

DEISE SILVA CASTRO PIMENTEL CARDOSO

CURA ARTIFICIAL DA CEBOLA (*Allium cepa* L.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C268c
2012

Cardoso, Deise Silva Castro Pimentel, 1979-
Cura artificial da cebola (*Allium cepa* L.) / Deise Silva
Castro Pimentel Cardoso. – Viçosa, MG, 2012.
ix, 78f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.65-68

1. Cebola - Fisiologia pós-colheita. 2. *Allium cepa*. 3. Cura.
4. Fisiologia vegetal. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

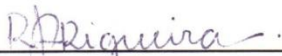
CDD 22. ed. 584.324041

DEISE SILVA CASTRO PIMENTEL CARDOSO

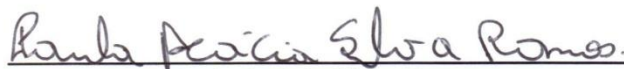
CURA ARTIFICIAL DE CEBOLA (*Allium cepa* L.)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

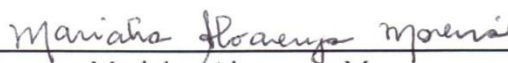
APROVADA: 8 de junho de 2012



Roberta Jimenez de Almeida Rigueira



Paula Acácia Silva Ramos



Marialva Alvarenga Moreira



Fernando Luiz Finger
(Orientador)

... Posso todas as coisas em Deus que me fortalece.

Aos colossenses 04: 13

A Deus,

Aos meus pais, Maria do Carmo e Israel,

Aos meus irmãos, Débora e Dênis,

Ao meu esposo, Luiz Antônio,

Aos meus filhos, Davi e Maria Luiza

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter-me permitido mais este objetivo.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade e infra-estrutura.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola pela infra-estrutura.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Fernando Luiz Finger pela orientação, amizade, estímulo e dedicação durante o programa.

Ao professor Adílio Flauzino de Lacerda Filho pela amizade, orientação e apoio.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela amizade, paciência e orientação durante a realização das análises estatísticas.

A professora Elizanilda, pela ajuda e atenção com as dúvidas de estatística.

Aos funcionários, em especial ao Geraldo e Sebastião, pela amizade e apoio.

A Teresa por toda ajuda, conselhos e principalmente pela sincera amizade.

A Fernanda pela amizade e companheirismo nos momentos mais difíceis.

A Ana Paula pela amizade, ajuda e dedicação durante a realização do experimento.

Aos colegas do laboratório de pós-colheita, Rusthon, Lucilene, Dani, Tânia, Ju, Cristina, Rhity, Luciana, Júlien, Christiane e Paula, por toda ajuda e convívio durante a realização do trabalho.

Ao Daniel e Robertinha por toda ajuda antes e durante o experimento.

Aos amigos de graduação, João Cássio, Carla e Brenda, pelos valiosos conselhos em seguir em frente.

Ao produtor José Francisco Coelho pelo fornecimento da cebola, nos anos de 2010 e 2011.

Aos estagiários Ariana, Danilo, Wellington e Lucas pela preciosa ajuda.

Aos meus tios, tias e primos, por todo apoio.

Aos meus pais e irmãos, por tudo.

Ao meu esposo Luiz Antônio Cardoso, pelo amor, amizade e compreensão.

Aos meus filhos, Davi e Maria Luiza, por existirem.

BIOGRAFIA

Deise, filha de Maria do Carmo Silva Castro Pimentel e Israel Silva Pimentel, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, no dia 22 de agosto de 1979.

Em janeiro de 2009, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em março de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1.INTRODUÇÃO	1
2.MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. MATERIAL VEGETAL.....	5
2.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	5
2.2.1. TRATAMENTOS APLICADOS.....	5
2.2.2. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	13
2.2.3. DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	14
• Teor relativo de água da casca e polpa (TRA)	14
• Percentual de bulbos deteriorados, brotados e enraizado no final do armazenamento.....	15
• Índice Visual de superação da dormência (IVD)	15
• Análise instrumental de cor (Colortec)	16
• Perda de massa da matéria fresca relativa (PMF)	16
• Teor de matéria seca (TMS).....	17
• Teores de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.	17
• Acidez Total titulável (ATT).....	19
• Sólidos solúveis (SS).....	19
• Atividade da Alinase	19
• Compostos fenólicos solúveis	20
2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICA	21
3.RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
• Ano de 2010.....	22
• Ano de 2011.....	52
4. CONCLUSÕES.....	64
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	69

RESUMO

CARDOSO, Deise Silva Castro Pimentel. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2012. **Cura artificial da cebola**(*Allium cepa* L.). Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-orientadores: Adílio Flauzino de Lacerda Filho e Paulo Roberto Cecon.

Com o objetivo de avaliar a conservação dos bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, utilizando uma unidade de tratamento de ar (UTA), conhecida como bomba de calor, como método alternativo de secagem, foi conduzido, em dois anos consecutivos (2010 e 2011), um experimento na Universidade Federal de Viçosa. Os bulbos foram curados em silos com capacidade de 500 kg. Os tratamentos consistiram em: T1 (aeração utilizando ar a temperatura ambiente), T2 (aeração utilizando ar quente e desidratado), T3 (aeração utilizando ar aquecido pela queima de propano) e T4 (Testemunha, bulbos curados com ar ambiente). Avaliou-se o teor relativo de água da casca e películas internas, coloração da casca e polpa, índice visual de superação da dormência, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, teor de massa seca, sólidos solúveis, acidez total titulável, atividade da alinase, teor de compostos fenólicos solúveis, perda de massa fresca e percentagem de bulbos deteriorados, brotados e enraizados no final de 14 dias de armazenamento. Em 2010, durante a cura, o teor relativo de água da polpa foi menor nos tratamentos com ar quente e desidratado e com ar aquecido pela queima de propano. Os bulbos curados com ar quente e desidratado apresentaram a polpa amarelo mais intenso. Os bulbos curados com ar aquecido pela queima de propano apresentaram maiores concentrações de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e sólidos solúveis, devido, provavelmente, a maior temperatura deste tratamento. Para a concentração de ácido pirúvico, os menores valores foram observados nos bulbos dos T2 e T3. A maior temperatura do ar nesses tratamentos, provavelmente, inibiu a atividade da alinase. Durante o armazenamento, a concentração de ácido pirúvico foi maior no tratamento com ar quente e desidratado. As maiores perdas de massa fresca relativa foram observadas nas primeiras camadas do tratamento com ar quente e desidratado e no tratamento com ar aquecido pela queima de propano. Os bulbos do T2 apresentaram a casca amarela e clara quando comparado com os bulbos da testemunha. Os tratamentos com ar quente e desidratado e ar aquecido pela queima de propano apresentaram maiores teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores. No final do armazenamento, não foram

