{Y} = 7,01$			
SCE	$\bar{Y} = 6,98$			
CV (Parcelas) = 1,40%		CV (Subparcelas) = 1,85%		

pH final				
Cloro, mg.L <sup>-1</sup>				
Seqüência	0	100	150	200
CSE	6,88 b	5,93 b	5,73 b	5,82 b
SCE	7,05 a	6,86 a	6,82 a	6,59 a
CSE	$\hat{Y} = 6,72576 - 0,00563773^{**}C$ e $R^2 = 0,8220$			
SCE	$\hat{Y} = 7,06681 - 0,00211847^{**}C$ e $R^2 = 0,9213$			
CV (Parcelas) = 3,59%		CV (Subparcelas) = 0,91%		

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P > 0,05)

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01)

Comparando-se as concentrações de cloro residual nas soluções sanitizantes utilizadas nas seqüências CSE e SCE, observou-se que na seqüência CSE, a concentração de cloro residual foi muito menor (Quadro 5). O cloro residual nas soluções sanitizantes com 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup> iniciais atingiram valores próximos de 33, 57 e 66 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente, correspondendo a uma redução de, aproximadamente, 65% em média para

todas as concentrações na sequência CSE (Quadro 5). Nesse contexto, também foi observado que a concentração de cloro residual nas soluções sanitizantes é maior quanto maior a sua concentração inicial. A sanitização da cenoura inteira, minimizando a liberação do suco celular pode ter resultado na maior concentração de cloro residual em todos tratamentos SCE (Quadro 5).

A eficácia do cloro é diretamente dependente do pH do meio e da concentração de cloro livre, que é afetado pela temperatura e pela matéria orgânica presente na solução. Os compostos clorados, quando em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso que em contato com a matéria orgânica é inativado (BANWART, 1989). Portanto, nos tratamentos em que o corte precedeu a sanitização, a presença de matéria orgânica no exsudato celular, resultante do corte, pode ter complexado grande parte do cloro ativo presente nas soluções sanitizantes, diminuindo assim a concentração de cloro residual.

Quadro 5- Médias da concentração de cloro inicial e residual final da solução sanitizante das seqüências de CSE e SCE nas concentrações de 0, 100, 150 e 200 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo inicial

Cloro inicial, mg.L <sup>-1</sup>			
Seqüência	100	150	200
CSE	95,48 a	157,54 a	217,21 a
SCE	106,73 a	160,40 a	207,67 a
CSE	$\hat{Y} = -25,8588 + 1,21735^{**}C$ e $R^2 = 0,9999$		
SCE	$\hat{Y} = 6,86462 + 1,00935^{**}C$ e $R^2 = 0,9987$		
CV (Parcelas) = 6,53%		CV (Subparcelas) = 7,74%	
Cloro final, mg.L <sup>-1</sup>			
Seqüência	100	150	200
CSE	33,12 b	57,52 b	66,14 b
SCE	95,75 a	140,25 a	184,16 a
CSE	$\hat{Y} = 2,72193 + 0,330258^{**}C$ e $R^2 = 0,9292$		
SCE	$\hat{Y} = 7,43275 + 0,884136^{**}C$ e $R^2 = 1$		
CV (Parcelas) = 8,38%		CV (Subparcelas) = 5,02%	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P > 0,05)

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01)

Com base nos resultados apresentados, as duas seqüências do processamento SCE e CSE podem ser adotadas, desde que sejam consideradas algumas observações. A sanitização antes do corte requer

cuidados rigorosos com a higienização dos equipamentos, principalmente com os cortadores. De acordo com GARG et al. (1990), os cortadores são os equipamentos mais seriamente cotados como local de crescimento microbiano em uma unidade de processamento. Assim, o manuseio durante o corte pode facilitar a introdução de uma grande quantidade e variedade de microrganismos. A sanitização dos equipamentos deve ser feita constantemente, de forma que não permaneçam restos de produto processado no cortador, o que pode aumentar o risco de contaminação microbiana. Esse procedimento torna-se trabalhoso em uma indústria de processamento mínimo, onde se processa em larga escala. Por outro lado, a manutenção do teor de cloro ativo nas soluções permite sugerir a reutilização das mesmas para a sanitização de outros lotes do produto.

Para a opção de sanitizar-se a cenoura minimamente processada após o corte, a higienização dos equipamentos também deve ser estabelecida, mas o risco microbiológico é menor, uma vez que o produto será menos manipulado após a sanitização. No entanto, a diminuição do cloro residual impede a reutilização da solução sanitizante.

O aumento da concentração de cloro foi efetivo em reduzir a contaminação microbiana, mas quando se utilizou a concentração de 200 mg.L<sup>-1</sup>, verificou-se uma alteração no sabor. Portanto, através da análise conjunta destes fatores, optou-se para a continuidade dos experimentos, pela seqüência na qual a cenoura é ralada antes da sanitização, à concentração de 150 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo.

## **2.2- Determinação do tempo de centrifugação**

Cenouras previamente selecionadas foram lavadas em água corrente, retiradas as suas extremidades, descascadas manualmente e raladas (2 mm de espessura) em um processador para vegetais (Robout Coup). Amostras de cenoura ralada foram acondicionadas em sacos de nylon, sanitizadas (150 mg.L<sup>-1</sup> cloro ativo) e enxaguadas (3 mg.L<sup>-1</sup> de cloro ativo) a 5°C, por um período de 10 min. Posteriormente ao enxágüe, o tempo mais adequado de centrifugação da cenoura minimamente processada foi determinado, conforme descrito a seguir:

Utilizando-se de uma centrífuga doméstica (Arno), com velocidade angular máxima média de 2400 rpm (800 g, sem carga), o tempo mais adequado para a centrifugação de uma massa de 1500 g de cenoura minimamente processada, foi determinado por meio da variação do período (10, 15, 20, 30, 40 e 60 s) de centrifugação.

Para a determinação do tempo de centrifugação de uma massa de 3 kg de cenoura minimamente processada, utilizou-se uma centrífuga industrial (Hergus CT 10HL) com velocidade angular média de 1700 rpm (equivalente a 647 g). Nessa centrífuga foram testados os tempos de centrifugação de 2, 3, 4, 5, 10 15 e 20 s.

Antes e após a centrifugação, foram determinados a massa, por gravimetria, o teor de sólidos-solúveis totais (°Brix), por refratometria, a temperatura do produto foi medida com auxílio de um termômetro infravermelho e a taxa respiratória por cromatografia gasosa.

Nos experimentos com ambas as centrífugas, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com duas repetições e foi realizada uma análise de regressão a 5% ou 1% de probabilidade, em função dos tempos de centrifugação.

### **2.2.1- Resultados**

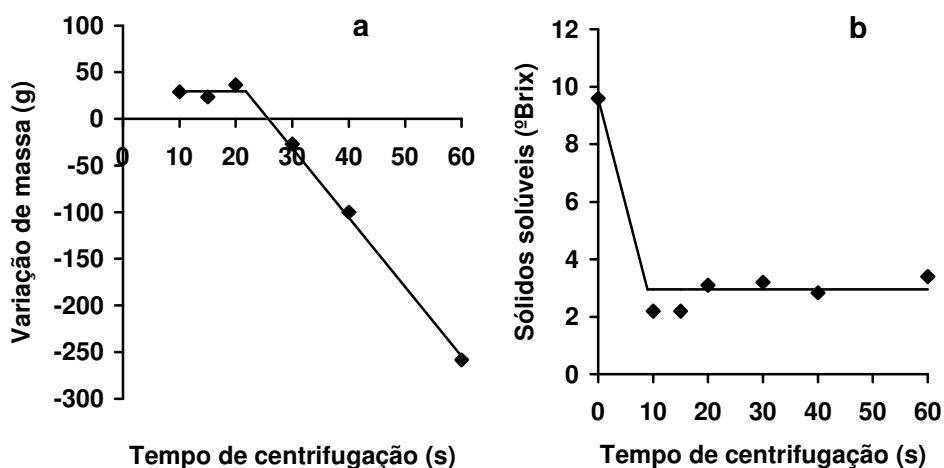
Durante o processamento mínimo de hortaliças, a centrifugação é uma etapa que tem o objetivo de retirar-se o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe e os exsudados celulares resultantes do corte.

Utilizando-se de uma centrífuga doméstica verificou-se que a centrifugação de cenoura ralada (1500 g), por um período de 26 s, foi suficiente para retirar-se todo o excesso de umidade superficial, ou seja, a massa do produto centrifugado foi igual a massa do produto após o corte (Figura 1a). Com tempos de centrifugação inferiores a 26 s, a massa pós-centrifugação foi maior do que a massa após o corte, mostrando que tais tempos foram insuficientes para retirar-se o excesso de água. Estimou-se, com base em uma análise de regressão que até aproximadamente 20 s, não houve variação de massa. Isto pode indicar que até determinado tempo, a centrífuga não retirou quantidades significativas de água do produto, provavelmente, em função da

centrífuga ainda estar em baixa rotação. Após este período, verificou-se que com o aumento do tempo de centrifugação, a quantidade de água presente no produto diminuiu linearmente.

Com a centrifugação por tempos superiores a 26 s, a diferença de massa do produto foi negativa, indicando uma desidratação dos tecidos da cenoura ralada (Figura 1a). Essa desidratação superficial da cenoura minimamente processada, provocada pela retirada de água em excesso dos tecidos, pode resultar na descoloração do produto (CISNEROS-ZEVALLOS et al., 1995).

Uma vez que a composição química e a estrutura do produto vegetal podem estar envolvidos na retenção de água pelos tecidos, o tempo adequado de centrifugação varia de acordo com o produto. Utilizando-se a mesma centrífuga, foi determinado que 10 min seria o tempo ideal de centrifugação para 1500 g de couve (CARNELOSSI, 2000) e repolho (SILVA, 2000) minimamente processados.



**Fig. 1-** Diferença de massa (massa do produto centrifugado- massa do produto cortado) (a) e sólidos solúveis (°Brix) do produto minimamente processado (b), após 0, 10, 15, 20, 30, 40 e 60 s de centrifugação a 800 g

Em cenoura recém-ralada (não-sanitizada), o teor de sólidos solúveis totais mostrou-se próximo de 10 °Brix, caindo para 3 °Brix, após a sanitização (dados não apresentados). Isso pode ser atribuído à grande quantidade de

água aderida à superfície das células cortadas que pode diluir o conteúdo de sólidos solúveis durante a extração do suco celular. Assim, após a retirada do excesso de água pela centrifugação, esperava-se um retorno da concentração de sólidos solúveis aos níveis encontrados na cenoura recém-ralada. No entanto, quando submetidas a diferentes tempos de centrifugação, não houve variação no teor de sólidos solúveis, estabilizando-se em níveis bem inferiores aos da cenoura recém-ralada (Figura 1b). Esses resultados mostraram uma grande perda de sólidos solúveis resultante de injúrias das células durante o processamento, associada principalmente às etapas de corte, sanitização e enxágue.

A diferença de temperatura do produto centrifugado em relação ao sanitizado aumentou linearmente com o aumento do tempo de centrifugação (Figura 2a). Isso pode ter sido provocado pelo aquecimento da centrífuga e pelo atrito do produto com o ar dentro da centrífuga.

Analisando-se os efeitos do tempo de centrifugação sobre a taxa respiratória, observou-se que essa aumenta rapidamente até aproximadamente 15 s, estabilizando-se em seguida, mesmo com o incremento de temperatura (Figura 2b).

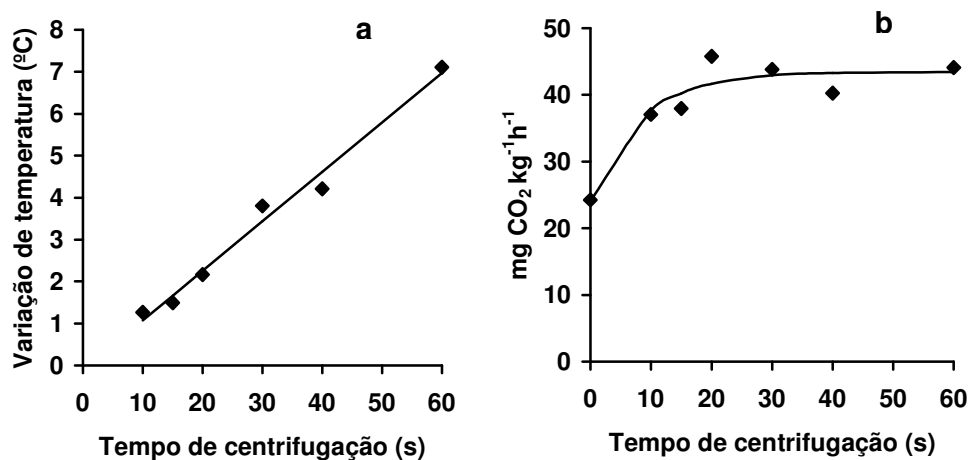


Figura 2- Diferença de temperatura (temperatura do produto centrifugado - temperatura do produto sanitizado) (a) e taxa respiratória (b) do produto minimamente processado após 0, 10, 15, 20, 30, 40 e 60 segundos de centrifugação a 800 g; temperatura do produto sanitizado:  $5 \pm 2$  °C

Com a centrífuga industrial (Figura 3a), observou-se que o tempo aproximado de 5 s foi suficiente para retirar-se toda a umidade absorvida ou aderida à superfície de uma massa de 3 kg de cenoura ralada. Nesta centrífuga, o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe, foi retirada rapidamente, conforme a equação da regressão (Figura 3a) até aproximadamente 5 s. A massa fresca do produto, logo após a centrifugação por 5 s foi aproximadamente a mesma obtida após o corte. Após esse tempo, houve uma diferença de massa negativa, resultante da desidratação dos tecidos de cenoura ralada. O teor de sólidos solúveis totais na cenoura-recém ralada mostrou-se próximo de 7,5 °Brix, caindo para 4,32 °Brix após a centrifugação, sugerindo uma perda de sólidos solúveis após o processamento (Figura 3b).

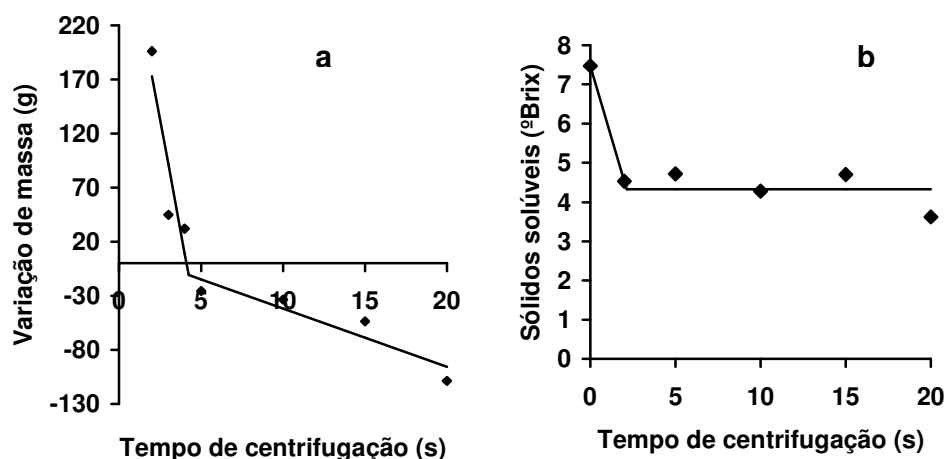


Figura 3- Diferença de peso ( $\Delta P$  = peso do produto centrifugado- peso do produto cortado) (a) e sólidos solúveis (°Brix) (b) do produto minimamente processado após 0, 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20 s de centrifugação a 647 g

Com relação à variação de temperatura do produto, observou-se um aumento médio de 0,78 °C sob todos os tempos de centrifugação (Figura 4a). Nesse caso, a localização externa do motor pode ter contribuído para diminuir o aquecimento do produto. Na centrífuga doméstica, o motor fica localizado no interior da centrífuga logo abaixo do cesto onde é colocado o produto, o que pode levar ao aquecimento excessivo (Figura 2a). Além disso, a

maior quantidade de massa colocada na centrífuga industrial, pode necessitar de um tempo maior para aquecerem-se de forma homogênea 3 kg de cenoura ralada .

Observou-se um aumento da taxa respiratória do produto em função do tempo de centrifugação (Figura 4b), sem aumento significativo na temperatura.