observados bulbos brotados e enraizados, porém a testemunha apresentou maior porcentagem de bulbos deteriorados e maior índice visual de superação da dormência. No ano de 2011, a cura dos tratamentos foi finalizada em tempos diferentes, 12, 27, 48 e 168 horas para T1, T2, T3 e T4 respectivamente. Os bulbos da testemunha apresentaram os maiores valores médios para o teor relativo de água da casca e os bulbos curados com ar quente e desidratado apresentaram os maiores valores médios para o teor relativo de água da película interna. Os bulbos de cebola do T2 (ar quente e desidratado) apresentaram a polpa amarelo intenso no final do processo de cura. Conclui-se com este trabalho que, independente do método de cura utilizado, as características de qualidade pós-colheita dos bulbos de cebola foram preservadas. No entanto, o T2 (aeração utilizando ar aquecido e desidratado) permitiu que os bulbos de cebola fossem curados num menor período de tempo (12 horas). E, além disso, este tratamento permitiu a obtenção de uma coloração da polpa dos bulbos amarelo intenso.

ABSTRACT

CARDOSO, Deise Silva Castro Pimentel. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2012. **Curing artificial onion** (*Allium cepa* L.). Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: Adílio Flauzino de Lacerda Filho and Paulo Roberto Cecon.

Aiming to assess the conservation of onion bulbs, "Bola Precoce" variety, using air treatment unit (ATU), known as heat pump, as an alternative method of drying, an experiment was carried out in two consecutive years (2010 and 2011) at the Federal University of Viçosa, Viçosa City, Minas Gerais State, Brazil. The bulbs were cured in silos with capacity of 500 kg. The treatments consisted of T1 (aeration using air at room temperature), T2 (aeration using hot and dehydrated air), T3 (aeration using air heated by burning propane), and T4 (witness, bulbs cured with ambient air). Relative water content of the peel and internal film, the peel and pulp color, visual index of overcoming dormancy, total soluble sugars, reducing sugars, non-reducing sugars, dry matter content, soluble solids, total titratable acidity, alliinase activity, soluble phenolic content, weight loss, and percentage of damaged bulbs, sprouted and rooted were evaluated at the end of 14 days of storage. In 2010, during curing, the relative water content of the pulp was reduced in treatments with hot and dehydrated air and with heated air by burning propane. The bulbs cured with hot and dehydrated air had more intense yellow pulp. The bulbs cured with air heated by burning propane showed high concentrations of total soluble sugars, reducing sugars, and soluble solids, probably due to high temperature of this treatment. For concentration of pyruvic acid, the lowest values were observed in the T2 and T3 bulbs. High air temperature in these treatments probably has inhibited the activity of alliinase. During storage, the concentration of pyruvic acid was higher with hot and dehydrated air. The largest loss of relative weight was observed on the first layers of the treatment with hot and dehydrated air and treatment with heated air by burning propane. Bulbs of T2 showed a yellow and clear peel when compared with the bulbs of the witness. Treatments with hot and dehydrated air and heated air by burning propane showed higher levels of total soluble sugars and reducing sugars. At the end of storage, bulbs sprouted and rooted were not observed, but the witness had a higher percentage of damaged bulbs and high visual index of overcoming dormancy. In 2011, the cure of treatment was completed at different times, 12, 27, 48, and 168 hours for T1, T2, T3, and T4, respectively. Bulbs of the witness showed the highest average values for the relative water content of peel, and bulbs

cured with hot and dehydrated air had the highest average values for the relative water content of the film inside. The onion bulbs of T2 (hot and dehydrated air) showed intense yellow pulp at the end of the cure process. The conclusion of this work is that, regardless of the used cure method, the quality characteristics of onion bulbs post-harvest were preserved. However, T2 (aeration using heated and dehydrated air) allowed the onion bulbs were cured in a shorter time (12 hours). And besides, this treatment allowed obtaining an intense yellow color for the onion bulbs pulp.

1. INTRODUÇÃO

A cebola, *Allium cepa* L., originária das regiões do Irã e Paquistão, é um bulbo utilizado como condimento há milênios. É uma planta de ciclo bienal, sendo que no primeiro ano ocorre a bulbificação e, no segundo ano, após dormência e choque frio nos bulbos, ocorre o brotamento e florescimento para produção de sementes.

No Brasil, a cebola é a terceira hortaliça de maior importância econômica, depois da batata e do tomate (RESENDE et al., 2002). A produção de cebola no Brasil é realizada nas regiões Sul (54,3%), Sudeste (20,6%), nos Estados da Bahia e Pernambuco (24,9%), São Paulo (14,0%) e Goiás (3,0%). Em 2011 foram cultivados 67,3 mil hectares e a produção foi de 1,48 milhões de toneladas (produtividade 22,0 t/ha). A produção Argentina participa do mercado brasileiro de março a julho. No último quinquênio, foi importado cerca de 150.000 t/ano, ou de 11,0% do consumo anual, (CAMARGO FILHO, 2011).

Desta forma, a melhoria da qualidade e conservação pós-colheita da cebola produzida no Brasil, poderá reduzir a dependência externa e agregar valor ao produto nacional.

Como ocorre com a maioria das hortaliças, a qualidade da cebola está intimamente ligada à aparência externa, ao tamanho do bulbo, cor, aroma, sabor, firmeza e composição química. Tais atributos são determinados, em parte, pelo genótipo, por tratamentos culturais na pré-colheita, pela época adequada de colheita, os quais visam, principalmente, garantir a integridade física e a manutenção da qualidade química dos bulbos. Sabendo-se que os bulbos são organismos vivos, após a colheita, haverá contínua influência do meio ambiente sobre a fisiologia da cebola (FINGER & CASALI, 2002).

A conservação dos bulbos de cebola é influenciada por inúmeros fatores inter-relacionados. A brotação, enraizamento, doenças pós-colheita e perdas de massa causadas por desidratação e respiração são as causas primárias de deterioração. Os fatores identificados como críticos para o sucesso do armazenamento da cebola são: escolha do cultivar, métodos culturais, colheita, cura, temperatura e umidade relativa de armazenamento, assim como o modelo e a estrutura de armazéns utilizados (PROCTOR et al. 1981).

A cura dos bulbos de cebola, processo pelo qual objetiva secar as películas externas, raízes e pseudocaule imediatamente após a colheita e antes do armazenamento, visa principalmente isolar os bulbos do meio ambiente, reduzir a

intensidade de podridões e alcançar coloração externa atrativa, melhorando o valor comercial. (WERNER, 1979).

A cura pode ser realizada de forma natural ou artificial. A cura em condições naturais é realizada no campo ou em galpões. A cura no campo é o método comumente utilizado e dispensa qualquer tipo de investimento adicional. Após a colheita, os bulbos são colocados em fileiras sobre o solo, aproveitando-se as folhas para proteger os bulbos contra a incidência direta da radiação solar, evitando o desenvolvimento de pigmentação verde e queimaduras. A desvantagem da cura no campo é a exposição dos bulbos às variações climáticas. A alta umidade relativa e as chuvas aumentam a deterioração dos bulbos, especialmente por favorecer a contaminação por fungos e bactérias. A cura natural realizada em galpões com ventilação natural exige investimentos. Esse método é, também, inadequado, principalmente em locais onde a umidade relativa do ar não é suficientemente baixa para permitir a perda de umidade do produto necessária à boa cura em curto espaço de tempo (MÜLLER, 1986).

O método de cura artificial mais racional, eficiente e econômico atualmente, baseia-se na circulação forçada de ar aquecido por entre os bulbos. A secagem rápida dos componentes externos dos bulbos, por meio de ar aquecido, além de acelerar o processo de cura, resulta em benefícios fitossanitários. A cura com a utilização de ar aquecido pode ser feita em processo dinâmico, por meio da insuflação de ar através do produto, realizando a sua movimentação em sistemas transportadores ou em processo estático (MATOS, 1987).

Para a correta realização das operações de secagem e armazenagem, torna-se necessário o conhecimento das relações existentes entre a temperatura e a umidade relativa do ar e o teor de água desejável para a boa conservação do produto. Segundo Matos et al (1997) resultados experimentais permitiram concluir que a desidratação parcial de bulbos, causada pela cura, aumentou a resistência das películas externas à difusão de vapores. Assim, a elevação da resistência das películas à passagem de vapor permitiu armazenar bulbos em ambientes com umidades relativas entre 50 a 80% em temperatura ambiente, sem significantes alterações na perda total de matéria. Por meio das observações experimentais das isotermas de sorção das películas de cebola, concluiu-se que o teor de água deve estar entre 10 e 20% para haver adequada conservação e evitar rachaduras na casca.

Sabe-se que, tanto para a cura artificial como para a operação do sistema de aeração durante a armazenagem do produto, o monitoramento do teor de água da

película externa e das folhas, no caso do armazenamento sem a destopa, é fundamental para a otimização do processo e obtenção de maior qualidade e conservação do produto (MATOS, 1987; COELHO et al., 1996; MATOS et al., 1997). Por essa razão, o conhecimento das propriedades físicas do bulbo de cebola torna-se fundamental quando se deseja realizar projetos de engenharia, como o dimensionamento de máquinas e equipamentos para a cura e aeração, além de auxiliar na correta operação dos sistemas de ventilação forçada, utilizados na cura artificial e no armazenamento do produto. Dentre as propriedades, cujo conhecimento é fundamental para os estudos de simulação da cura e da aeração de bulbos, estão a umidade de equilíbrio e o calor específico dos mesmos (MATOS et al. , 1998).

A umidade de equilíbrio pode ser definida como o teor de água atingido por um material higroscópico, depois de exposto a um ambiente em condições de temperatura e umidade relativa do ar controlada por um período de tempo prolongado. Os valores do teor de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos dependem, principalmente, da temperatura e da umidade relativa do ar, da espécie e/ou variedade do produto, a maturidade fisiológica, o histórico do produto e a maneira pela qual o equilíbrio foi obtido (PEREIRA & QUEIROZ, 1987; CHEN & MOREY, 1989; MAZZA & JAYAS, 1991; BROOKER et al., 1992; MOREY et al., 1995; SOKHANSANJ & YANG, 1996).

Segundo Matos, et al. (1998), a equação de Henderson modificada foi o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados experimentais de umidade de equilíbrio higroscópico das películas externas e folhas de cebola, para as faixas de temperatura de 15 a 45°C e umidades relativas de 32 a 98%.

Para Matos (1987), a temperatura do ar recomendada para a utilização da cura é variável, sendo influenciada principalmente pelas condições climáticas, devendo estar entre 21 e 48°C, enquanto que o período de cura é baseado no binômio tempo-temperatura. As recomendações para a vazão de ar a ser usado na cura estão entre 1,15 e 4,0 m³. min⁻¹ para cada m³ de cebola processada.

Conforme resultados do Plano Nacional da cebola ocorrem, anualmente, no país, perda de 150.000 toneladas desse produto nas fases de armazenagem e comercialização. Níveis de perdas de 30 a 40% foram verificados em Santa Catarina, na fase pós-colheita, nas formas tradicionais de manipulação, ou seja, cura natural em galpão e estaleiramento. Essas perdas, diretamente relacionadas com a manipulação procedida e com clima característico da região produtora, influenciaram negativamente no abastecimento nacional, reduzindo, inclusive, a qualidade do produto comercializado e

da parcela consumida.

Segundo Werner (1979), na cebola curada artificialmente foi obtida uma redução de 19,36% nas perdas por deterioração e 11,40% nas perdas de massa, após 130 dias de armazenagem.

Müller (1986) concluiu que a cura artificial da cebola pode ser realizada em secador, insuflando-se ar aquecido a 55°C. O aquecimento foi feito com queima de propano ou por meio de resistência elétrica, durante 2,5 a 4,0 horas. No entanto, os períodos de cura não influenciaram a qualidade externa das cebolas colhidas sem “estalo”, entretanto, nas cebolas colhidas com “estalo” o aumento nos períodos de cura foi entre 3,5 e 4,0 horas resultando em maior perda das películas secas.

No Brasil, a fonte de energia complementar para ar utilizado para a cura artificial de cebola é proveniente da combustão de carvão vegetal, gás liquefeito de petróleo, lenha ou eletricidade. Com a crescente preocupação de minimizar os efeitos causados ao meio ambiente, tanto pela devastação de matas como pela emissão de gases poluentes, estudos têm sido realizados visando desenvolver novas técnicas de secagem, com fontes alternativas de energia complementar para o ar.

O uso de uma unidade de tratamento de ar (UTA), conhecida como bomba de calor, para a secagem de produtos agrícolas pode ser uma opção, pois no processo de secagem o ar desidratado tem a função de absorver e carregar a umidade cedida pelo produto.

A UTA pode facilitar o controle da temperatura e umidade relativa do ar de secagem, visto que as trocas de calor do fluido refrigerante nos trocadores de calor (evaporador e condensador) permanecem quase inalteradas (SANTOS, 2007).