Pela análise dos dados estipulou-se que, com a centrífuga doméstica, o tempo de centrifugação de 26 s foi o mais adequado para 1,5 kg de cenoura minimamente processada e com a centrífuga industrial, o tempo de aproximadamente 5 s foi suficiente para a centrifugação de 3 kg (Figuras 1a e 3a). Com base nesses resultados verificou-se que a centrífuga industrial, com uma força centrífuga relativa menor (647 *g*), retirou o excesso de água mais rapidamente do que a centrífuga doméstica (800 *g*). Isso talvez se deva ao fato de a centrífuga industrial possuir um motor com maior torque, ou seja, a centrífuga industrial alcança a velocidade máxima angular mais rapidamente do que a centrífuga doméstica

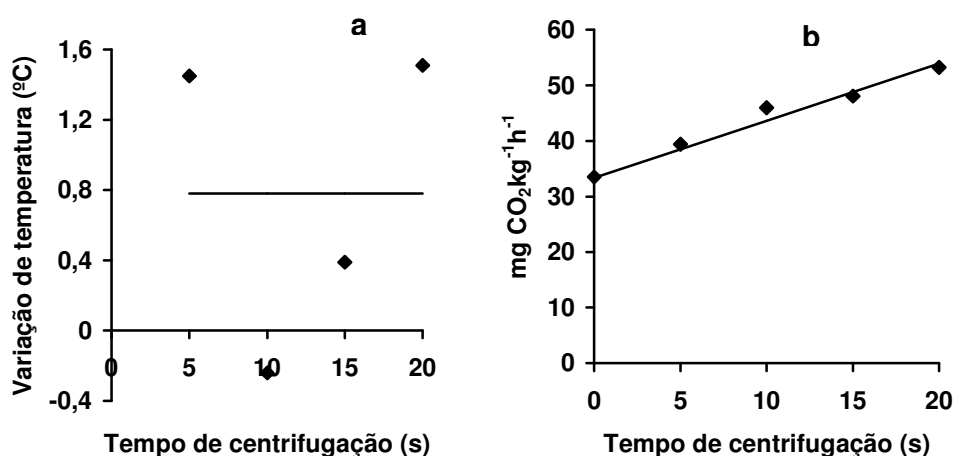


Figura 4- Diferença de temperatura (temperatura do produto centrifugado - temperatura do produto sanitizado) (a) e taxa respiratória (b) do produto minimamente processado após 0, 5, 10, 15 e 20 segundos de centrifugação a 647*g*; temperatura do produto sanitizado: 5 ± 2 °C

### **3- MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1- Material vegetal**

As plantas de cenoura (*Daucus carota* L.), das cultivares Brasília e Alvorada, foram cultivadas durante o período de verão na horta da Universidade Federal de Viçosa. Nessa mesma horta, a cultivar Nantes foi produzida durante o período de inverno. Em todos os experimentos realizados, as cenouras foram colhidas 90 dias após o plantio. Após a colheita, as raízes foram imediatamente transportadas para o laboratório, onde foram armazenadas a 5°C e umidade relativa de aproximadamente 90%, por 24 horas, para posteriormente serem submetidas ao processamento mínimo.

#### **3.2- Processamento mínimo**

Após o resfriamento as cenouras foram submetidas às etapas de seleção, padronização, lavagem, retirada das extremidades, descasque manual, corte, sanitização, enxágüe, centrifugação, embalagem e armazenamento. Essas operações são apresentadas no fluxograma (Figura 5), sendo cada etapa descrita a seguir:

##### **3.2.1- Seleção e padronização**

As cenouras foram selecionadas e padronizadas pelo tamanho e integridade, sendo descartadas aquelas que apresentassem qualquer defeito aparente, anomalias fisiológicas como rachaduras, malformação ou raízes bifurcadas e aquelas com sinais de ataque por patógenos.

##### **3.2.2- Lavagem**

As raízes selecionadas foram lavadas manualmente em água corrente para a eliminação de resíduos provenientes do campo.

### **3.2.3- Descasque, corte, sanitização e enxague**

Nesta etapa, depois de retirada as extremidades, as cenouras foram descascadas com descascador manual. Em seguida, foram raladas com uma raladora na espessura de 2 mm em um processador de vegetais (Robout Coup), previamente esterilizado com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm de cloro ativo).

Após o corte, o produto foi acondicionado em sacos de nylon e imersos em solução clorada (150 ppm de cloro ativo), à temperatura de  $5 \pm 1$  °C, por um período de 10 min, após o qual foram enxaguadas em solução clorada (3 ppm de cloro ativo), a  $5 \pm 1$  °C, pelo mesmo período. Utilizou-se como sanitizante o produto comercial Sumaveg (Gessy Lever).

### **3.2.4- Centrifugação**

Após a sanitização e enxágüe, o produto foi centrifugado numa centrífuga industrial (Hergus CT 10HL, FCR: 647 g) por 5 s, conforme descrito na adequação de metodologia.

### **3.2.5- Acondicionamento e armazenamento**

Amostras de 230 g de cenoura ralada foram acondicionadas em diferentes embalagens (conforme os experimentos) e, então, armazenadas em expositor vertical com ventilação forçada Mod. VB995 (Metalfrio, São Paulo), sob temperatura de 5 °C.

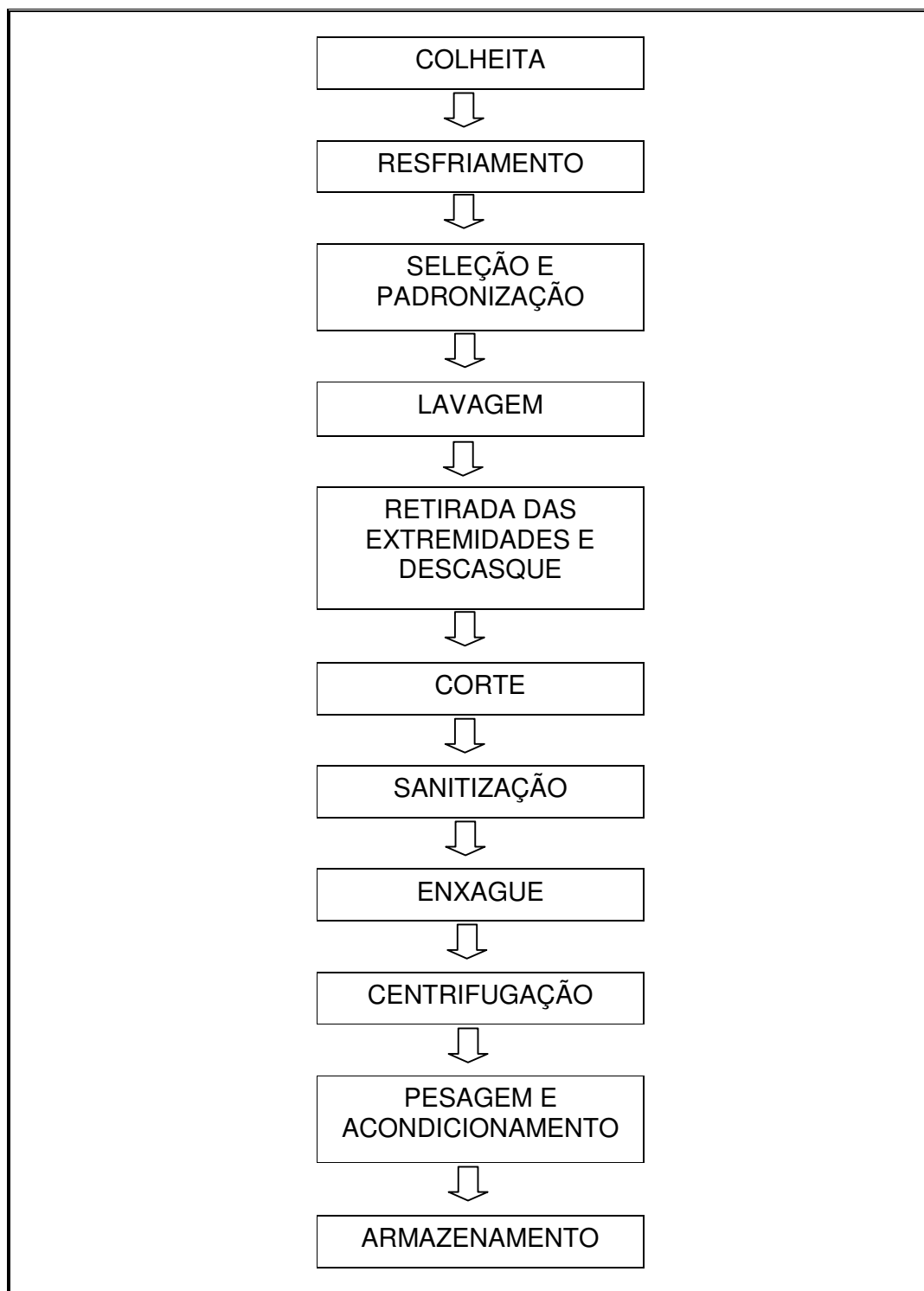


Figura 5. Fluxograma das operações de processamento mínimo de cenoura, utilizado neste trabalho.

### **3.3- Taxa respiratória (TR) e evolução de etileno (EE) nas cultivares Brasília, Nantes e Alvorada intactas e minimamente processadas**

#### **3.3.1- Sistema fechado**

##### **3.3.1.1- Cenoura intacta**

As cenouras foram colhidas, lavadas, selecionadas e armazenadas em expositor vertical, por 24 horas, à temperatura de 5 °C, e posteriormente foram acondicionadas em frascos de 1,2 L de volume, que foram mantidos hermeticamente fechados por 24 horas.

##### **3.3.1.2- Cenouras minimamente processadas**

As cenouras foram colhidas e minimamente processadas, conforme item 3.2. Após o processamento, 200 g do produto foram acondicionados em frascos de 1,2 L de volume e mantidos hermeticamente fechados por 24 horas, sob temperatura de 5 °C.

Em ambos os casos, cenoura intacta e minimamente processada, as amostras da atmosfera gasosa dos frascos, foram tomadas durante os períodos de tempo de 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 18 e 24 horas.

##### **3.3.1.3- Composição gasosa da atmosfera interna**

As concentrações de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foram determinadas, por um período de 24 horas, coletando-se alíquotas de 1mL da atmosfera interna de quatro frascos de vidro contendo cenoura intacta, e quatro frascos de vidro contendo cenoura minimamente processada. As alíquotas da atmosfera interna dos frascos foram tomadas com seringas plásticas descartáveis de 1,0 mL de volume.

As concentrações de CO<sub>2</sub> da atmosfera interna dos frascos foram determinadas em cromatógrafo a gás Mod. GC 14B (Shimadzu, Kyoto), equipado com detector de condutividade térmica e coluna empacotada com Porapak-Q (80-100 mesh, 1 m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno). Utilizou-se como gás de arraste o nitrogênio (N-80kPa), com fluxo de 40 a 45 mLmin<sup>-1</sup>. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram, respectivamente, 60, 100 e 140 °C. A corrente utilizada foi de 85 mA, com a

atenuação de 1. A concentração de CO<sub>2</sub> dentro dos frascos, foi estimada em mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>. utilizando-se as equações propostas por KAYS (1991).

A evolução de etileno, nos mesmos frascos descritos, foi quantificada utilizando-se o mesmo cromatógrafo a gás (Mod. GC 14B, Shimadzu, Kyoto), equipado com um detector de ionização de chama e a mesma coluna descrita acima. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram respectivamente, 60,100 e 150 °C. A pressão e o fluxo do N<sub>2</sub> (gás de arraste), do ar sintético e do hidrogênio (H<sub>2</sub>) foram respectivamente 80 kPa (40-45 mL.min<sup>-1</sup>), 30 kPa (30mL.min<sup>-1</sup>) e 50 kPa (35mL.min<sup>-1</sup>). Estimou-se a quantidade de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> liberado em L C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

### **3.3.2- Sistema aberto**

O sistema aberto foi utilizado na caracterização das taxas respiratórias das cultivares Brasília, Nantes e Alvorada minimamente processadas a temperatura de 5 °C. Os frascos de vidro (1,2 L), contendo 200 g de cenoura minimamente processada, foram cobertos com um filme plástico, com 1% de área perfurada, a fim de permitirem-se as trocas gasosas e evitar-se a desidratação do produto. Os frascos, contendo o produto, foram armazenados à temperatura de 5 °C, por um período de 12 dias. Aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento, os frascos foram hermeticamente fechados, por um período de 30 minutos. Após este período, quantificou-se o CO<sub>2</sub> pela determinação em cromatógrafo a gás, conforme descrito no item 3.3.1.

### **3.4- Efeito da temperatura na taxa respiratória (TR) em cenoura minimamente processada e intacta**

Para o estudo do efeito da temperatura na taxa respiratória em cenoura intacta e minimamente processada foram utilizadas as cultivares Brasília e Alvorada.

#### **3.4.1- Cenouras intactas**

Armazenamento a 25 °C: Após a colheita as cenouras intactas foram acondicionadas em sistema fechado a 25 °C, por 12 horas.

Armazenamento a 5 °C: Nesse caso, após a colheita, procedeu-se ao resfriamento das cenouras intactas (armazenamento por um período de 24 h, à

temperatura de 5 °C). Após esse resfriamento, as cenouras intactas foram, então, acondicionadas em sistema fechado, a 5 °C, por 12 horas.

#### **3.4.2- Cenoura minimamente processada**

Armazenamento a 25 °C: as cenouras foram minimamente processadas logo após a colheita e, posteriormente, armazenadas em sistema fechado por 24 horas a 25° C.

Armazenamento a 5 °C: Após a colheita, as cenouras intactas foram armazenadas por um período de 24 h, à temperatura de 5 °C. Após esse período as cenouras foram minimamente processadas e posteriormente acondicionadas em sistema fechado, por um período de 12 horas, à temperatura de 5 °C.

Os frascos de vidro (1,2 L), contendo 200 g de cenoura minimamente processada ou de cenoura intacta, foram hermeticamente fechados e armazenados, às temperaturas referidas acima, por um período de 12 horas.

Durante os períodos de tempo de 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8; 10 e 12 horas de armazenamento, coletaram-se alíquotas de 1,0 mL da atmosfera interna dos frascos, para determinação de TR, por cromatografia gasosa conforme o item 3.3.1.3

#### **3.5- Conservação refrigerada de cenoura minimamente processada em diferentes embalagens plásticas**

Os experimentos para verificar-se a adequação de embalagens ao acondicionamento de cenoura minimamente processada, foram realizados utilizando-se as cultivares Brasília, Nantes e Alvorada. Essas foram colhidas aos 90 dias após o plantio e minimamente processadas, conforme o item 3.2. Amostras de 230 g de cenoura minimamente processada foram, então, acondicionadas nas seguintes embalagens: bandejas em Poliestireno expandido, cobertas com filme de polivinilcloro (PVC); sacos de Polipropileno (PP), selados com auxílio de uma seladora comercial (Mod. AP 450, Tec Maq) e poliolefina multicamadas (MC) na qual o vácuo foi aplicado por meio de uma seladora com sistema de vácuo (Selovac). As características de tais embalagens estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6- Caracterização das embalagens de polipropileno (PP), poliolefina multicamadas (MC) e filme de polivinilcloreto (PVC), utilizados no acondicionamento de cenoura minimamente processada

Embalagem	Dimensões			Permeabilidade*		
	Espessura ( $\hat{m}$ )	Larg <sup>1</sup> . (cm)	Comp. <sup>1</sup>	(cm <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> ) (g.m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )		
				<sup>a</sup> O <sub>2</sub>	<sup>b</sup> CO <sub>2</sub>	<sup>c</sup> H <sub>2</sub> O
PVC	15	14	20	15680	80520	300
PP	30	17	24	2129	10041	8,5
MC	90	16	24	96,2	3179	4,9

<sup>1</sup> L= largura e C= comprimento das embalagens\* Análises feitas pelo CETEA-ITAL, Campinas, SP.

<sup>a</sup> Realizada a 25 °C, a úmida e 1atm

<sup>b</sup> Realizada a 25 °C, a seco e 1atm

<sup>c</sup> Realizada a 38 °C e 90% UR.

Cada uma das embalagens foi mantida por 15 dias, à temperatura de 5° C, em câmara expositora vertical refrigerada (Metalfrio). Para avaliar-se a qualidade das cultivares de cenoura minimamente processadas nas diferentes embalagens, as amostras foram retiradas a cada três dias, durante o período de armazenamento, para determinação da composição de gases no interior das embalagens, da cor, da acidez, da massa fresca, do teor de sólidos solúveis, dos teores de carotenóides totais, do etanol e do acetaldeído.

### 3.5.1- Análise de gases

As amostragens para gás carbônico e etileno dentro das embalagens (exceção do tratamento à vácuo) foram realizadas coletando-se, a cada três dias, alíquotas de 1 mL de gases do espaço livre das embalagens, com seringas plásticas de insulina. As concentrações de CO<sub>2</sub> foram determinadas em cromatógrafo a gás Mod. GC 14B (Shimadzu, Kyoto), segundo o item 3.3.1.

A concentração de O<sub>2</sub> (%) do espaço livre das embalagens foi obtida por meio de coleta de alíquotas de 5 mL de gases do espaço livre das embalagens, em seringas de plástico e determinada com o uso de um analisador Mocon® Mod. HS 750 (Modern Controls, Minneapolis, USA).

A amostragem da atmosfera no interior das embalagens foi realizada introduzindo-se a agulha da seringa nas embalagens através de septos, confeccionados com cola de silicone, filme de polietileno tereftalato (PET) e fita adesiva dupla face, aderidos a superfície das embalagens.

### 3.5.2- Etanol e acetaldeído

A cenoura (20 g de massa fresca) foi homogeneizada com 50 ml de solução 0,1 M HCl resfriado em gelo (KATO-NOGUCHI e WATADA, 1997). O homogenato foi filtrado através de quatro camadas de gase e uma alíquota de 5 mL de extrato foi transferida para tubo de vidro de penicilina selado com lacre de alumínio. Após incubação por 20 minutos, a 70 °C, 1 mL da amostra de gás do espaço vazio foi injetado em um cromatografo a gás Mod. GC 300 (Varian), equipado com detector de ionização de chama e coluna empacotada com Porapak-Q (80-100mesh, 1,9 m de comprimento e 3/4 de diâmetro interno). Foi utilizado como gás de arraste o nitrogênio ultrapuro, com fluxo de 20 mL/min. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram, respectivamente, 140, 160 e 170 °C. As concentrações de etanol e acetaldeído na amostra foram calculadas a partir de uma curva padrão preparada com diferentes concentrações de etanol e acetaldeído diluídos em água. As soluções utilizadas para determinação da curva padrão de etanol foram preparadas nas seguintes concentrações: 0,005%, 0,01%, 0,015%, 0,02%, 0,05% e 0,1%. Para as soluções padrão de acetaldeído, a faixa de concentração empregada foi: 0,0015%, 0,0025%, 0,005%, 0,01%, 0,012% e 0,015%. Após preparadas, as soluções padrão foram submetidas ao mesmo procedimento usado para as amostras, como descrito acima. Segundo KATO-NOGUCHI e WATADA (1997), quando padrões internos de etanol e acetaldeído foram adicionados ao meio de extração, houve uma recuperação de  $80 \pm 5\%$  e  $82 \pm 7\%$ , respectivamente. Isso indica que, no meio de extração, a pressão de vapor do etanol é reduzida em aproximadamente  $20 \pm 5\%$  e a pressão de vapor do acetaldeído é reduzida em  $18 \pm 7\%$ . A partir dessas observações, pode-se inferir que, as concentrações de etanol e acetaldeído determinadas nos extratos podem ter sido subestimadas em  $20 \pm 5\%$  e  $18 \pm 7\%$ , respectivamente.