Do ponto de vista termodinâmico, o uso da UTA é consideravelmente mais eficiente, pois o consumo de eletricidade é 52% menor que as cargas resistivas e viabiliza a obtenção de um produto de qualidade mais homogênea (HOGAN et al., 1983).

Além de uma boa cura, os bulbos de cebola devem ser armazenados de forma adequada para que as perdas das qualidades físicas e químicas dos bulbos sejam as mínimas possíveis. Além disso, o método pelo qual a cebola é curada pode ter efeito importante sobre as perdas durante o armazenamento. Segundo Matos (1987), é indispensável um bom conhecimento da tecnologia para permitir uma estocagem da produção, para posterior distribuição gradativa, mantendo constante o fluxo do produto ao longo do ano.

Segundo Matos et al. (1997), bulbos curados de cebola armazenados em temperatura a 20, 25, 30 e 35°C e umidades relativas do ar entre 33 e 97%, por um período de 30 dias, observaram que valores de umidade relativa do ar inferiores a 33% e superiores a 75% aumentaram as taxas de perda de matéria fresca dos bulbos, quando comparados com umidade relativa do ar entre 55 e 70%. Bulbos armazenados a 20°C e umidade relativa do ar entre 55% e 75% apresentaram as menores taxas de perda de matéria fresca.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da temperatura e do tempo de secagem durante a cura artificial de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) em silos. Especificamente, objetivou-se utilizar uma unidade de tratamento de ar (UTA), conhecida como bomba de calor, como método alternativo de secagem e avaliar a conservação dos bulbos após a cura, considerando a preservação das características físicas, sanitárias e nutricionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAL VEGETAL

O trabalho foi realizado no laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia (Universidade Federal de Viçosa) e na Área de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Vegetais do Departamento de Engenharia Agrícola (Universidade Federal de Viçosa), em outubro dos anos de 2010 e 2011. Foram utilizados 2.000 kg de bulbos de cebola (*Allium cepa* L.) da variedade “Bola Precoce” procedentes de pequenos produtores rurais da região de Guiricema, MG. Foi realizado manejo adequado, recomendado pela Emater, durante o período de plantio até a colheita.

No ano de 2010, após o tombamento da parte aérea da planta, os bulbos foram colhidos e submetidos a uma pré-cura de três dias no campo, e posteriormente transportados para unidade experimental a fim de efetuar a cura artificial.

No ano de 2011 não houve pré-cura de três dias no campo, sendo os bulbos colhidos e transportados para a unidade experimental, a fim de realizar a cura artificial.

2.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.2.1. TRATAMENTOS APLICADOS

Para a cura artificial dos bulbos de cebola, foram utilizados três silos com capacidade de 500 kg cada (Figura 1).



Figura 1. Vista parcial dos silos onde foi realizada a cura artificial.

Os tratamentos para a cura consistiram em:

- T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente. Para o sistema de aeração com ar a temperatura ambiente foi utilizado um ventilador axial, com motor trifásico de 1,5 kW, posicionado na entrada do silo (Figura 2).



Figura 2. T1 (aeração utilizando ar a temperatura ambiente).

- T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente, conduzido por meio de uma Unidade de Tratamento de AR (UTA – bomba de calor), desenvolvida pela Cool Seed Indústria e Comércio de Aeração Condicionada Ltda (Figuras 3 e 4). A temperatura média do ar de secagem foi de 29°C para o ano de 2010 e 33°C para o ano de 2011.



Figura 3. T2 (aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente)



Figura 4- Unidade de tratamento de ar (UTA)

- T3 - aeração com ar aquecido artificialmente. O ar foi aquecido pela queima de propano conduzido por um ventilador axial, com motor trifásico de 1,5 kW posicionado na entrada do silo, com temperatura média do ar de secagem de 34,2°C para o ano de 2010 e 36°C para o ano de 2011 (Figura 5).



Figura 5. T3 (aeração com ar aquecido artificialmente)

- T4 - testemunha. Foram utilizados 500 kg de bulbos, dispostos em terreiros suspensos colocados em área coberta no setor de pré-processamento e armazenamento de produtos vegetais do Departamento de Engenharia Agrícola (Figura 6).



Figura 6. T4 - testemunha (bulbos dispostos em terreiros suspensos).

O fluxo de ar dos tratamentos T1, T2, T3 foram de 0,6; 0,7 e 0,4 m³ min⁻¹ t⁻¹, respectivamente para o ano de 2010 e 0,4 m³ min⁻¹ t⁻¹, para T1, T2 e T3 no ano de 2011.

A temperatura do ar de secagem dos tratamentos nos dois anos consecutivos foi adotada de acordo com a capacidade máxima da UTA- bomba de calor, sendo a capacidade máxima de 35°C. A variação da temperatura do ar de secagem do T3 ocorreu devido a grande dificuldade em manter a temperatura constante de 35°C.

O fluxo de ar dos T1, T2 e T3 durante a cura artificial no ano de 2010 variou

devido a uma falha no aparelho medidor da velocidade do vento (anemômetro). Porém, no ano de 2011 o fluxo de ar adotado foi de $0,4 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$ de acordo com a capacidade máxima do ventilador usado no T3.

No ano de 2010 a cura artificial dos bulbos de cebola foi realizada em dois ciclos. O primeiro ciclo da cura correspondeu ao intervalo entre 11 e 19 horas e o segundo ciclo correspondeu ao intervalo entre 8 e 14 horas, ou seja, no primeiro dia de cura os equipamentos ficaram ligados durante 8 horas e no segundo dia durante 6 horas, totalizando 14 horas de cura para todos os tratamentos. No mesmo ano, após as 14 horas de cura artificial, os bulbos de cebola foram armazenados nos mesmos silos e receberam diariamente aeração entre 6 e 18 horas (intervalo de 12 horas) durante 14 dias. Durante a cura artificial e durante o armazenamento com aeração, foi utilizada a equação de Henderson modificada (Equação 1) no tratamento 2 (T2), ou seja, no tratamento que continha a UTA, bomba de calor. A cura artificial foi finalizada com 14 horas, quando as películas externas dos bulbos de cebola do tratamento 2 (T2) atingiram 8% (bu). Isso porque os bulbos de cebola se encontravam com as películas externas e o pescoço bastante desidratados antes de se submeterem aos tratamentos. Portanto, todos os equipamentos foram desligados e os bulbos de cebola passaram a receber ventilação artificial nos silos durante 14 dias.

No ano de 2011 foi repetido apenas o processo de cura artificial com os bulbos provenientes de plantas recém-estaladas. Foram realizados ciclos de cura de 12 horas (intervalo entre 7 e 19 horas) até a secagem total do pescoço dos bulbos, ou seja, até a ausência de líquidos ao ser pressionado com os dedos. Cada ciclo correspondeu ao intervalo de horas que os equipamentos ficaram ligados.

Cada tratamento finalizou o processo de cura em tempos diferentes. A cura artificial do tratamento 2 foi realizada em apenas um ciclo de 12 horas. As máquinas foram ligadas das 7 às 19 horas. O tratamento 3 foi realizado em dois ciclos de cura. O primeiro ciclo foi de 12 horas e o segundo de três horas. O tratamento 1 foi realizado em três ciclos de 12 horas cada. O tratamento 4 (testemunha) finalizou o processo de cura com 7 ciclos de 12 horas à temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Equação de Henderson modificada, película externa dos bulbos de cebola:

$$U_c = (\ln(1-\varphi)(-a(T+b)))^{1/c} \quad \text{equação 1}$$

φ - umidade relativa, decimal;

T - temperatura do ar ambiente,

C; Ue - umidade de equilíbrio, % b.s., e

a, b e c – parâmetros que dependem da natureza do produto, adimensionais.

Coefficientes utilizados: $a = 3,110 \cdot 10^{-4}$; $b = 24,601$; e, $c = 1,564$ (MATOS et al, 1998).

2.2.2. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Durante o processo de cura artificial, para os tratamentos 1 a 4, os dados foram coletados a cada 2 horas no ano de 2011 e a cada hora no ano de 2012.

O monitoramento da temperatura interna dos bulbos de cebola dos T1, T2 e T3 foi realizado apenas no ano de 2010. Foram introduzidos termopares do tipo T, com aproximadamente 0,02 m de profundidade, até a região central dos bulbos, nas posições inferior, meio e topo do silo.

Foram monitoradas as variáveis temperatura e umidade relativa do ar ambiente, temperatura do ar de exaustão, temperatura nos pontos centrais e laterais dos silos (Figura 7).

Foi instalado um sistema de aquisição de dados, utilizando termopares tipo T, acrescido de um sensor de umidade relativa (termo-higrógrafo digital) previamente calibrado, para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Durante o armazenamento aerado, no ano de 2010, foram registradas diariamente (manhã e tarde) a evolução da temperatura nos pontos distribuídos dentro dos silos e também a temperatura e umidade relativa do ambiente.

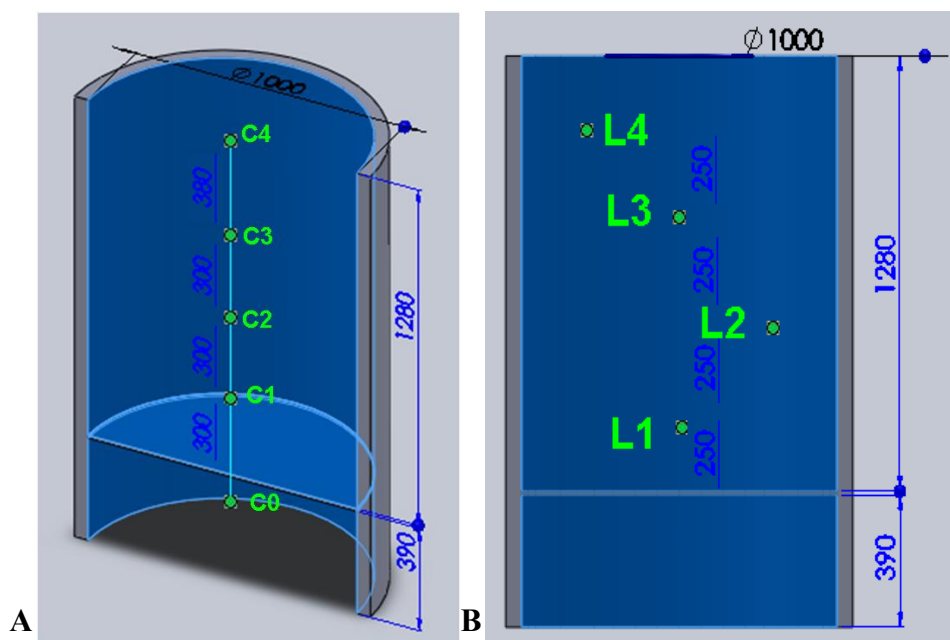


Figura 7. Vista trimétrica das medidas axiais (A) e Vista lateral das medidas radiais (B), dimensões em milímetros.

2.2.3. DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

- **Teor relativo de água da casca e polpa (TRA)**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para a determinação do TRA da casca e polpa da cebola. No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação do TRA da casca e polpa da cebola.

O TRA foi determinado conforme metodologia de CATSKY (1974), adaptando-se essa metodologia para a determinação do tempo de saturação máxima do tecido. No ano de 2010, dez discos da casca da cebola e da primeira e segunda escama e, no ano de 2011, dez discos da casca e da película interna com diâmetro de 11 mm foram retirados, com auxílio de um perfurador de metal, sendo determinada a massa da matéria fresca; em seguida, os discos foram colocados em espumas umedecidas com água destilada, onde permaneceram por seis horas até atingir saturação máxima. O peso foi considerado

como sendo a massa da matéria túrgida. Em seguida, os discos foram secados imediatamente em estufa à temperatura de 65 °C até atingirem peso constante, para a obtenção da massa da matéria seca. O TRA foi obtido empregando-se a equação de Weatherley (1950):

$$\text{TRA} = 100 (\text{MF} - \text{MS}) / (\text{MT} - \text{MS}) \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

MF é a massa da matéria fresca (g);

MS é a massa da matéria seca (g); e

MT é a massa da matéria túrgida (g).

- **Percentual de bulbos deteriorados, brotados e enraizados no final do armazenamento(ano de 2010).**

O percentual de bulbos deteriorados, brotados e enraizados no final do período de armazenamento (após 14 dias de armazenamento) foi calculado retirando-se amostras de 10 kg de bulbos de cebola das posições inferior, meio e topo do silo, para cada tratamento estudado.

- **Índice Visual de superação da dormência (IVD)**

- **Cura**

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para a determinação do IVD dos bulbos de cebola. No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- **Armazenamento**

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação do IVD dos bulbos de cebola

Em cortes longitudinais na inserção dos bulbos, foram quantificados o comprimento da folha de brotação e o comprimento longitudinal total do bulbo (MULLER, 1982). Os comprimentos foram medidos com régua e expressos em centímetros (cm). O índice visual de superação da dormência foi expresso em porcentagem (%) e determinado a partir da equação 3:

$$\text{IVD (\%)} = \text{CF} / \text{CB} \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

CF: comprimento da folha de brotação e

CB: comprimento total do bulbo.