### **3.5.3- pH, perda de massa fresca e sólidos solúveis (°Brix)**

Para mensurar-se a acidez do produto, 25 g de cenoura foram homogeneizadas com igual volume de água destilada. O pH do homogenato foi determinado em potenciômetro Digimed (DM 20).

A perda de massa fresca da cenoura minimamente processada, acondicionada nas diferentes embalagens, foi obtida por gravimetria, em balança com sensibilidade de 0,5 g. As massas obtidas foram transformadas em valores relativos, ou seja, foram transformadas em porcentagem de perda de massa fresca.

O teor de sólidos solúveis (° Brix) foi determinado com um refratômetro de Abbé, a partir de 1 mL de suco celular de cenoura minimamente processada. Para obtenção do suco celular, amostras de 100 g de cenoura minimamente processadas foram triturados com auxílio de um microprocessador de alimentos Walitta ® (Brasil). O suco posteriormente foi filtrado em quatro camadas de gase.

### **3.5.4- Intensidade de esbranquiçamento**

As alterações de cor da cenoura foram acompanhadas utilizando-se de um colorímetro Color Reader Mod. CR-10 (Minolta COLTD, Osaka/ Japão). Os resultados foram expressos utilizando-se o parâmetro “Whiteness Index” (WI), ou índice de esbranquiçamento (IE).  $IE = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$  (BOLIN e HUXOLL, 1991), em que:

IE= índice de esbranquiçamento do produto; maior IE indica maior intensidade de esbranquiçamento do produto,

L = luminosidade ou brilho (claro/escuro),

a = cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+),

b = cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+).

### **3.5.5- Teor de carotenóides totais**

Os teores de carotenóides foram mensurados seguindo-se o método proposto por LICHTENTHALER (1987). Efetuou-se a extração através da maceração de 2 g de amostra de cenoura minimamente processada em almofariz contendo 15 mL de acetona 100%. O extrato foi filtrado diretamente em balão volumétrico de 50 mL. O resíduo do papel de filtro foi lavado por

duas vezes e o volume do extrato foi completado com acetona 100% para 50 mL. Os carotenóides totais foram determinados por espectrofotometria pela leitura das absorvâncias a 470, 661,6 e 644,8 nm e os resultados expressos em microgramas de carotenóides por grama da amostra.

### **3.6- Análise estatística**

Os resultados experimentais referentes à caracterização da taxa respiratória e evolução de etileno das cultivares Brasília, Nantes e Alvorada intactas e minimamente processadas, foram analisados descritivamente, por meio de gráficos em linhas, com barras que representam os erros padrões das médias. O mesmo procedimento foi adotado para o experimento em que foi analisado o efeito da temperatura na taxa respiratória de cenoura intactae minimamente processada.

O delineamento experimental utilizado nos experimentos de conservação refrigerada das três cultivares (Nantes, Brasília e Alvorada) em diferentes tipos de embalagem, foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, com fator embalagem com três níveis (PVC, PP e MC), casualizados nas parcelas e o fator tempo, com cinco níveis (3, 6, 9, 12 e 15 dias), casualizados nas subparcelas, com mais uma testemunha que se refere ao tempo zero. Este tipo de análise foi realizada apenas para as variáveis: índice de esbranquiçamento, teor de carotenóides totais, pH, e sólidos solúveis (° Brix). Para o fator embalagem, foi realizado um teste de Tukey a 5% de probabilidade dentro de cada tempo e, para o fator tempo, foi realizada uma análise de regressão a 5% ou 1% de probabilidade dentro de cada embalagem. As análises estatísticas foram realizadas para cada variedade separadamente. Para as demais variáveis, procedeu-se uma análise descritiva, através de gráficos em linhas com barras que representam os erros padrões das médias.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Taxa respiratória e evolução de etileno das cultivares Brasília, Nantes e Alvorada intactas e minimamente processadas a 5 °C

Observou-se que as taxas respiratórias máximas de cenoura intacta foram 26, 24 e 26 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> para Brasília, Nantes e Alvorada respectivamente (Figura 6). A taxa respiratória máxima, observada nas três cultivares, ocorreu uma hora após o fechamento dos frascos. Ao longo do período de armazenamento, ocorreram pequenas diferenças entre as cultivares intactas, e houve um aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub> durante as 24 horas, alcançando-se 2,0 % (Brasília) , 2,1% (Nantes) e 2,6 % (Alvorada) (Figura 7).

A maior variação na taxa respiratória entre as cultivares foi verificada em cenoura minimamente processada. As cultivares Nantes e Alvorada apresentaram maiores taxas respiratórias atingindo valores de 46 e 47 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> respectivamente, meia hora após o fechamento dos frascos. Já para a cultivar Brasília, a maior taxa respiratória observada foi de 36 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Figura 6) e se verificou, uma hora após o fechamento dos frascos. Posteriormente à taxa respiratória máxima, algumas diferenças foram observadas, mas, em geral, a cultivar Alvorada apresentou maiores taxas respiratórias. Segundo KAYS (1991) e WILEY (1994), cultivadas sob as mesmas condições, as variedades ou cultivares podem exibir diferenças significativas no potencial respiratório, uma vez que os níveis de substratos e enzimas podem variar de uma cultivar para outra dentro de uma mesma espécie.

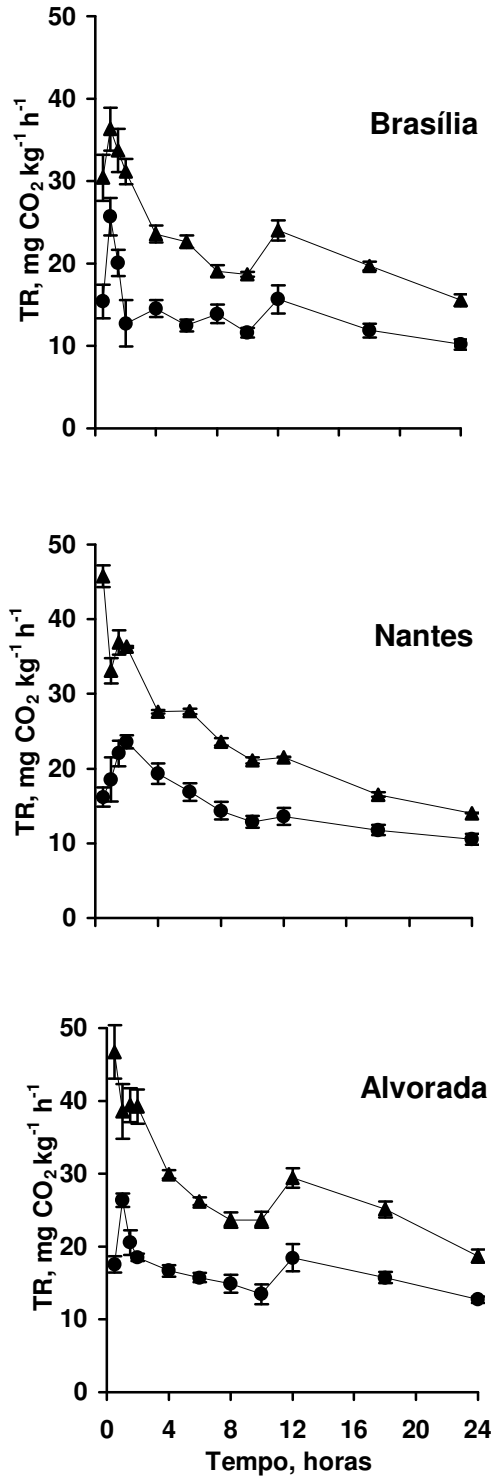


Figura 6. Taxa respiratória (TR) de cenoura intacta (-●-) e ralada (-▲-), acondicionadas em sistema fechado e mantidas à temperatura de 5 °C, por 24 horas

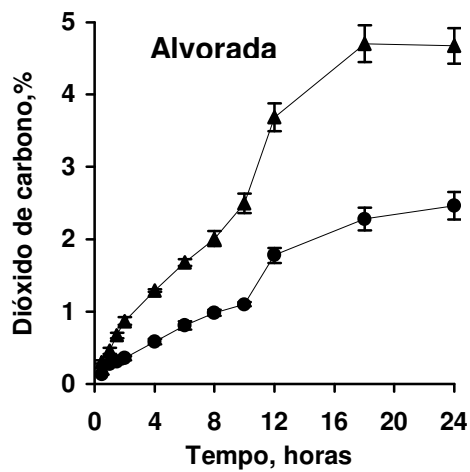
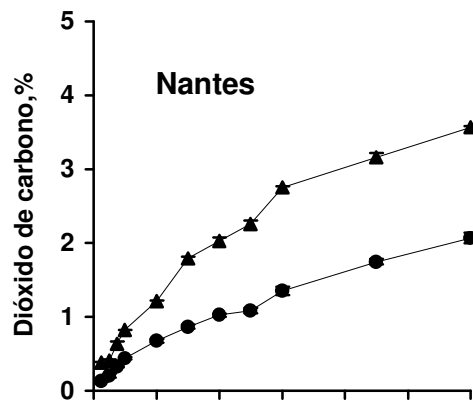
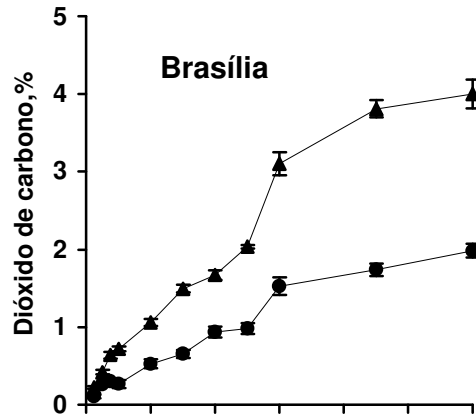


Figura 7. Concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de cenoura intacta (-●-) e ralada (-▲-), acondicionadas em sistema fechado e mantidas à temperatura de 5 °C, por 24 horas

No interior dos frascos nos quais as cenouras minimamente processadas foram colocadas, o acúmulo de CO<sub>2</sub> foi praticamente o dobro relativo às concentrações acumuladas por cenouras intactas (Figura 7). Isso é resultado das maiores taxas respiratórias das cenouras minimamente processadas. A injúria causada pelo corte dos tecidos pode induzir o aumento da taxa respiratória, que é acarretada em função de uma série de reações destinadas ao processo de reestruturação de membranas e de cicatrização dos tecidos (ROLLE e CHISM, 1987). Além disso, a desestruturação membranar ocasionada pelo corte, pode resultar na quebra das “barreiras” à difusão dos gases, facilitando as trocas gasosas entre os tecidos e o meio (KAYS, 1991).

A evolução de etileno em cenoura intacta atingiu, seis horas após o fechamento dos frascos, a produção máxima de 0,18; 0,21 e 0,20 l C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, para cultivares Brasília, Nantes e Alvorada, respectivamente (Figura 8a). De acordo com PHAN et al. (1973), cenouras intactas produzem baixos níveis de etileno, que são considerados insuficientes para afetar o metabolismo de fenóis. As maiores taxas de acúmulo de etileno foram verificadas nas primeiras seis horas após armazenamento das cenouras intactas. A concentração de etileno aumentou até aproximadamente 0,22 ppm para Brasília e 0,26 ppm para as outras duas cultivares, permanecendo em torno destes níveis até o final das 32 horas (Figura 8b).

Em cenouras minimamente processadas, a evolução de etileno aumentou até meia hora após o corte, quando a produção máxima da cultivar Brasília alcançou 1,0 l C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, da Nantes 0,9 l C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> e da Alvorada 1,2 l C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Figura 9a). As taxas de acúmulo de etileno nas cultivares Brasília e Alvorada aumentaram até 0,6 e 0,74 ppm de etileno, permanecendo nessa faixa após 12 a 18 horas (Figura 9b). A cultivar Nantes apresentou um aumento progressivo na concentração de etileno, atingindo 0,93 ppm de etileno, ao final do período de armazenamento. O corte fez aumentar de cinco a oito vezes a produção de etileno, em relação a cenouras intactas. Isso, pode ser atribuído à perda de compartimentação celular que proporciona maior contato entre os sistemas geradores de etileno, além de promover a indução de genes que codificam a ACC sintase, enzima-chave na

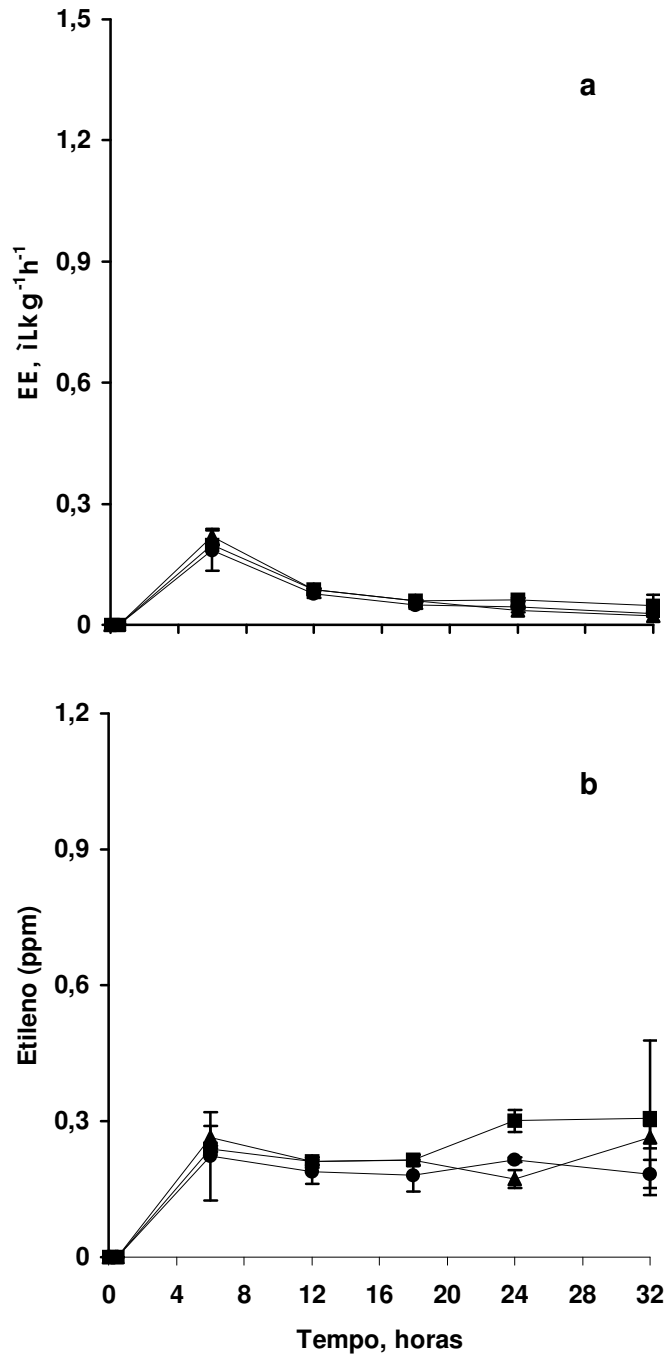


Figura 8. Evolução do etileno (EE) -a- e acúmulo de etileno -b- de cenoura intacta, acondicionada em sistema fechado e mantida à temperatura de 5 °C, por 24 horas Brasília (-●-), Alvorada (-■-) e Nantes (-▲-). As barras representam o erro padrão da média

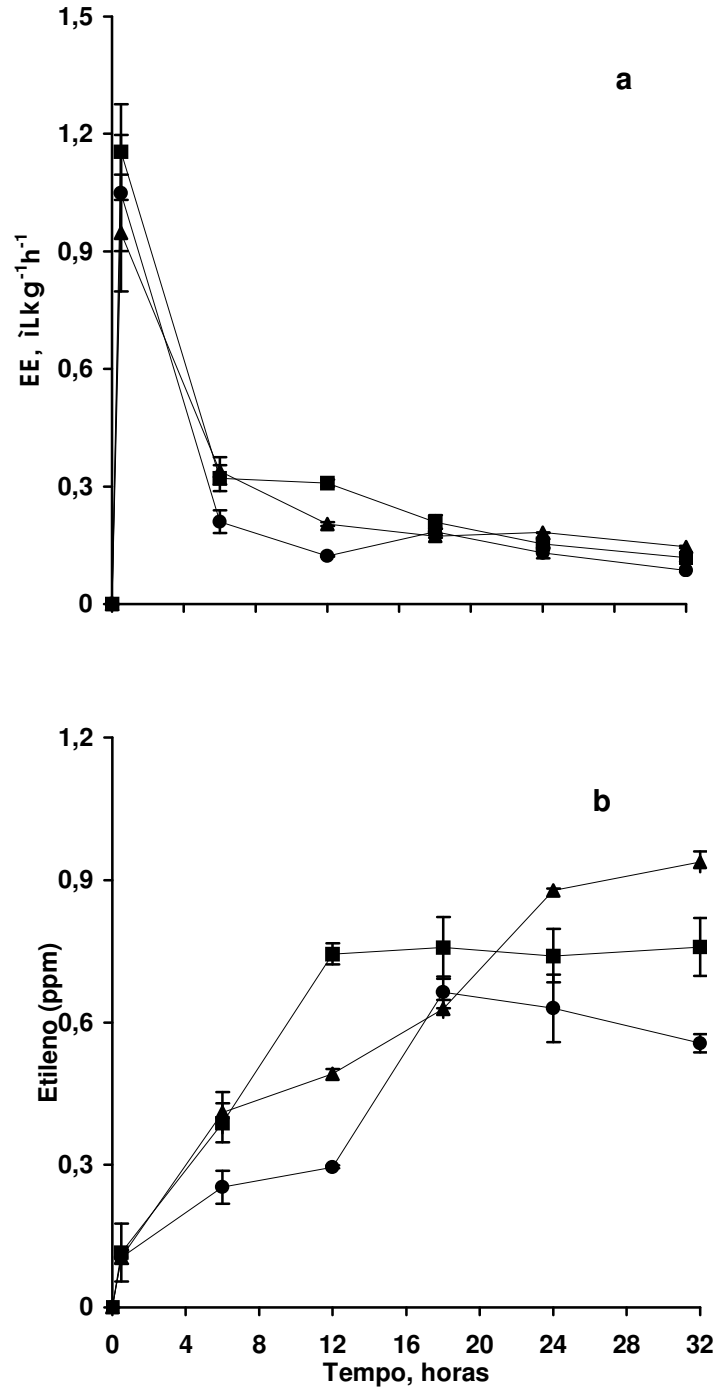


Figura 9. Evolução do etileno (EE) -a- e acúmulo de etileno -b- de cenoura minimamente processada, acondicionada em sistema fechado e mantida à temperatura de 5 °C, por 24 horas. Brasília (-•-), Alvorada (-•-) e Nantes (-•-). As barras representam o erro padrão da média

biossíntese de etileno (SALVEIT, 1999). O etileno pode aumentar a taxa respiratória, alterar a atividade de um grande número de enzimas e aumentar a permeabilidade de membranas, resultando na aceleração da senescência e de processos deteriorativos (KAYS, 1991).

As taxas respiratórias das cultivares de cenoura Brasília, Nantes e Alvorada minimamente processadas, em sistema aberto a 5 °C, diminuíram durante o período de armazenamento (Figura 10). Como observado nos experimentos em sistemas fechados, a taxa respiratória de cenoura minimamente processada, mantida em sistema aberto, variou com a cultivar. Nesse caso, foi possível observar a menor taxa respiratória da cultivar Brasília durante todo o período de armazenamento.

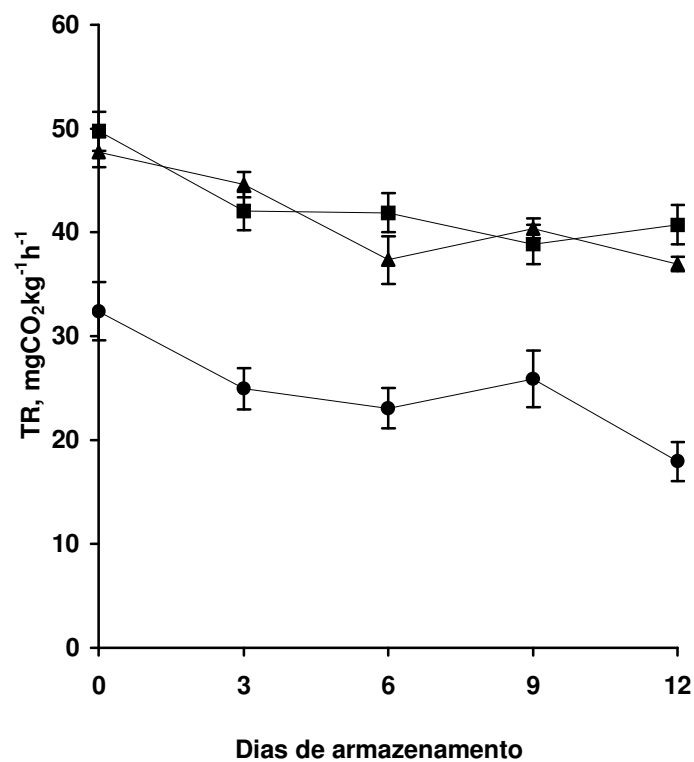


Figura 10. Taxa respiratória (TR) de cenoura minimamente processada, acondicionada em sistema aberto e mantida à temperatura de 5 °C. Brasília (-●-), Alvorada (-■-) e Nantes (-▲-). As barras representam o erro padrão da média

## **4.2- Efeito da temperatura na taxa respiratória (TR) em cenoura intacta e minimamente processada**

### **4.2.1- Taxa respiratória em cenoura intacta**

Observou-se que no acondicionamento de cenoura intacta, em sistema fechado, logo após a colheita, à temperatura de  $25 \pm 2$  °C, a taxa respiratória máxima foi de  $81 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , na cultivar Alvorada e  $66 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  na Brasília (Figura 11a). Essa taxa máxima foi observada meia hora após o fechamento dos frascos. A partir desse período, houve uma queda constante na taxa respiratória até estabilização em 33 e  $46 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para Brasília e Alvorada, respectivamente. Observou-se um aumento na concentração de  $\text{CO}_2$  com o passar do tempo, quando, ao final de 12 horas, a Brasília atingiu cerca de 4,82% e Alvorada 6,16 % de  $\text{CO}_2$  (Figura 11b).

Quando armazenadas por 24 horas, a 5 °C, e posteriormente acondicionadas em sistema fechado, por 12 horas, também a 5 °C, as cenouras intactas mostraram taxa respiratória máxima de  $26 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , após uma hora do fechamento dos frascos, em ambas as cultivares (Figura 11a). Após duas horas, estabilização da taxa respiratória ocorreu em aproximadamente 13 (Brasília) e 16 (Alvorada)  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . O nível de  $\text{CO}_2$  acumulou-se lentamente até alcançar 1,5% em Brasília e 1,8% em Alvorada (Figura 11b).

Observou-se que a taxa respiratória máxima das cenouras Brasília colhidas no mesmo dia, e armazenadas à temperatura ambiente, foi 60 % maior em relação àquelas que foram estocadas por 24 horas a 5 °C e, posteriormente, armazenadas também a 5 °C. Essa diferença permaneceu em 68% para a cultivar Alvorada (Figura 11a). Neste caso, a maior taxa respiratória verificada nas amostras armazenadas à temperatura ambiente foi influenciada pela maior temperatura de armazenamento e também pelo fato de que o produto ainda estava sob estresse da colheita. Por ocasião da colheita, há um aumento da taxa respiratória em função da ativação de reações bioquímicas e fisiológicas como forma de restabelecer o equilíbrio energético que a raiz possuía quando estava acoplada à planta inteira (WATADA, 1990).

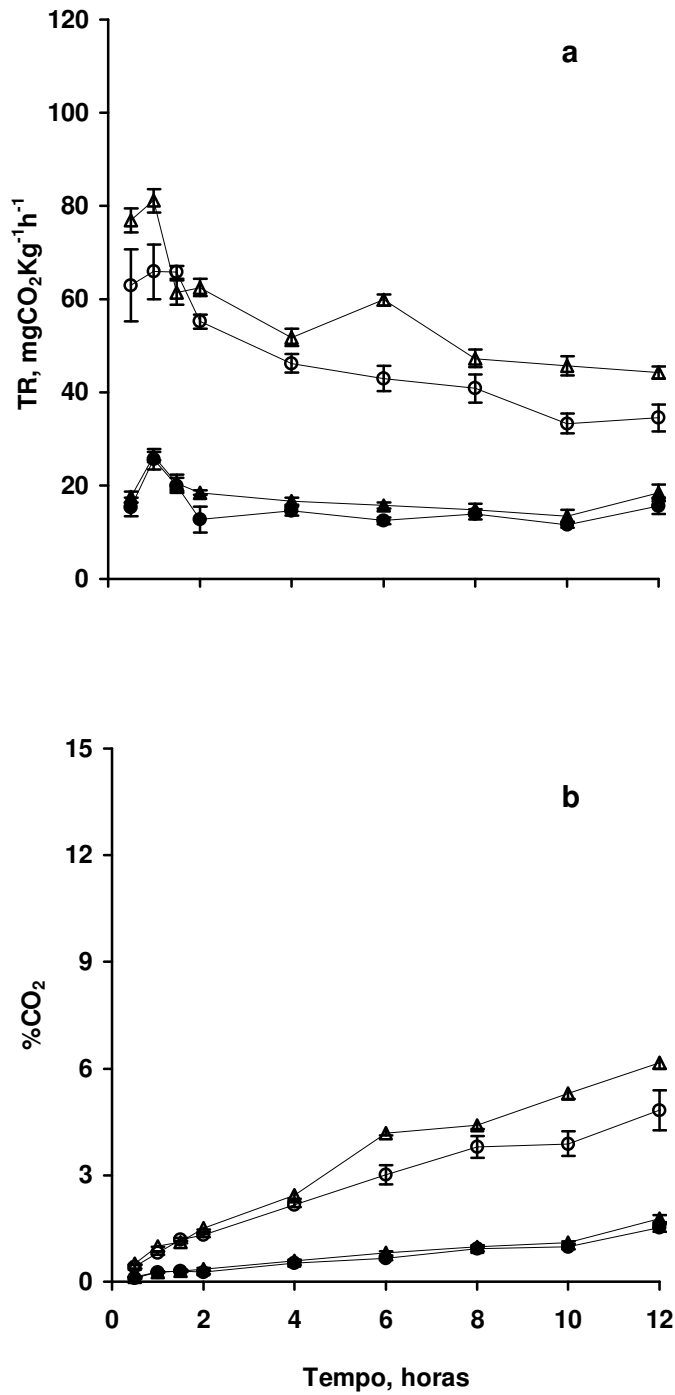


Figura 11. Taxa respiratória (TR) -a- Concentração de dióxido de carbono -b- de cenoura intacta, acondicionada em sistema fechado por 12 horas. Cultivares Brasília (-●-) e Alvorada (-△-) mantidas a temperatura de 5° C. Cultivares Brasília (-●-) e Alvorada (-△-) armazenadas a 25 ± 2 °C. As barras representam o erro padrão da média

Uma vez que a taxa de deterioração ou perecibilidade dos produtos é geralmente proporcional a taxa respiratória (KADER, 1992), o resfriamento das raízes imediatamente após a colheita e o armazenamento do produto sob baixas temperaturas são fundamentais para manutenção da qualidade e maior vida de prateleira da cenoura intacta. A partir desses resultados, sugere-se que o processamento mínimo de cenoura deve ser realizado após o resfriamento das raízes, quando a taxa respiratória do produto está menos acentuada. Dessa forma, pode-se obter uma maior vida de prateleira do produto.

#### **4.2.2- Taxa respiratória em cenoura minimamente processada**

Quando as cenouras foram minimamente processadas logo após a colheita, e posteriormente mantidas por 12 horas, à temperatura de  $25 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ , em sistema fechado, observou-se, meia hora após o corte, a taxa respiratória máxima de  $97 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , para a cultivar Alvorada. Já para a cultivar Brasília, a taxa respiratória máxima verificada foi de  $93 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , uma hora após o corte (Figura 12a). Após aqueles períodos, ocorreram quedas nas taxas respiratórias. No entanto, após duas horas do fechamento dos frascos, ocorreu um novo aumento na taxa respiratória, que permaneceu em torno de  $79$  e  $83 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , na cultivar Brasília e Alvorada, respectivamente. A concentração de  $\text{CO}_2$  nos frascos aumentou continuamente durante o período de armazenamento testado, alcançando um valor aproximado de 12% (Figura 12b).

Nas amostras de cenouras minimamente processadas, acondicionadas a  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (minimamente processadas a partir de cenouras intactas pré-resfriadas por 24 horas, também a  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), observou-se a taxa respiratória máxima de  $36 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  na cultivar Brasília, que ocorreu também uma hora após o corte. Na cultivar Alvorada, a taxa respiratória máxima de  $47 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  foi verificada meia hora após o corte (Figura 12a). A estabilização da taxa respiratória ocorreu após duas horas, permanecendo em torno de  $23$  e  $28 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Nessas condições, à temperatura de  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , verificou-se que o acúmulo de  $\text{CO}_2$  atingiu um máximo de aproximadamente 3,5 % em cenoura minimamente processada, ao final das 12 horas (Figura 12b).

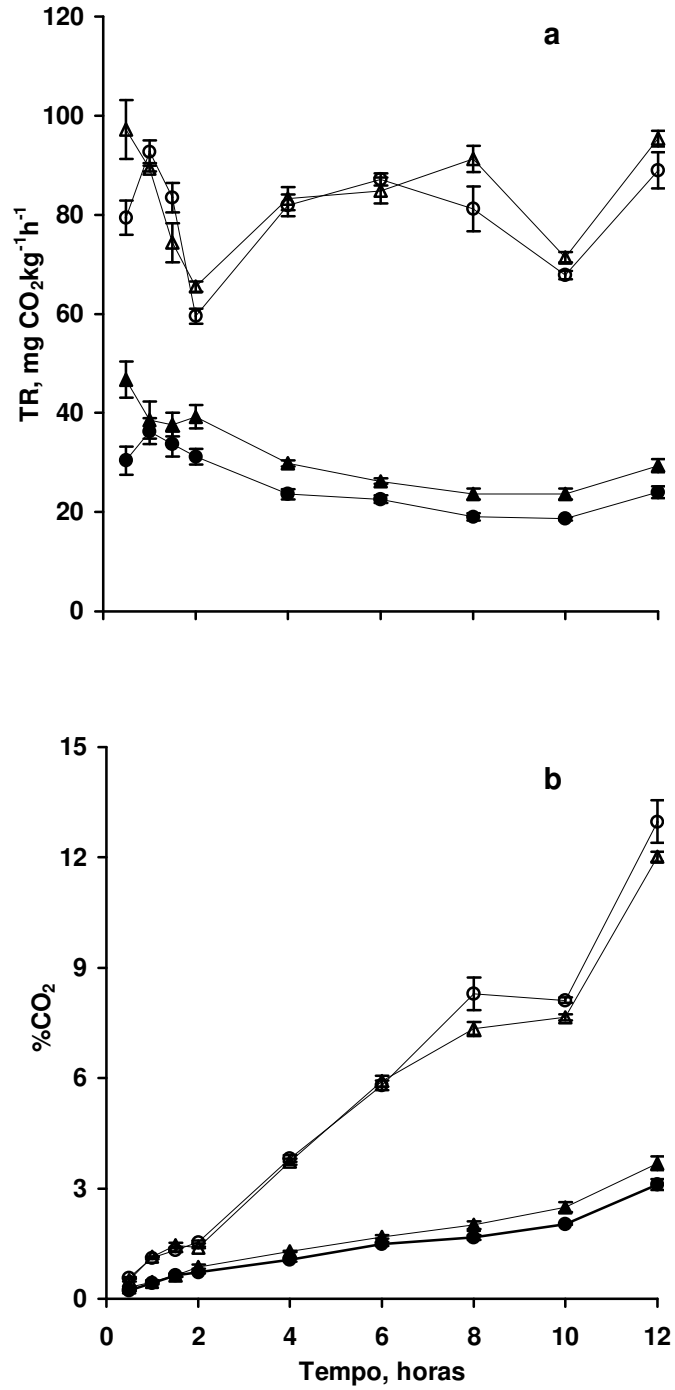


Figura 12. Taxa respiratória (TR) -a- Concentração de dióxido de carbono -b- de cenoura minimamente processada, acondicionada em sistema fechado por 12 horas. Cultivares Brasília (-●-) e Alvorada (-•-), mantidas a temperatura de 5 °C. Cultivares Brasília (-•-) Alvorada (-●-) armazenadas a 25 °C ± 2. As barras representam o erro padrão da média

O acúmulo de CO<sub>2</sub>, nos frascos armazenados a 5 °C foi aproximadamente 70% inferior, em relação ao acúmulo observado nos frascos acondicionados a 25 °C (Figura 12b). Essas observações demonstram que a temperatura de armazenamento afetou consideravelmente a taxa respiratória do produto minimamente processado, e, evidenciam o efeito das baixas temperaturas na redução do processo respiratório e conseqüentemente do metabolismo.

A comparação dos resultados de taxas respiratórias neste experimento permitiu verificar diferenças mais pronunciadas entre a cenoura intacta e a submetida ao processamento mínimo, quando houve um resfriamento e armazenamento do produto a 5 °C. Nessas condições, a cenoura minimamente processada apresentou taxa respiratória máxima 30% (Brasília) e 42% (Alvorada) maior, em relação à cenoura intacta (Figuras 11 e 12). Quando a cenoura foi processada logo após a colheita e armazenada a 25 °C, observou-se que a taxa respiratória máxima de cenoura minimamente processada foi 16,5% (Brasília) e 28,89% (Alvorada) superior, em relação à intacta (Figura 11 e 12). É possível que a minimização da diferença da taxa respiratória entre a cenoura minimamente processada e intacta a 25 °C tenha ocorrido porque a cenoura intacta ainda estava sob o estresse da colheita .

Com base nessas observações, recomenda-se que a cenoura seja processada após o resfriamento das raízes e que produto minimamente processado deva, obrigatoriamente, ser armazenado a baixas temperaturas. O ideal seria a utilização de temperaturas muito próximas ou iguais a 0 °C (CANTWELL, 2000), porém altas temperaturas são frequentes durante a distribuição e comercialização do produto. Uma vez que as taxas de deterioração e a taxa respiratória já são bastante minimizadas pelo resfriamento e armazenamento do produto à temperatura igual a 5 °C, essa temperatura pode ser utilizada na conservação de cenoura minimamente processada (IZUMI, et al., 1995, CANTWELL, 2000).