- **Análise instrumental de cor (Colortec)**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para a análise instrumental de cor da cebola. No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a análise instrumental de cor da cebola.

A quantificação da cor foi efetuada pela leitura direta de reflectância das coordenadas “L”, “a” e “b”, utilizando o colorímetro Colortec – PCM, da marca Minolta. Para cada repetição, de todos os tratamentos estudados, foi utilizada a média de três determinações. O valor “L” expressa a luminosidade e quanto mais perto de 100, mais claro o produto. Os valores de “a” indicam a tendência à coloração que vai de verde (-) a vermelha (+); já os valores de “b”, tendência do azul (-) ao amarelo (+). A partir dos valores de “a” e “b”, foram mensurados a saturação (C), que mede a intensidade da cor e o ângulo de matiz (θ), que indica a tonalidade cromática (atributo em que a cor é percebida), através das equações 4 e 5:

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \text{equação (4)}$$

$$(\theta) = \arctg (b/a) \quad \text{equação (5)}$$

(LITTLE, 1975).

- **Perda de massa da matéria fresca relativa (PMF)**

Para a determinação da percentagem de perda de massa da matéria fresca relativa foram distribuídos nas posições inferior, meio e topo dos silos duas embalagens confeccionadas de material telado contendo bulbos de cebola. Na testemunha, utilizando terreiros suspensos, as embalagens foram distribuídas de forma aleatória.

No ano de 2010, a percentagem de perda de massa da matéria fresca foi estimada a cada duas horas, finalizando com quatorze horas de cura com os equipamentos ligados e a cada 2 dias durante o armazenamento para todos os tratamentos.

No ano de 2011, a percentagem de perda de massa da matéria fresca foi estimada a cada três horas durante as doze primeiras horas com os equipamentos ligados. A partir desse ponto passou-se a estimar a cada 12 horas até a finalização da cura de todos os

tratamentos.

Os resultados foram expressos em percentagem de perda de massa da matéria fresca acumulada segundo a equação 6:

$$PMF = 100 - ((PF * 100) / PI)$$

equação (6)

Em que:

PMF= perda da matéria fresca (%)

PF= peso da matéria fresca final (g) no dia da análise; e

PI= peso da matéria fresca inicial (g), no momento da instalação do experimento.

- **Teor de matéria seca (TMS)**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para a determinação do TMS. No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação do TMS.

O teor de matéria seca foi determinado por meio da equação 7:

$$TMS = (MS / MF) \times 100$$

equação (7)

Em que:

MS é o peso da matéria seca e

MF é o peso da matéria fresca.

- **Teores de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para a determinação dos teores de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.

No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação dos teores de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.

Para a separação das amostras e posterior extração dos açúcares, foram pesados 5 g de cada amostra imersa em etanol 80% fervente, durante trinta minutos e armazenada a 4°C. Os açúcares foram extraídos por centrifugação. O material foi triturado e centrifugado e o sobrenadante foi retirado. Esse processo foi repetido três vezes.

Para a quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregado o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). A diluição das amostras e o preparo das soluções padrões de sacarose (0, 25, 50, 75, e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) foi feita em duplicata. Para cada réplica, pipetou-se 0,5 mL da amostra em tubo de ensaio com rosca e adicionou-se 0,5 mL de fenol 5% e 2,5 mL de H_2SO_4 concentrado; os tubos foram agitados em vortex e colocados em banho de gelo e posteriormente deixados em banho-maria por 20 minutos a temperatura de 30°C. Após banho-maria, os tubos foram novamente agitados e deixados em temperatura ambiente por 30 minutos e, então, foi lida a absorbância em 490 nm em espectrofotômetro. A partir do valor de absorbância, procederam-se os cálculos com as devidas correções nas diluições utilizadas, sendo o resultado expresso em % TESC (Total 80% Ethanol-SolubleCarbohydrate) na matéria seca.

Para a quantificação do teor de açúcares redutores foi utilizado o método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944), sendo utilizado o mesmo extrato alcóolico obtido para a quantificação dos açúcares solúveis totais. Foram transferidos para tubos Eppendorff, 0,2 mL do extrato já diluído, em duplicata, em seguida, adicionado 0,2 mL de reativo de Nelson. Os tubos Eppendorff foram agitados e levados a banho-maria, em água fervente, por 15 minutos. Em seguida, foi realizado o resfriamento dos tubos Eppendorff em água e adicionados a cada um deles, 0,2 mL de solução arsenomolibdica e 0,6 mL de água desionizada, sendo novamente agitados em vortex. Após essas etapas, as leituras foram realizadas na absorbância de 540 nm no espectrofotômetro Shimatzu, modelo UV1601, e os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose (0, 10, 20, 30, 40 e 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$).

Os açúcares não redutores foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais. Ambos foram expressos em % TESC (Total 80% Ethanol-SolubleCarbohydrate) na matéria fresca.

- **Acidez Total titulável (ATT)**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para adeterminação da ATT.

No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação da ATT.

A acidez titulável foi determinada, tomando-se 30 g de material triturado dos bulbos, que foi acrescido de água destilada e titulado com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,05 N padronizada, tendo seu teor expresso em gramas de ácido cítrico 100 g^{-1} de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

- **Sólidos solúveis (SS)**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para adeterminação dos SS.

No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação dos SS.

Os sólidos solúveis (SS) foram expressos em °Brix, determinado em gotas extraídas da polpa triturada e quantificado em refratômetro digital.

- **Atividade da Alinase**

- Cura

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 12 horas de cura para adeterminação da atividade da alinase.

No ano de 2011, as amostras foram retiradas no tempo zero e no final do processo de cura de cada tratamento.

- Armazenamento

No ano de 2010, as amostras foram retiradas no tempo zero e a cada 2 dias de armazenamento para a determinação da alinase.