### **4.3- Conservação refrigerada de cenoura minimamente processada em diferentes tipos de embalagens plásticas**

#### **4.3.1- Concentração de dióxido de carbono e oxigênio**

No terceiro dia de armazenamento os níveis de CO<sub>2</sub> nas embalagens de PVC atingiram 2,8%, 4,5 % e 4,2% de CO<sub>2</sub> com as cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, respectivamente. Após esse período, a concentração de CO<sub>2</sub> diminuiu nas embalagens contendo as variedades Alvorada e Nantes e permaneceu constante naquelas que acondicionavam a cultivar Brasília. A concentração de CO<sub>2</sub> nas embalagens de polipropileno aumentou até o 9º dia de armazenamento, atingindo valores de 26 % (Brasília) , 31 % (Alvorada). Nas embalagens de polipropileno que continham a cultivar Nantes, o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> se verificou até o 6º de armazenamento, alcançando 32 % (Figura 13).

O maior acúmulo de CO<sub>2</sub> observado nas embalagens, nos primeiros dias de armazenamento (Figura 13), pode ser atribuído ao estresse causado pelo corte durante o processamento, que promoveu um aumento da taxa respiratória. A permeabilidade das embalagens tende a equilibrar os níveis de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens, durante o período de armazenamento; portanto, ao final desse, as concentrações de CO<sub>2</sub> foram semelhantes para as três cultivares quando acondicionadas em filme de PVC (Figura 13). Esse filme possui alta permeabilidade a gases, o que resulta em uma baixa concentração do CO<sub>2</sub> dentro das embalagens.

No interior das embalagens de PP, observou-se um grande acúmulo de CO<sub>2</sub> (Figura 13). Esse fato se deve, provavelmente, ao processo respiratório associado à barreira exercida pela embalagem, que possuía característica de baixa impermeabilidade ao CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> . Esses resultados estão de acordo com CARLIN (1990) e BARRY- RYAN (2000), que também verificaram níveis de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 30 a 40% e níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 1% nas embalagens de polipropileno.

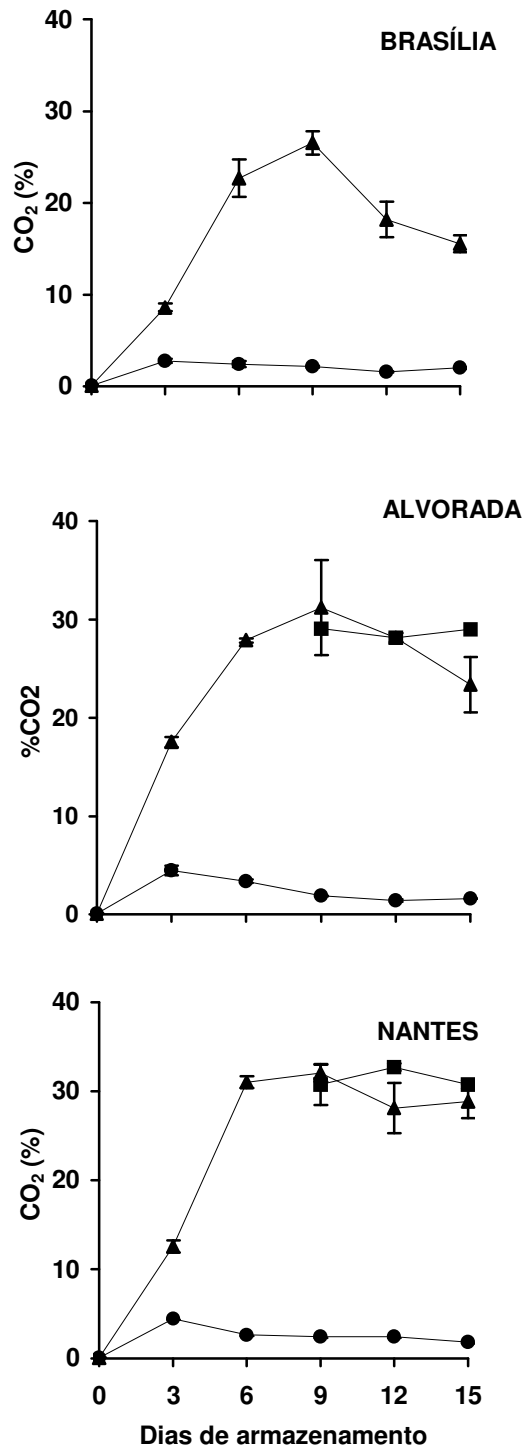


Figura 13. Concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens de PVC(-●-), PP (-●-) e MC (-●-) contendo cenoura minimamente processada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, mantidas à temperatura de 5 °C

Nas embalagens MC que continham cenoura minimamente processada das cultivares Alvorada e Nantes, houve uma redução do vácuo no nono dia de armazenamento, período a partir do qual, foi possível retirarem-se amostras de gases para análises. A concentração de CO<sub>2</sub> estava em torno de 30 % nas embalagens que acondicionavam as duas cultivares (Figura 13). Assim, a redução do vácuo na embalagem pode ter sido ocasionada pela alta concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens MC. Nas embalagens MC, contendo a cultivar Brasília, não foi verificada perda de vácuo durante os 15 dias de armazenamento. Uma menor taxa respiratória nessa cultivar foi observada quando se comparou a taxa respiratória das cultivares em sistema fechado e sistema aberto (Figuras 10 e 12). Portanto, esse fato pode ter contribuído para retardamento da redução no vácuo nas embalagens. BUICK (1987), analisando o efeito do vácuo na vida de prateleira de cenoura fatiada, observou uma perda do vácuo no oitavo dia de armazenamento, à temperatura de 4 °C. Essa perda de vácuo depende também da temperatura de armazenamento, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será o tempo para que ocorra essa redução do vácuo nas embalagens.

A concentração inicial de O<sub>2</sub> no interior das embalagens de PVC foi reduzida rapidamente até o terceiro dia de armazenamento, aos níveis de 5,5%, 3,6% e 3,5%, nas embalagens contendo cenoura minimamente processada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, respectivamente (Figura 14). Isso ocorreu principalmente em função da maior taxa respiratória do produto nas primeiras horas após o processamento (Figura 6). Observou-se que, após o terceiro dia, houve um aumento e, a seguir, uma estabilização dos níveis de O<sub>2</sub>, em aproximadamente, 8% (Brasília), 4,5% (Alvorada) e 6,6 % (Nantes). A menor concentração de oxigênio na embalagem contendo a cultivar Alvorada, durante todo o armazenamento, pode ter sido em razão da maior taxa respiratória dessa cultivar, em relação às outras cultivares (Figura 6). Outro aspecto que também pode ter influenciado as diferenças de concentração de oxigênio dentro das embalagens com mesma permeabilidade é que as cultivares podem ainda apresentar diferentes concentrações ou diferentes atividades de enzimas oxidativas que utilizam o oxigênio como substrato. As injúrias causadas pelo corte estimulam não só a respiração que

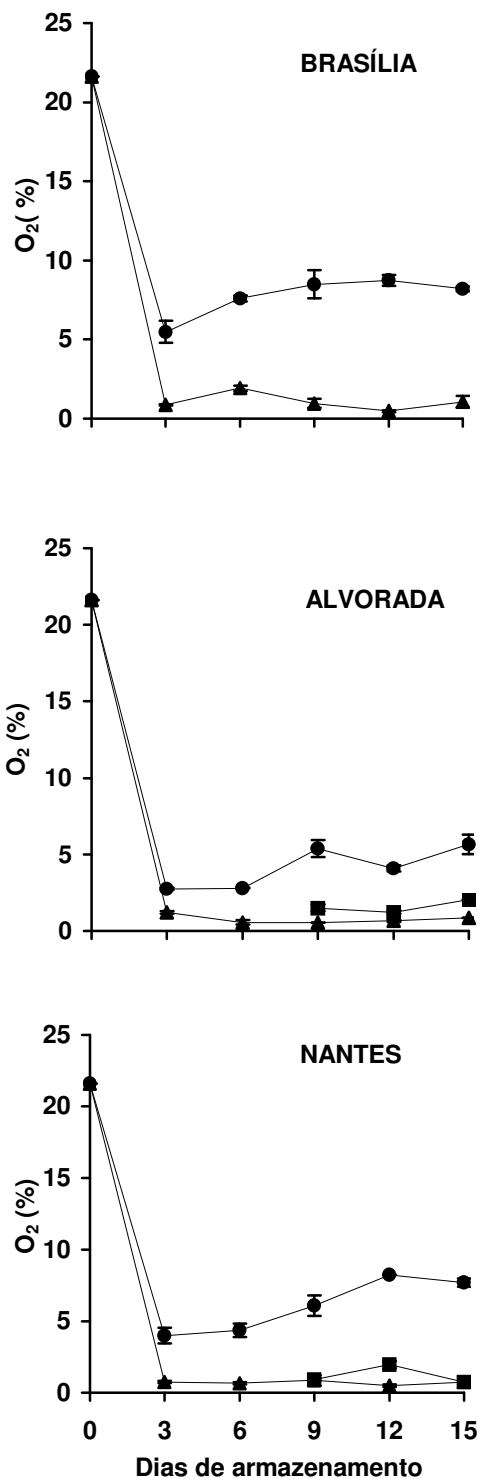


Figura 14. Concentração de O<sub>2</sub> no interior das embalagens de PVC(-●-), PP (-■-) e MC (-▲-), contendo cenoura minimamente processada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, mantidas à temperatura de 5 °C

consome o oxigênio na respiração mitocôndrial, mas também a atividade de enzimas consumidoras de oxigênio como lipoxigenases, peroxidases e polifenolxidasas (TAIZ, 1991).

Nas embalagens de polipropileno, baixíssimos níveis de O<sub>2</sub> foram encontrados durante o armazenamento. A concentração de O<sub>2</sub> foi reduzida de 21% para 0,9, 0,5 e 0,8 % nas embalagens de PP contendo cenoura Brasília, Alvorada e Nantes, respectivamente (Figura 14). Essa redução drástica nos níveis de O<sub>2</sub> foi verificada no terceiro dia e a concentração de O<sub>2</sub> permaneceu em torno daqueles valores até o final do armazenamento. Esses resultados indicam que a embalagem de polipropileno utilizada possui características físico-químicas que conferem alta barreira ao O<sub>2</sub>.

Nas embalagens MC, somente foi possível quantificar-se a concentração de O<sub>2</sub> a partir do 9º dia de armazenamento, quando ocorreu perda do vácuo. No entanto, ocorreu redução do vácuo apenas nas embalagens que acondicionavam as cultivares Alvorada e Nantes. A concentração de oxigênio no interior das embalagens estava em torno de 1,1 % (Alvorada) e 0,9 (Nantes) (Figura 14).

#### **4.3.2- Concentração de etileno**

Observou-se acúmulo de etileno no início do período de armazenamento nas embalagens de PVC e PP, o qual deve ter sido proveniente do estresse ocasionado pelo corte (Figura 15). A concentração de etileno na embalagem de PVC, no terceiro dia de armazenamento, foi aproximadamente 0,19, 0,5 e 0,25 ppm com as cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, respectivamente (Figura 15). Esses níveis reduziram-se ligeiramente após o terceiro dia e tenderam a estabilizar-se até o final do armazenamento, com exceção da cultivar Alvorada que apresentou um pequeno aumento no nono dia .

Devido às características de barreira das embalagens de polipropileno, maiores concentrações de etileno foram observadas quando comparadas com aquelas encontradas nas embalagens de PVC. No terceiro dia de armazenamento, o nível de etileno estava em torno de 1,5 ppm para as três

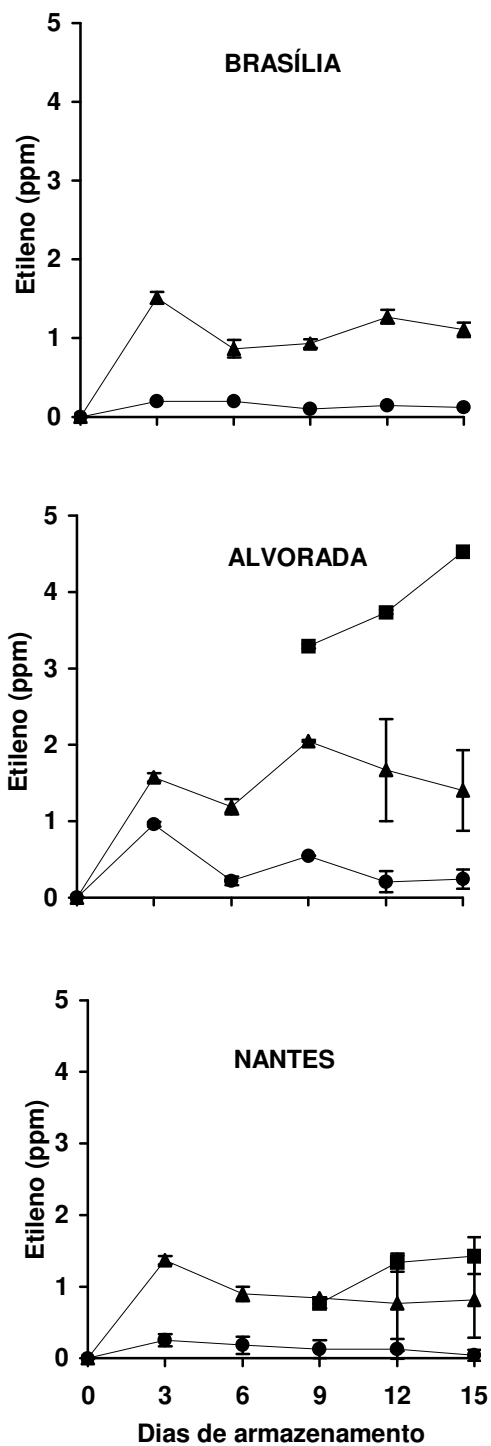


Figura 15. Concentração de  $C_2H_2$  no interior das embalagens de PVC(-●-), PP (-●-) e MC (-●-) contendo cenoura minimamente processada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, mantidas à temperatura de 5 °C

variedades acondicionadas em PP. Na embalagem MC, a concentração de etileno, medida após o nono dia de armazenamento, aumentou até o 12º dia, alcançando níveis de 4,53 ppm (Alvorada) e 1,43 ppm (Nantes) (Figura 15). HOWARD e GRIFFIN (1993) encontraram níveis de 0,39 ppm de etileno em embalagens contendo cenoura tipo “palito”, no primeiro dia após o processamento mínimo. A concentração de 0,39 ppm declinou rapidamente a 0,02 ppm, após o terceiro dia, e permaneceu constante até o final do armazenamento. Esses autores associaram a elevada taxa de produção de etileno aos ferimentos provocados pelo corte e justificaram o decréscimo pela sua rápida difusão através do filme flexível.

#### **4.3.3- Teores de etanol e acetaldeído**

A presença de etanol e acetaldeído não foi verificada no dia do processamento, em todas as amostras de cenoura minimamente processada (Figura 16 e 17). No produto embalado com PVC não foram detectados etanol e acetaldeído durante todo o período de armazenamento (Figura 16). Portanto, a pressão parcial de oxigênio dentro destas embalagens foi suficiente para manter a respiração aeróbia dos tecidos de cenoura devido à sua alta permeabilidade ao CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (Figuras 13 e 14).

Nos tecidos de cenoura minimamente processada, acondicionados nas embalagens de PP e MC, as concentrações de etanol e acetaldeído aumentaram durante o período de armazenamento (Figura 16 e 17). Portanto, os baixos níveis de oxigênio verificados nas embalagens de PP e MC (Figura 14), foram suficientes para propiciar o desenvolvimento de respiração anaeróbia, com conseqüente produção de etanol e acetaldeído. Essas observações estão de acordo com KATO-NOGUCHI e WATADA (1997) que, analisando o efeito da baixa atmosfera de oxigênio (0,5 e 2%) em cenoura ralada, verificaram um rápido acúmulo de etanol e acetaldeído logo no 3º dia de armazenamento. Segundo LESHUK e SALTVEIT (1991), a produção de lactato e etanol, em discos de cenoura, iniciou-se entre 10 e 50 minutos após a exposição dos tecidos à atmosfera contendo 2% ou menos de O<sub>2</sub>. Nessas condições limitantes de oxigênio, a fermentação etanólica pode ser essencial para sobrevivência dos tecidos, pois permite a síntese, embora limitada, de

ATP, pela fosforilação ao nível de substrato, regenera o  $\text{NAD}^+$  e remove o excesso de prótons do citoplasma (KATO-NOGUCHI e WATADA 1996 a, b).

Observou-se que os níveis de acetaldeído foram muito menores do que as correspondentes concentrações de etanol. Esse fato pode ser atribuído a ação da enzima terminal da rota de fermentação alcoólica, a desidrogenase álcoolica, que converte o acetaldeído a etanol. Essa enzima é necessária para remoção do acetaldeído dos tecidos devido seu efeito fitotóxico (KATO-NOGUCHI e WATADA 1997).

De modo geral, a cultivar Brasília apresentou os menores níveis de etanol e acetaldeído, tanto nas embalagens PP, quanto nas embalagens MC, em relação às outras cultivares, durante o armazenamento. Sugere-se, portanto, a ocorrência de um metabolismo glicolítico mais lento na cultivar Brasília, também nas condições de anaerobiose. Vale ressaltar que os fatores como as condições edafoclimáticas, tratos culturais empregados, idade de colheita e manejo pós-colheita influenciam a qualidade das raízes utilizadas e, portanto, a caracterização fisiológica das cultivares em outras regiões pode ser variável.

Observou-se sob a embalagem MC que o produto desenvolveu uma aparência “gelatinosa” ou seja, um aspecto úmido. BARRY-RYAN et al. (2000), CARLIN et al.(1990) e AMANANTIDOU et al. (2000) observaram que a deterioração de cenouras raladas ocorre devido ao desenvolvimento de uma aparência limosa que é associada ao vazamento de eletrólitos, principalmente íons  $\text{K}^+$  e nutrientes, especialmente, açúcares. A perda de firmeza dos tecidos, o desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e a produção de “limo” são características associadas à atmosfera com altos níveis de  $\text{CO}_2$ , em torno de 30%, e baixos níveis de  $\text{O}_2$  abaixo de 1,5%. Essas condições conduzem ao catabolismo anaeróbio, com consequente produção de etanol, acetaldeído e ácido láctico além de propiciar o crescimento de bactérias lácticas e leveduras (CARLIN et al., 1990 e AMANANTIDOU et al., 2000).

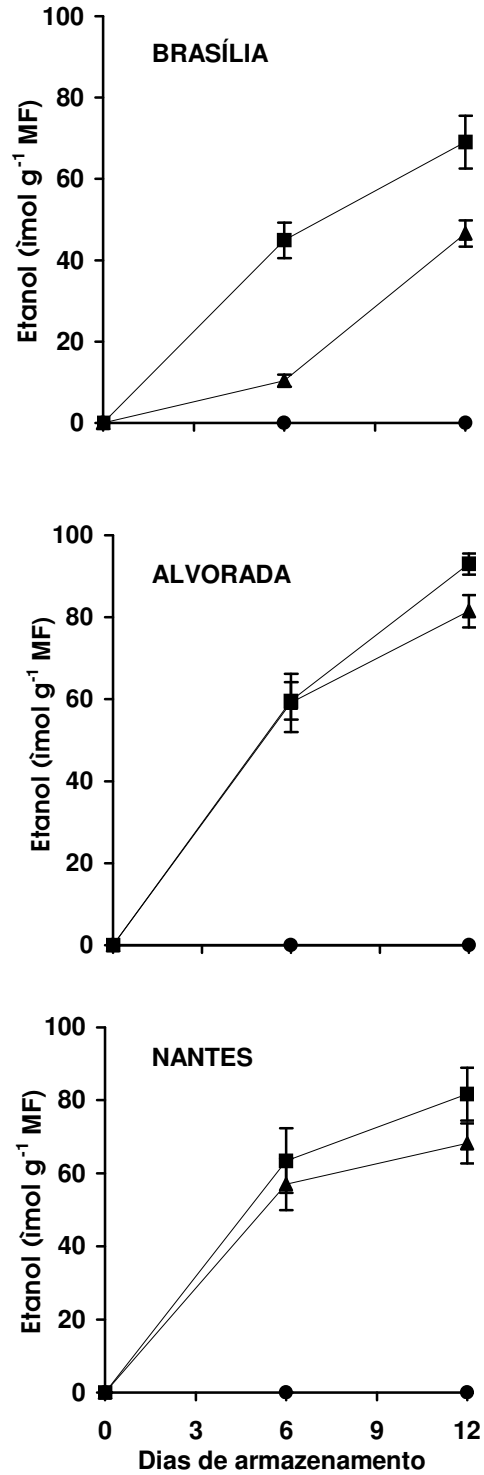


Figura 16. Concentração de etanol em cenoura ralada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, acondicionadas nas embalagens de PVC(-•-), PP (-•-) e MC (-•-), mantidas à temperatura de 5 °C

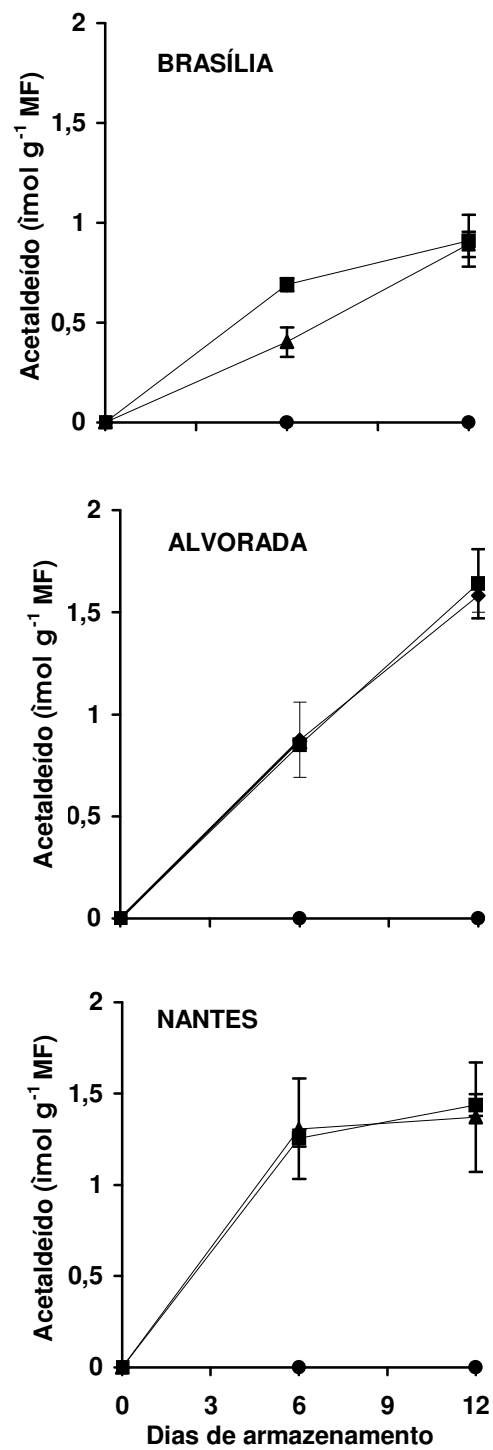


Figura 17. Concentração de acetaldeído em cenoura ralada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes, acondicionadas nas embalagens de PVC(-•-), PP (-•-) e MC (-•-), mantidas à temperatura de 5 °C

#### 4.3.4- pH

As cultivares Brasília, Alvorada e Nantes minimamente processadas e embaladas em bandejas cobertas com filme de PVC apresentaram os valores de pH constantes em torno de 6, durante todo o período de armazenamento (Figura 18).

Algumas diferenças estatisticamente significativas nas alterações no pH foram verificadas entre as cultivares, durante o armazenamento, em embalagens de PP e MC. Com a cultivar Brasília, embalada em PP, considerando-se a os valores de pH aumentaram linearmente em função do tempo.

A estabilização do pH ocorreu após o terceiro dia, na cultivar Alvorada (Figura 18). Com a Nantes, o aumento de pH verificou-se até o 8º dia, permanecendo constante após esse período.

Quanto às embalagens MC, houve também um aumento linear do pH dos tecidos da cultivar Brasília, durante todo o armazenamento. Esse fato se verificou apenas até o quarto dia com as cultivares Alvorada e Nantes, pois a partir desse, os valores tenderam a permanecer constantes.

O aumento do pH durante o armazenamento tem sido observado em diversos produtos minimamente processados. Resultados semelhantes foram observados em cenoura ralada (BARRY-RYAN et al., 2000), couve (CARNELOSSI, 2000), repolho (SILVA, 2000, FANTUZZI, 1999) e alho (GERALDINE, 2000) , couve flor e brócolis (KADER, 1986). O contrário foi verificado por KATO-NOGUCHI e WATADA (1997), em que o pH dos tecidos de cenoura ralada diminuiu até o terceiro dia, permanecendo constante após esse período. Isso foi observado quando o nível de CO<sub>2</sub> foi mantido abaixo de 0,03% e os tecidos de cenoura foram submetidos à atmosfera de 0,5 e 2% de O<sub>2</sub>. Os valores de pH das cenouras raladas acondicionadas em bandeja coberta com filme de PVC foram estatisticamente menores em relação aos

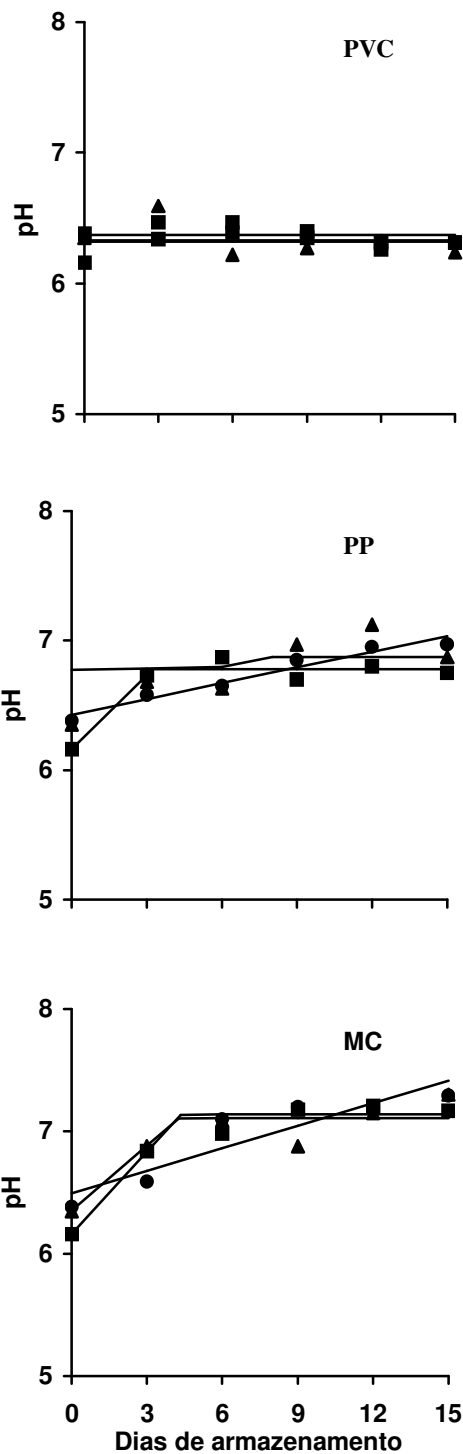


Figura 18. Valores de pH de cenoura minimamente processada, cultivares Brasília (-□-), Alvorada (-●-) e Nantes (-▲-), acondicionadas em embalagens de PVC, PP e MC, durante o armazenamento a 5 °C

valores de pH do produto embalado em MC e PP, sendo os maiores valores verificados no produto acondicionado nas embalagens MC. As embalagens de PP e MC apresentaram baixa permeabilidade ao CO<sub>2</sub> e ao O<sub>2</sub>. Portanto, sugere-se que o aumento do pH nos tecidos de cenoura pode estar relacionado à resposta do tecido para neutralizar a acidez gerada pelo CO<sub>2</sub>, ou ainda, ao aumento da população de microrganismos (KADER, 1986) .

#### **4.3.5- Perda de massa fresca**

As cenouras minimamente processadas acondicionadas em bandejas envolvidas com filme de PVC apresentaram as maiores perdas de massa fresca em relação àquelas armazenadas nas outras embalagens testadas. A alta permeabilidade do filme PVC ao vapor d'água foi suficiente para permitir que as cultivares de cenoura minimamente processadas apresentassem uma perda de 2 a 4% da massa fresca inicial, após 15 dias de armazenamento (Figura 19). Essa redução da massa inicial foi suficiente para proporcionar ao produto um aspecto ressecado ou seja, uma aparência esbranquiçada. A cenoura contém 88% de água (em relação ao peso) e a umidade relativa dos espaços intercelulares é portanto muito próxima a 100%. Assim, a tendência é que quase sempre o vapor d'água escape desses espaços, por meio da evaporação. Esse processo ocorre porque a UR do ar nas câmaras é frequentemente menor que 100%. Além disso, a cenoura minimamente processada apresenta uma maior relação superfície/volume, o que facilita a perda de água (TATSUMI, 1991). A perda de umidade na cenoura minimamente processada reduz a qualidade sensorial , pois a perda de turgescência afeta a textura do produto (TALCOTT et al. 2001).

Constatou-se que a menor perda de massa fresca do produto ocorreu so as embalagens PP e MC, em que houve uma redução máxima de aproximadamente 0,4% e 0,2 % respectivamente (Figura 19). Ambas as embalagens apresentam baixa permeabilidade ao vapor d'água; assim, a saturação do mesmo no interior das embalagens não foi suficiente para

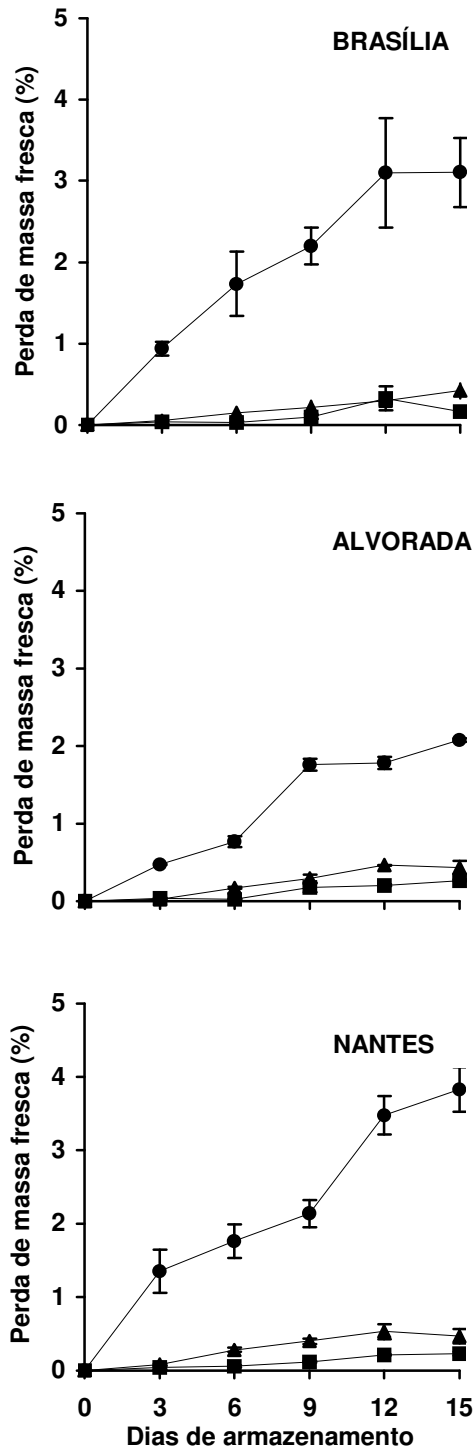


Figura 19. Perda de massa fresca (%) de cenoura minimamente processada das cultivares Brasília, Alvorada e Nantes acondicionadas nas embalagens de PVC (-●-), PP (-■-) e MC (-▲-), mantidas à temperatura de 5 °C

favorecer a formação de um gradiente de pressão de vapor entre o produto e o espaço vazio, dificultando a perda de água.

Nas superfícies internas das embalagens de PP observou-se uma condensação do vapor d'água, o que pode ser atribuído à característica de barreira do filme polimérico. Segundo CAMERON et al. (1995), a quantidade de condensado formado pode estar relacionada à diferença de temperatura dentro e fora da embalagem, ao volume vazio da mesma e, principalmente, à natureza do filme polimérico. A ocorrência de condensado pode fazer aumentar a atividade microbológica e pode acarretar modificações na taxa de permeabilidade do filme, bloqueando a difusão de O<sub>2</sub> para o produto e, portanto, favorecendo a fermentação (CAMERON et al., 1995).

#### **4.3.6- Teor de sólidos solúveis**

Observou-se que os teores de sólidos solúveis das cultivares Nantes e Brasília minimamente processadas permaneceram constantes durante o armazenamento em PVC (Figura 22). Na cultivar Alvorada foi possível constatar um pequeno aumento linear de aproximadamente 1º Brix, durante a estocagem, sugerindo que a perda de água no produto acondicionado em PVC pode ser suficiente para fazer concentrarem-se os sólidos solúveis (Figura 22). Quando a cenoura minimamente processada foi armazenada em PP e MC, não houve alteração significativa nos teores de sólidos solúveis com as três cultivares.

Os teores de sólidos solúveis nos produtos embalados em PVC foram maiores em relação ao produto acondicionado em MC, porém essa diferença pôde ser observada somente no 6º dia para cultivar Alvorada e a partir do 12º dia para Brasília.

O metabolismo nas condições de anaerobiose também pode diminuir a concentração de reservas energéticas devido ao rápido consumo de substratos respiratórios. No entanto, uma redução na concentração de sólidos solúveis, não foi observada. No processo de senescência dos tecidos ocorrem possíveis alterações nos componentes de parede celular, com a liberação de seus constituintes, principalmente pectina e hemicelulose. Assim, o processo de consumo de reservas energéticas pela respiração pode ter resultado na

redução de sólidos solúveis. Entretanto, concomitantemente, pode ter ocorrido a liberação de carboidratos da parede celular durante as mudanças degradativas na composição da mesma.

#### **4.3.7- Índice de esbranquiçamento**

Durante o período de armazenamento observou-se o desenvolvimento de um esbranquiçamento na superfície das cenouras minimamente processadas de todas as cultivares acondicionadas nas embalagens de PVC (Figura 20). Um aumento linear no IE (índice de esbranquiçamento) em função do tempo foi verificado nas cultivares Brasília e Alvorada. O desenvolvimento do esbranquiçamento na cultivar Nantes foi linear apenas até o terceiro dia, não evoluindo significativamente nos dias seguintes (Figura 20).

Comparando-se as cultivares, o IE médio inicial apresentou valor de 32, 30 e 24 nas cultivares Brasília, Nantes e Alvorada, respectivamente. Portanto, inicialmente, a cultivar Alvorada apresentou uma cor laranja mais intensa do que as outras duas. Ao final dos 15 dias, o IE atingiu 45 (Brasília), 43 (Nantes) e 39 (Alvorada), indicando, portanto, que houve desenvolvimento de esbranquiçamento na superfície das três cultivares embaladas em PVC (Figura 20).