A atividade da alinase foi determinada segundo o proposto por Schwimmer & Weston (1961), utilizando dez amostras de bulbos de previamente separadas. Cinco amostras de cada tratamento foram submetidas a aquecimento em microondas, na potência alta por três minutos, antes da determinação (branco). As amostras aquecidas e as outras cinco amostras não aquecidas foram trituradas e deixadas em repouso por 5 minutos, para que houvesse a sedimentação das partículas de maior peso. De cada material, foi retirado 5 g do sobrenadante, que foram reagidos com 5 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 0,5%, agitados por uma hora, filtrados em funil de Büchner e tiveram seus volumes completados para 100 mL com água destilada. Alíquotas destes extratos foram reagidos com 2,4 dinitrofenilhidrazina a 0,0125% dissolvida em HCl a 2 M, incubadas em banho-maria a 37°C, por 10 minutos, e interrompida com 5 mL de NaOH a 0,6 M, e leitura da absorbância a 420 nm. Foi utilizado como padrão, ácido pirúvico a 2 $\mu\text{mol mL}^{-1}$ e como branco, água destilada. Os resultados foram calculados pela diferença entre os valores quantificados nos materiais, cru e aquecido, e expressos em micromoles de ácido pirúvico por grama de cebola.

A pungência dos bulbos foi classificada de acordo com o indicado pelo VLI Sweet Index (VIDALIALABS, 2004). O VLI SweetLabs indicou que as cebolas puderam ser classificadas quanto à pungência através da atividade da alinase, que foi expressa em $\mu\text{moles g}^{-1}$ de ácido pirúvico, em “muito suave” (0-2,9 $\mu\text{moles g}^{-1}$), “suave” (3,0-4,2 $\mu\text{moles g}^{-1}$), “levemente pungente” (4,3-5,5 $\mu\text{moles g}^{-1}$), “pungente” (5,6-6,3 $\mu\text{moles g}^{-1}$), “pungência forte” (6,4-6,9 $\mu\text{moles g}^{-1}$), “pungência muito forte” (7,0-7,9 $\mu\text{moles g}^{-1}$) e “picante” (8,0-10,0 $\mu\text{moles g}^{-1}$).

- **Compostos fenólicos solúveis**

Esta análise foi realizada apenas no segundo ano de experimento (2011) devido ao fato das plantas estarem recém – estaladas.

O teor de compostos fenólicos solúveis foi determinado de acordo com o método de Prince & Butler (1977). Aproximadamente 0,5 g da casca da cebola foram triturados em 2 mL de metanol. Após, o macerado foi centrifugado a 14.000 g durante 15 minutos. Para a determinação dos compostos fenólicos solúveis, 0,5 mL do sobrenadante, juntamente com 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído 1:3) e 2,0 mL de carbonato de sódio anidro 10% foram agitados e reagiram durante uma hora. Em seguida realizou-se centrifugação de 14.000 g durante 5 minutos.

As leituras no espectrofotômetro foram realizadas no comprimento de onda de

700 nm. A concentração de fenóis solúveis foi expressa em mg de D-catequina g⁻¹ matéria fresca. A curva de calibração foi realizada usando D-catequina como padrão.

2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

No ano de 2010, durante a cura e armazenamento, o experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha) e nas subparcelas os tempos de avaliação : 0, 12, 24 e 36 horas de cura e 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias de armazenamento em delineamento inteiramente casualizados. Foram utilizadas dez repetições para a determinação do teor relativo de água (TRA), análise instrumental de cor, índice visual de superação da dormência (IVD) e cinco repetições para os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, sólidos solúveis, acidez total titulável e atividade da alinase. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas utilizando o teste de Tukey e adotando 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (dias e horas) os modelos foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação e no fenômeno biológico.

Porém, devido ao fenômeno biológico, os dados coletados para a determinação do teor relativo de água (TRA), teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, sólidos solúveis e acidez total titulável foram transformados em médias ao longo do processo de cura e armazenamento e submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey adotando 5% de probabilidade.

No ano de 2011, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições. Os dados foram coletados no tempo zero e no final do processo de cura para todos os tratamentos e submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e pelo teste da diferença da testemunha (Dunnett) adotando 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Ano de 2010
- **Varição da temperatura interna dos bulbos de cebola dos tratamentos em silos durante a cura.**

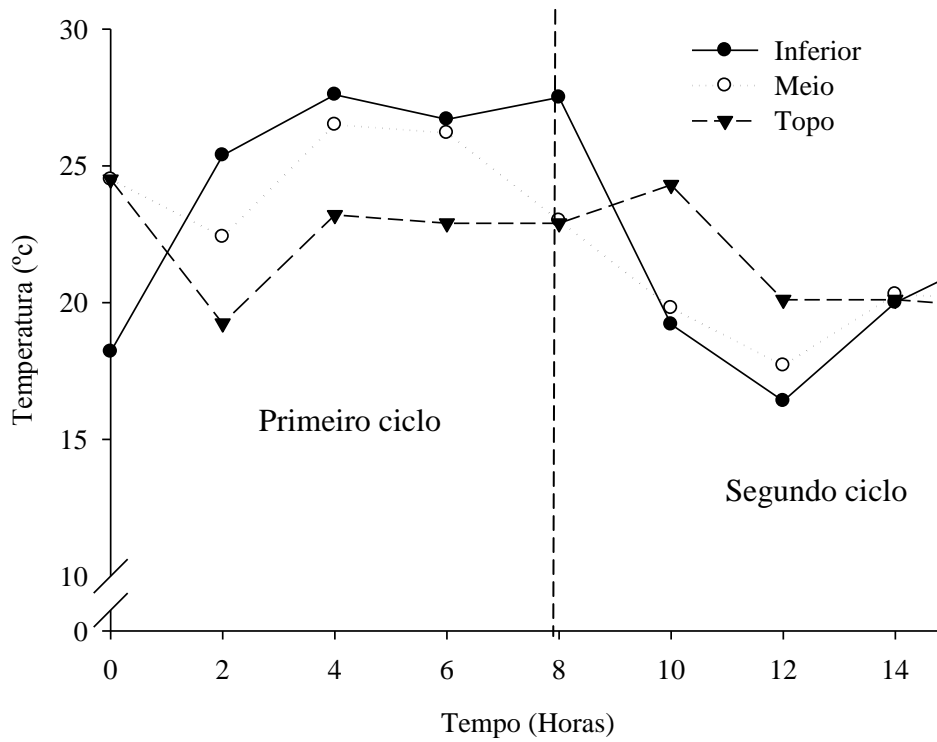


Figura 8. Evolução da temperatura interna dos bulbos de cebola em função do tempo durante a cura artificial em silo para o T1 (aeração utilizando ar a temperatura ambiente).