Nas embalagens de PP e MC, o IE permaneceu constante, indicando que não houve esbranquiçamento significativo nos tecidos de cenoura das cultivares Brasília e Nantes. No entanto, a cultivar Alvorada nessas embalagens apresentou variação significativa de cor até aproximadamente o 4º dia.

De modo geral, sob as embalagens de PVC, os IE dos tecidos de cenoura apresentaram os maiores valores quando comparados ao IE do produto acondicionado em PP e MC. Com a cultivar Brasília, essas diferenças já foram significativas logo a partir do terceiro dia. Com a cultivar Alvorada e Nantes, o efeito da embalagem no IE ocasionou diferenças mais pronunciadas a partir do 9º dia. As bandejas cobertas com filme PVC são mais permeáveis ao vapor d'água e isso possibilitou a desidratação dos tecidos de cenoura minimamente processada, que perdeu em torno de 2 a 4% de

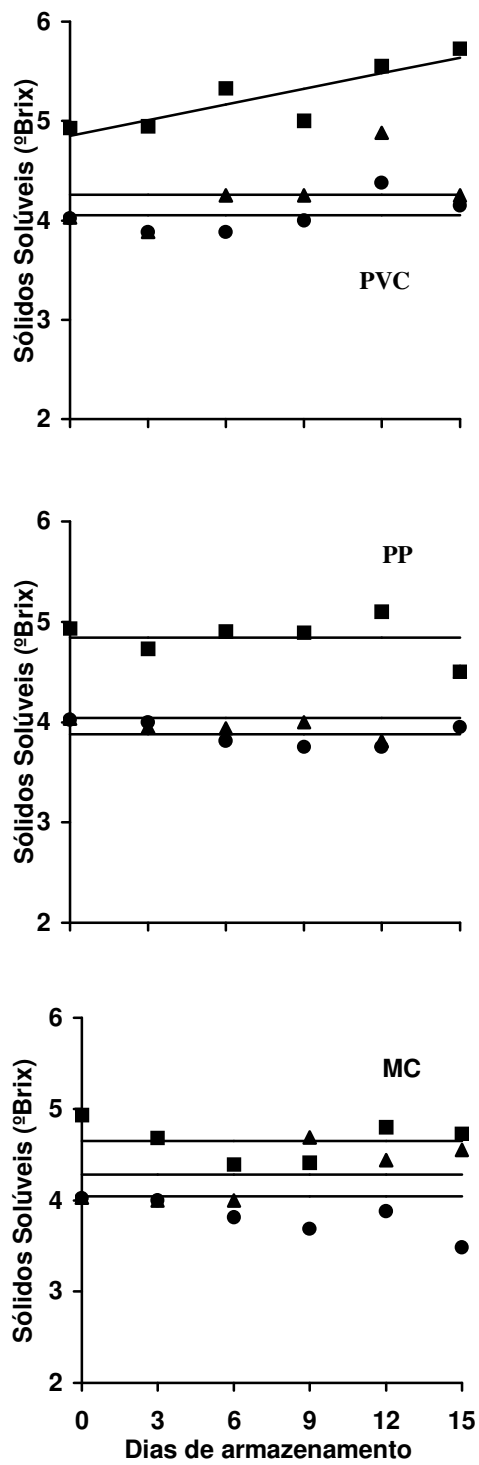


Figura 22. Teores de sólidos solúveis (°Brix) em cenoura minimamente processada das cultivares Brasília (-•-), Alvorada (-•-) e Nantes (-•-), acondicionadas em embalagens de PVC, PP e MC, durante o armazenamento a 5 °C

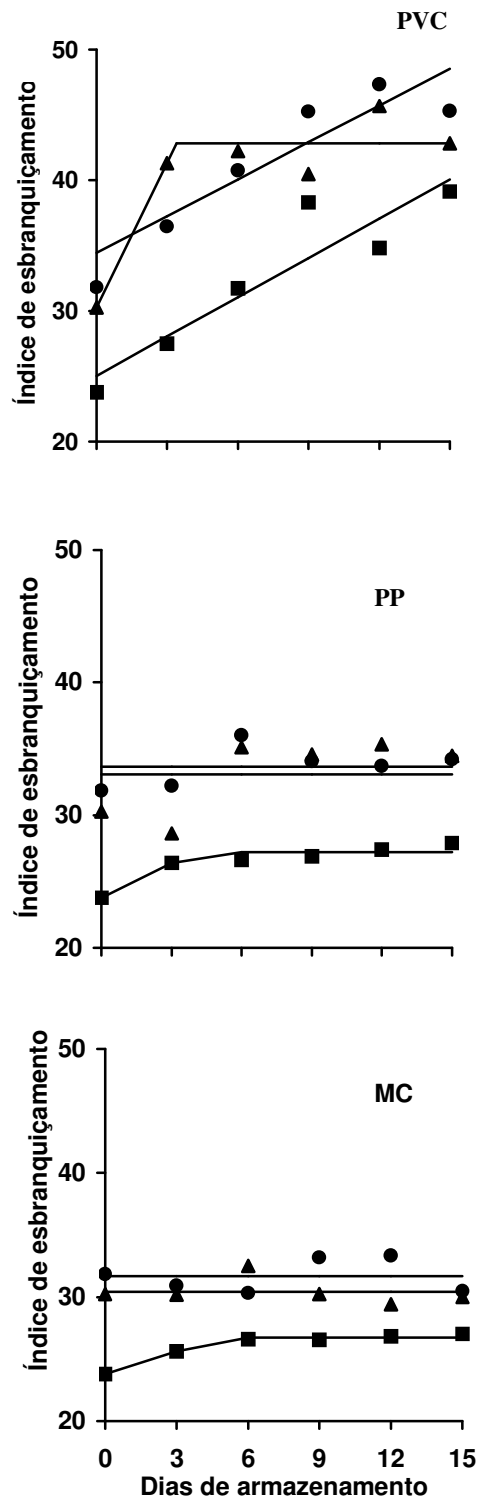


Figura 20. Índice de esbranquiçamento de cenoura minimamente processada das cultivares Brasília (-●-), Alvorada (-▲-) e Nantes (-■-), acondicionadas em embalagens de PVC, PP e MC, durante o armazenamento a 5°C

massa (Figura 19). AVENA et al. (1993) relataram que o desenvolvimento do esbranquiçamento depende da umidade relativa e que a sua manutenção pode retardar o início do esbranquiçamento. Em experimento em que cenouras foram descascadas e mantidas a 10° C sob umidade relativa de 33%, 75% e 98%, os índices de esbranquiçamento foram crescentes com a redução da umidade relativa do ambiente em que foram armazenadas (CISNEROS-ZEVALHOS et al., 1997). Adicionalmente, o corte dos tecidos de cenoura ativa o metabolismo de fenólicos, que induz a lignificação das células. Essa lignificação também está relacionada ao esbranquiçamento da superfície dos tecidos (BOLIN E HUXSOLL, 1991; TATSUMI et al., 1993).

#### **4.3.8- Teores de carotenóides totais**

Não houve interferência do tipo de embalagem no teor de carotenóides durante o armazenamento a 5° C (Figura 21). A cultivar Alvorada minimamente processada apresentou aproximadamente 14% a mais, em média, de carotenóides em relação às cultivares Brasília e Nantes (Figura 21). De acordo com PEREIRA (2002), os teores de carotenóides totais da cultivar Alvorada intacta superam os teores de carotenóides da cultivar Brasília em 25% e da cultivar Nantes em 37%. Essa diferença de resultados pode ser atribuída ao fato de que os teores de carotenóides totais podem variar com cultivar, áreas produtivas e outros fatores ambientais como efeitos climáticos e geográficos, tipo de cultivo, agroquímicos e condições de estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

Os carotenóides são precursores diretos da vitamina A e, portanto, a manutenção desses carotenóides durante o armazenamento de cenoura minimamente processada é de fundamental importância na preservação da qualidade nutricional.

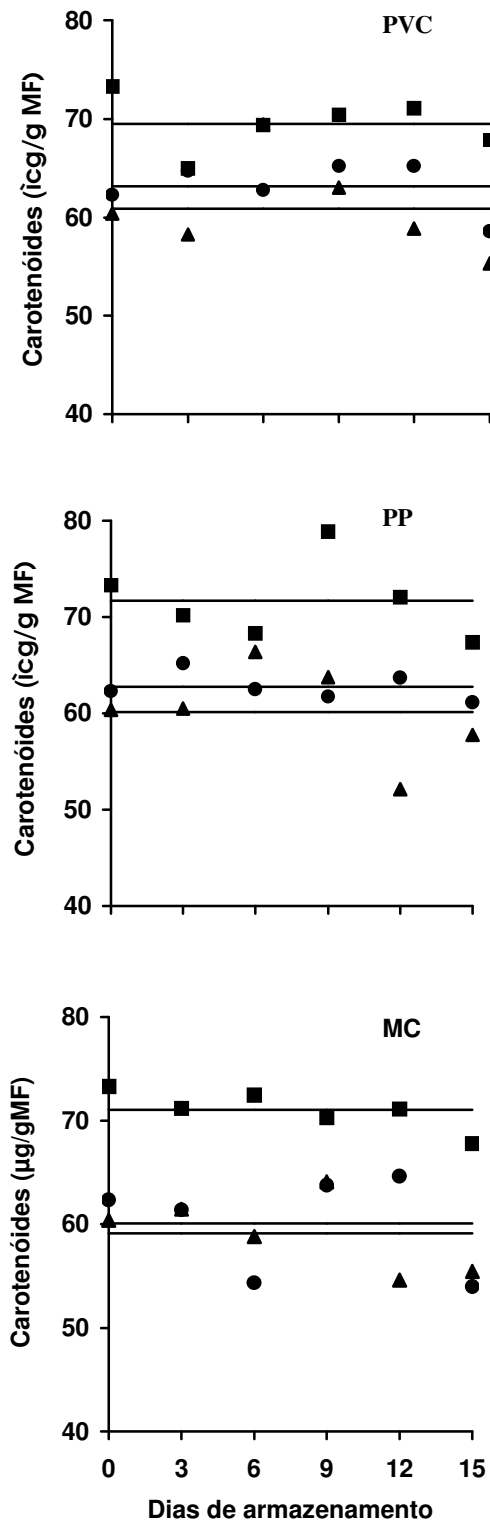


Figura 21. Teores de carotenóides (̑cg/g MF), em cenoura minimamente processada das cultivares Brasília (-●-), Alvorada e (-●-) Nantes (-●-), acondicionadas em embalagens de PVC, PP e MC, durante o armazenamento a 5°C.

## CONCLUSÕES

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de se obter uma tecnologia adequada para o processamento de cenoura ralada e avaliar-se a qualidade da matéria prima estocada sob diferentes tipos de embalagens.

Os resultados experimentais indicam que a etapa de sanitização pode ser realizada antes ou após o corte, desde que os procedimentos de higienização e sanitização durante o processamento sejam rigorosamente controlados. O aumento da concentração de cloro foi eficaz em reduzir a contaminação microbológica. Entretanto, quando se utilizou a concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, para a sanitização da cenoura ralada, verificou-se uma alteração no sabor. Portanto, a concentração de 150 mg L<sup>-1</sup> de cloro foi utilizada na sanitização da cenoura ralada após o corte.

O tempo de centrifugação necessário para retirar-se o excesso de água proveniente das etapas de sanitização e enxágüe foi estabelecido em 25 s, com a utilização de uma centrifuga doméstica, com velocidade angular máxima de 2200 rpm (800 g), para uma massa de 1500 g do produto. Em uma centrífuga industrial com velocidade angular máxima de 1700 rpm (647 g), observou-se que o tempo de 5 s foi suficiente para retirar toda a umidade absorvida ou aderida à superfície de uma massa de 3 kg de cenoura ralada.

A taxa respiratória em cenouras intactas e minimamente processadas logo após a colheita e armazenadas à temperatura ambiente foi maior em relação à taxa respiratória daquelas armazenadas por 24 horas, a 5º C e posteriormente mantidas em sistema fechado a 5º C. Verificou-se que a temperatura de armazenamento e o estresse da colheita influenciaram a taxa respiratória das amostras sob temperatura ambiente. O resfriamento das raízes imediatamente após a colheita e o armazenamento do produto a baixas temperaturas mostraram-se fundamentais para manutenção da qualidade e maior vida de prateleira do produto.

Variações na taxa respiratória entre as cultivares foram verificadas principalmente em cenouras minimamente processadas. A taxa respiratória e evolução de etileno aumentaram imediatamente após o corte em todas as cultivares. Em geral, a cultivar Brasília apresentou as menores taxas respiratórias, durante o período de armazenamento, tanto em sistema fechado, quanto em sistema aberto. Embora essa seja uma característica fisiológica importante para o produto minimamente processado, é necessária a avaliação da cultivar em locais diferentes, pois as condições de cultivo podem afetar a qualidade das raízes.

Verificou-se que as embalagens de PP e MC, mesmo que tenham mantido os teores de carotenóides, cor e sólidos solúveis, não foram eficientes na conservação de cenoura ralada, uma vez que propiciaram condições para fermentação do produto. Sob as embalagens de PVC não foi verificada a ocorrência de fermentação, porém essa embalagem possibilitou uma maior desidratação e perda de cor do produto.

Considerando-se as peculiaridades das cultivares, o maior teor de carotenóides e uma cor laranja mais acentuada, característicos da cultivar Alvorada, constitui-se em atributos que podem conferir qualidade à cenoura minimamente processada durante o período de armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 179-187, 1996.
- AMANATIDOU, A., SLUMP, R. A. GORRIS, L. G. M. ,SMID, D. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 65, n.1, p. 61-66, 2000.
- AOAC- **Official Methods of Analysis**, 14<sup>th</sup> ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1984.
- BABIC, I.; AMIOT, M.J.; NGUYEN-THE, C. Changes in phenolics content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. **Acta Horticulturae**, n. 343, p. 123-129, 1993.
- BALDWIN, E.A.; NÍSPEROS-CARRIEDO, M.O.; BAKER, R.A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p. 35-38, 1995.
- BANWART, G.J. Control of microorganism. In BANWART, G.J. (ed) **Basic food microbiology**. 2<sup>nd</sup>.Ed. New York: AUJ, 1989. cap 10, p.505-544.
- BARRY-RYAN, C.; PACUSSI, J.M.; O'BEIRNE, D. Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 726-730, 2000.
- BEAUDRY, R. M. Effect of O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 293-303, 1999.
- BITTENCOURT, M.T. **Atividade microbiana em couve (*Brassica oleracea cv.acephala*) minimamente processada**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 79p. (Tese de Mestrado).
- BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 416-418, 1991.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p.18-22, 1995.

- BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. American Society of Plant Physiologists. Rockville , 2000. 1367 p.
- BUICK, R. K., DAMAGLOU, A. P. The effect of vacuum packaging on the microbial spoilage and shelf-life of “ready-to-use” sliced carrots. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.38, p. 167-175, 1987.
- BURNS, J.K. Proceedings of the colloquium on lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p.14, 1995.
- CAMERON, A. C., TALASILA, P. C., JOLES, D. W. Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, p.25-34, 1995.
- CANTWELL, M. Preparation and quality of fresh cut produce. IN: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa – MG, Anais...Viçosa – MG: UFV, p. 156-182.
- CARLIN, F.; NUGYEN-THE, C.; HILBERT, G.; CHAMBROY, Y. Modified atmosphere packaging of fresh “ready-to-use” grated carrots in polymeric films. **Journal of Food Science**, v. 55, p. 1033-1038, 1990.
- CARLTON, B.C.; PETERSON, C.E.; TOLBERT, N.E. Effects of ethylene and oxygen on production of a bitter compound by carrot roots. **Plant Physiology**, v.36, p. 550-552, 1961.
- CARNELOSSI, M. A. G. **Fisiologia pós-colheita de folhas de couve (*Brassica oleracea cv.acephala*) minimamente processadas**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 79p. (Tese de Doutorado).
- CENCI, S.A. Pesquisa em processamento mínimo de hortaliças no Brasil. IN: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa – MG, Anais...Viçosa – MG: UFV, p. 110-116.
- CHERVIN, C.; BOISSEAU, P. Quality maintenance of ready-to-eat shredded carrots by gamma irradiation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 2, n.2, p. 7-17, 1992.
- CHITARRA, M.I.F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998. 87p.
- CISNEROS - ZEVALLOS, I.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J.M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 320-323, 1995.

- CISNEROS- ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J.M. Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 363-366, 1997.
- FANTUZZI, E. **Atividade microbiana em repolho minimamente processado**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 74p. (Tese de Mestrado).
- GARG, N., CHUREY, J. J., SPLITTSTOESSER, D.F. Effect of processing conditions on the microflora of fresh vegetables . **Journal of Food Protection**, v.53, n.8, p.701-703, 1990.
- GERALDINE, R.M. **Parâmetros tecnológicos para processamento mínimo de alho (*Allium sativum* L.)** .Viçosa, MG: UFV, 2000. 84p. (Tese de Mestrado).
- HOWARD, L. R.; GRIFFIN, L.E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1065-1067, 1993.
- IFPA. **Fresh-cut produce handling guidelines**. 3<sup>rd</sup> ed., Produce Marketing Association, Newark, 1999, 39 p.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E.; KO, N.P. Quality changes in carrots slices, sticks and shreds at various temperatures. *Food Science and technology*, v. 2, p. 71-73, 1995.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E.; KO, N.P.; DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrots slices, sticks and shreds. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 165-172, 1996.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.5, p.99-104, 1986.
- KADER, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. In: KADER, A.A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland, California: Division of Agriculture and Natural Resources- University of California, 1992. cap. 11, p. 85-92.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Low-oxygen atmosphere increase fructose 2,6 bisphosphate in fresh-cut carrots. **Journal of the American of Society Horticultural Science**, v. 121,n. 2, p. 307-309, 1996a.
- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Regulation of glycolytic metabolism in fresh-cut carrots under low oxygen atmosphere.. **Journal of the American of Society of Horticultural Science**, v. 121, n.1, p. 123-126, 1996b.

- KATO-NOGUCHI, H.; WATADA, A. E. Effects of low-oxygen atmosphere on ethanolic fermentation in fresh-cut carrots. **Journal of the American of Society Horticultural Science**, v. 122, n.1, p. 107-111, 1997.
- LAFUENTE, M.T.; LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; CANTWELL, M.; YANG, S.F. Factors influencing ethylene-induced isocoumarin formation and increased respiration in carrots. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.121, p. 537-542, 1996.
- LANA, M.M. Aspectos da fisiologia de cenoura minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p. 154-158, 2000.
- LANA, M.M., VIEIRA, J. V. Fisiologia e manuseio pós-colheita de cenoura. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 15 p.
- LI, P., BARTH, M.M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 51-60, 1998.
- LESHUK, J. A., SALTVEIT Jr., M. E. Effects of rapid changes in oxygen concentration on the respiration of carrot roots. **Physiologia Plantarum**, v.82, p. 559-568, 1991.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.). **Methods in Enzymology**. London: Academic Press, 1987. v.148, p.350-381.
- MEIRELLES, J. C. de S. Classificação de cenoura. São Paulo: CEAGESP-SP, 2001, folder. 4 p.
- MORETTI, C. L. Cenoura minimamente processada em Brasília. Viçosa. 2001. (comunicação Pessoal).
- PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides totais em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com as medidas de cor**. Viçosa, MG: UFV, 2002.153p. (Tese de Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- PHAN, C.T., HSU, H., SARKAR, S.K. Physical and chemical changes occurring in the carrot root during storage. **Canadian Journal of Plant Science**.v.53, p. 635-641, 1973.
- PRIEPKE, P.E.; WEI, L.S.; NELSON, A.I. Refrigerated storage of prepackaged salad vegetables. **Journal of Food Science**, v. 41, p. 379-382, 1976.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOUS, F. (ed). **Shelf life studies of foods beverages-chemical, biological, physical and nutritinal aspects**. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. p.547-589.

- ROLLE, R.; CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, p. 157-65, 1987.
- ROMIG, W.R. Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v.30, p. 38-40, 1995.
- ROSA, O.O.; CARVALHO, E.P. de. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. **Boletim SBCTA**, v. 34, p. 84-92, 2000.
- RUBATZKY, V. E.; QUIROS, C.F.; SIMON, P.W. **Carrots and related vegetable Umbelliferae**. Davis: CABI Publishing, 1999. 294 p. (Crop production science in horticultural, 10 ).
- SALTVEIT, M.E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 279-292, 1999.
- SCHMIDT, R.H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. In: **HACCP- Hazard Analysis Critical Control Point – Implementation**. 1998, Flórida, 1998.
- SILVA, E.de O. **Fisiologia pós-colheita de repolho (*Brassica oleracea cv. capitata*) minimamente processado**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 79p. (Tese de Doutorado).
- SMYTH, A. B., TALASILA, P.C., CAMERON, A. C. An etanol biosensor can detect low-oxygen injury in modified atmosphere packages of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 127-134, 1999.
- SODE, F.; KUHN, B.F. Respiration in MA-packed, cut carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 223-232, 1998.
- SOUSA, C. A. F. de., SODEK, L. The metabolic response of plants to oxygen deficiency. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14,p. 83-94, 2002.
- SWANSON, K. M. J., BUSTA, F., PETERSON, E, H,, JOHNSON, M. G. In: VANDERZANT, C., SPLITTSTOESSER, D. F. (Eds.). **Compedium of methods for microbiological examination of foods**. 3. ed. APHA: 1992. p.75-95.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology 2<sup>nd</sup> ed**. Redwood city. The Benjamin Cummings Publishing company. 1991. 582 p.
- TALCOTT, S.T.; HOWARD, L.R.; BRENES, C.H. Factors contributing to taste and quality of commercially processed strained carrots. **Food Research International**, v.34, p. 31-38, 2001.
- TATSUMI, Y.; WATADA, A.E.; WERGIN, W.P. Scanning electron microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1357-1362, 1991.

- TATSUMI, Y.; WATADA, A.E.; LING, P.P. Sodium chlorine treatment or waterjet slicing effects on white tissue development of carrot sticks. **Journal of Food Science**, v. 58, p. 1390-1392, 1993.
- VIEIRA, J.V.; RITSCHER, P.S.; CHARCHAR, J.M.; LANA, M.M.; LIMA, O de B.; LOPES, C.A.; MOITA, A.M. Alvorada: Nova cultivar de cenoura para plantio de verão. Brasília:Embrapa-CNPQ, 2000, folder. 4p.
- WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, v.44, p.115-122, 1990.
- WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. London: Chapman & Hall, 1994. 357 p.
- ZHANG, S., FARBER, J. M. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. **Food Microbiology**, v.13, p. 311-321, 1996.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

Médias e equações de regressão ajustadas para as alterações no perfil das variáveis variação de massa, sólidos solúveis, temperatura e taxa respiratória da cenoura minimamente processada, em função de diferentes tempos de centrifugação em centrífuga doméstica

### 1. Variação de massa (g) ou massa (g) = VM + 1500

	Tempo de Centrifugação (s)					
	10	15	20	30	40	60
VM (g)	28,90	23,65	36,40	-26,97	-99,85	-258,50
	$\bar{Y} = 29,65$ para $10,00 \leq T \leq 21,77$					
	$\hat{Y} = 191,37 - 7,4293**T$ para $21,77 \leq T \leq 60$ e $R^2 = 0,9977$					
CV (%)	3,08					

### 2. Brix

	Tempo de Centrifugação (s)						
	0	10	15	20	30	40	60
BRIXCR	9,59	2,20	2,20	3,10	3,20	2,83	3,40
	$\hat{Y} = 9,5889 - 0,7389**T$ para $0 \leq T \leq 8,9895$ e $R^2 = 1$						
	$\bar{Y} = 2,9467$ para $8,9895 \leq T \leq 60$						
CV (%)	2,21						

### 3. Variação de temperatura

	Tempo de Centrifugação (s)					
	10	15	20	30	40	60
DTEMP	1,26	1,49	2,17	3,80	4,21	7,11
	$\hat{Y} = -0,100996 + 0,11787**T$ e $R^2 = 0,9841$					
CV (%)	1,35					

### 4. Taxa respiratória

	Tempo de Centrifugação (s)						
	0	10	15	20	30	40	60
TR	24,26	37,06	37,95	45,74	43,84	40,25	44,11
	$\hat{Y} = 43,45454 - 19,36224 (e^{-0,11928*T})$ $R^2 = 0,898$						
CV (%)	15,11						

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01).

## ANEXO 2

Média e equações de regressão ajustadas para as alterações no perfil das variáveis variação de massa, sólidos solúveis, temperatura e taxa respiratória da cenoura minimamente processada, em função de diferentes tempos de centrifugação em centrífuga industrial

### 1. Variação de massa (g) ou massa (g) = VM + 3000

	Tempo de Centrifugação (s)						
	2	3	4	5	10	15	20
VM (g)	196	45	32	-25,5	-33,5	-53,5	-108,5
	$\hat{Y} = 337 - 82**T$ , para $2 \leq T \leq 4,2417$ e $R^2 = 0,8090$ $\hat{Y} = 12 - 5,38**T$ , para $4,2417 \leq T \leq 20$ e $R^2 = 0,8621$ $R^2$ conjunto = 0,6378						
CV (%)	169,06						

### 2. Brix

	Tempo de Centrifugação (s)					
	0	2	5	10	15	20
BRIXCR	7,47	4,53	4,72	4,28	4,70	3,62
	$\hat{Y} = 7,47 - 1,4683**T$ para $0 \leq T \leq 2,139$ e $R^2 = 1$ $\bar{Y} = 4,3292$ para $2,139 \leq T \leq 20$					
CV (%)	9,03					

### 3. Temperatura

	Tempo de Centrifugação (s)			
	5	10	15	20
DTEMP	1,45	-0,24	0,39	1,51
	$\bar{Y} = 0,78$			
CV (%)	213,22			

### 4. Taxa respiratória

	Tempo de Centrifugação (seg)				
	2	5	10	15	20
TR	33,49	39,40	45,91	48,05	53,21
	$\hat{Y} = 33,306 + 1,02962**T$ e $R^2 = 0,9547$				
CV (%)	5,27				

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01).

### ANEXO 3

Médias de pH para o fator embalagem, dentro de cada tempo de armazenamento, e equações de regressão ajustadas para as alterações do pH sob cada embalagem, em função do tempo de armazenamento a 5 °C, para cada embalagem

Cultivar Brasília						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		6,47 a	6,39 c	6,40 c	6,26 c	6,31 c
PP	6,38	6,58 a	6,65 b	6,85 b	6,95 b	6,97 b
VÁCUO		6,59 a	7,10 a	7,20 a	7,19 a	7,29 a
PVC		$\bar{Y} = 6,37$				
PP		$\hat{Y} = 6,4254 + 0,0407064^{**}T$ e $R^2 = 0,9521$				
VÁCUO		$\hat{Y} = 6,49516 + 0,0613492^{**}T$ e $R^2 = 0,8330$				
CV (Parcelas) =2,45%			CV (Subparcelas) =2,23			
Cultivar Nantes						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		6,59 a	6,22 c	6,27 b	6,32 b	6,24 c
PP	6,35	6,68 a	6,63 b	6,97 a	7,12 a	6,87 b
VÁCUO		6,88 a	7,09 a	6,88 a	7,15 a	7,30 a
PVC		$\bar{Y} = 6,33$				
PP		$\hat{Y} = 6,385 + 0,0609^{**}T$ , $0 \leq T \leq 8,0064$ e $R^2 = 0,9210$				
		$\bar{Y} = 6,87$ , $8,0064 \leq T \leq 15$				
VÁCUO		$\hat{Y} = 6,3517 + 0,1769^{**}T$ , $0 \leq T \leq 4,2645$ e $R^2 = 1$				
		$\bar{Y} = 7,11$ , $4,2645 \leq T \leq 15$				
CV (Parcelas) = 2,77%			CV (Subparcelas) = 2,07%			
Cultivar Alvorada						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		6,34 c	6,47 c	6,35 c	6,31 c	6,31 c
PP	6,16	6,73 b	6,87 b	6,70 b	6,80 b	6,75 b
VÁCUO		6,84 a	6,98 a	7,18 a	7,21 a	7,17 a
PVC		$\bar{Y} = 6,32$				
PP		$\hat{Y} = 6,1608 + 0,1906^{**}T$ , $0 \leq T \leq 3,246$ e $R^2 = 1$				
		$\hat{Y} = 6,78$ , $3,246 \leq T \leq 15$				
VÁCUO		$\hat{Y} = 6,1608 + 0,2247^{**}T$ , $0 \leq T \leq 4,3378$ e $R^2 = 1$				
		$\hat{Y} = 7,14$ , $4,3378 \leq T \leq 15$				
CV (Parcelas) = 0,66%			CV (Subparcelas) = 0,31%			

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

\*\*Significativo pelo teste t ( $P < 0,01$ ).

#### ANEXO 4

Médias de teores de sólidos solúveis para o fator embalagem, dentro de cada tempo de armazenamento, e equações de regressão ajustadas para as alterações desta variável, em cada embalagem, em função do tempo de armazenamento a 5 °C

Cultivar Brasília						
Embalag	Tempo (dias)					
	0	3	6	9	12	15
PVC		3,88 a	3,88 a	4,00 a	4,38 a	4,15 a
PP	4,02	4,00 a	3,81 a	3,75 a	3,75 b	3,95 ab
VÁCUO		4,00 a	3,81 a	3,69 a	3,88 b	3,48 b
PVC				$\bar{Y} = 4,05$		
PP				$\bar{Y} = 3,88$		
VÁCUO				$\bar{Y} = 4,04$		
CV (Parcelas) = 5,52%			CV (Subparcelas) = 3,58%			

Cultivar Nantes						
Embalag	Tempo (dias)					
	0	3	6	9	12	15
PVC		3,88 a	4,25 a	4,25 ab	4,88 a	4,25 a
PP	4,03	3,95 a	3,94 a	4,00 b	3,81 b	4,50 a
VÁCUO		4,00 a	4,00 a	4,69 a	4,44 a	4,55 a
PVC				$\bar{Y} = 4,26$		
PP				$\bar{Y} = 4,04$		
VÁCUO				$\bar{Y} = 4,28$		
CV (Parcelas) = 6,20%			CV (Subparcelas) = 4,52%			

Cultivar Alvorada						
Embalag	Tempo (dias)					
	0	3	6	9	12	15
PVC		4,95 a	5,33 a	5,00 a	5,55 a	5,73 a
PP	4,93	4,73 a	4,90 ab	4,89 ab	5,10 ab	4,50 b
VÁCUO		4,68 a	4,39 b	4,41 b	4,80 b	4,73 b
PVC		$\hat{Y} = 4,8504 + 0,0525397**T$ e $R^2 = 0,7436$				
PP				$\bar{Y} = 4,84$		
VÁCUO				$\bar{Y} = 4,65$		
CV (Parcelas) = 1,78%			CV (Subparcelas) = 4,18%			

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).

\*\*Significativo pelo teste t (P < 0,01).

## ANEXO 5

Médias do Índice de esbranquiçamento para o fator embalagem, dentro de cada tempo de armazenamento, e equações de regressão ajustadas para as alterações desta variável em cada embalagem, em função do tempo de armazenamento a 5 °C

Cultivar Brasília						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		36,47 a	40,75 a	45,27 a	47,33 a	45,30 a
PP	31,83	32,20 ab	36,01 ab	34,05 b	33,71 b	34,21 b
VÁCUO		30,92 b	30,32 b	33,17 b	33,35 b	30,48 b
PVC	$\hat{Y} = 34,4576 + 0,93776**T$ e $R^2 = 0,8344$					
PP	$\bar{Y} = 33,67$					
VÁCUO	$\bar{Y} = 31,68$					
CV (Parcelas) = 9,65%			CV (Subparcelas) = 8,37%			
Cultivar Nantes						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		41,32 a	42,22 a	40,47 a	45,68 a	42,83 a
PP	30,24	28,64 b	35,13 a	34,58 a	35,36 ab	34,48 ab
VÁCUO		30,16 ab	32,51 a	30,24 a	29,38 b	30,00 b
PVC	$\hat{Y} = 30,2447 + 3,6908**T$ , $0 \leq T \leq 3,4022$ e $R^2 = 1$					
	$\bar{Y} = 42,80$ , $3,4022 \leq T \leq 15$					
PP	$\bar{Y} = 33,07$					
VÁCUO	$\bar{Y} = 30,42$					
CV (Parcelas) = 16,43%			CV (Subparcelas) = 10,87%			
Cultivar Alvorada						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		27,51 a	31,72 a	38,31 a	34,82 a	39,12 a
PP	23,78	26,42 a	26,63 a	26,88 b	27,40 b	27,91 b
VÁCUO		25,63 a	26,57 a	26,55 b	26,82 b	27,02 b
PVC	$\hat{Y} = 25,0288 + 1,00205**T$ e $R^2 = 0,8572$					
PP	$\hat{Y} = 23,7824 + 0,8776**T$ , $0 \leq T \leq 3,8982$ e $R^2 = 1$					
	$\bar{Y} = 27,20$ , $3,8982 \leq T \leq 15$					
VÁCUO	$\hat{Y} = 23,7824 + 0,6154**T$ , $0 \leq T \leq 4,8061$ e $R^2 = 1$					
	$\bar{Y} = 26,74$ , $4,8061 \leq T \leq 15$					
CV (Parcelas) = 10,39%			CV (Subparcelas) = 9,65%			

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

\*\*Significativo pelo teste t ( $P < 0,01$ ).

## ANEXO 6

Médias de teores de carotenóides totais para o fator embalagem, dentro de cada tempo de armazenamento, e equações de regressão ajustadas para as alterações desta variável em cada embalagem, função do tempo de armazenamento a 5 °C

Cultivar Brasília						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		64,74 a	62,78 a	65,25 a	65,24 a	58,57 a
PP	62,32	65,20 a	62,52 a	61,78 a	63,66 a	61,11 a
VÁCUO		61,38 a	54,34 a	63,74 a	64,62 a	53,96 a
PVC		$\bar{Y} = 63,15$				
PP		$\bar{Y} = 62,77$				
VÁCUO		$\bar{Y} = 60,06$				
CV (Parcelas) = 12,38%			CV (Subparcelas) = 9,74%			

Cultivar Nantes						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		58,24 a	69,41 a	63,02 a	58,85 a	55,31 a
PP	60,37	60,48 a	66,37 ab	63,72 a	52,14 a	57,78 a
VÁCUO		61,46 a	58,82 b	64,09 a	54,59 a	55,44 a
PVC		$\bar{Y} = 60,87$				
PP		$\bar{Y} = 60,14$				
VÁCUO		$\bar{Y} = 59,13$				
CV (Parcelas) = 6,43%			CV (Subparcelas) = 7,59%			

Cultivar Alvorada						
Tempo (dias)						
Embalag	0	3	6	9	12	15
PVC		64,96 a	69,35 a	70,43 b	71,11 a	67,83 a
PP	73,30	70,16 a	68,32 a	78,86 a	72,05 a	67,35 a
VÁCUO		71,17 a	72,45 a	70,27 b	71,12 a	67,79 a
PVC		$\bar{Y} = 69,50$				
PP		$\bar{Y} = 71,68$				
VÁCUO		$\bar{Y} = 71,02$				
CV (Parcelas) = 5,33%			CV (Subparcelas) = 6,18%			

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05).