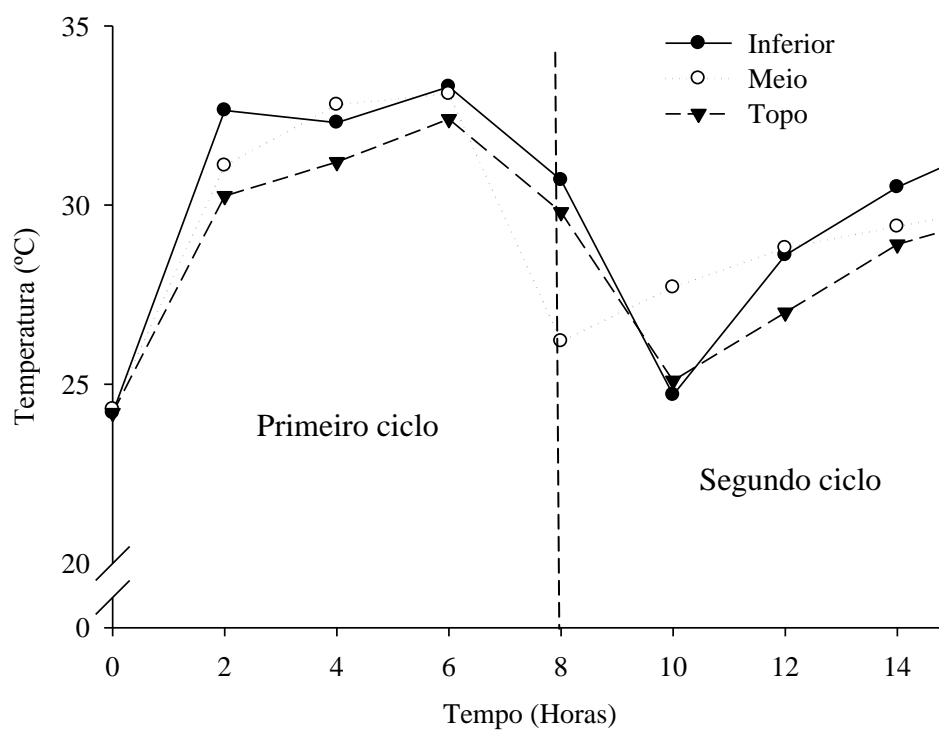


Figura 9. Evolução da temperatura interna dos bulbos de cebola em função do tempo durante a cura artificial em silo para o T2 (aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente).

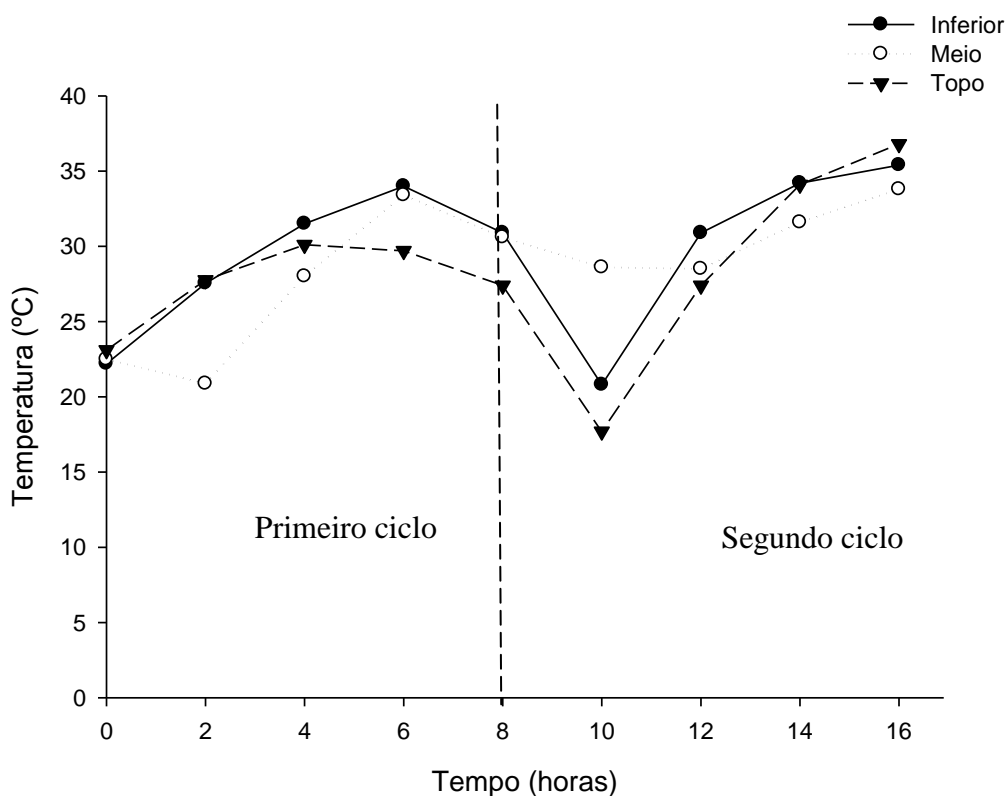


Figura 10. Evolução da temperatura interna dos bulbos de cebola em função do tempo durante a cura artificial em silo para o T3 (aeração com ar aquecido artificialmente).

Os bulbos de cebola do T1 apresentaram temperaturas máximas de 27,6; 26,2 e 24,4°C nos tempos 8, 6 e 10 horas respectivamente e mínimas de 16,5; 17,7 e 19,3°C nos tempos 12, 12 e 2 horas respectivamente nas posições: inferior, meio e topo.

Os bulbos de cebola do T2 apresentaram temperaturas máximas de 33,4; 33,9 e 32,5°C com 6 horas de cura e mínimas de 24,8, 26,2 e 25°C nos tempos 10, 8 e 10 horas respectivamente nas posições: inferior, meio e topo.

Os bulbos de cebola do T3 apresentaram temperaturas máximas de 34,5; 33,5 e 29,9°C nos tempos 14, 6 e 6 horas respectivamente e mínimas de 21,2; 28,7 e 20,7 nos tempos 10, 10 e 2 horas respectivamente nas posições: inferior, meio e topo.

Müller (1986) observou que ao curar bulbos de cebola com períodos de exposição igual ou superior a cinco horas, causou danos aos bulbos da camada inferior do secador. O dano inicialmente caracterizado pela perda excessiva das películas externas secas, ocorrendo, posteriormente, um amolecimento das escamas tenras do bulbo.

Vauganet al (1964) curaram bulbos a 46°C por 16 horas, onde esses alcançaram temperatura interna de 46°C, após dez horas, permanecendo o interior à mesma temperatura, durante seis a oito horas, e nenhum dano foi constatado durante o armazenamento.

Hopenet al.(1971) verificaram que bulbos curados a 45°C, por períodos de 24 a 48 horas, não sofreram danos em virtude do calor.

A Temperatura e os períodos de cura não afetaram a qualidade dos bulbos no período após a cura, mesmo porque não alcançaram temperaturas internas altas durante o processo que pudessem causar danos.

- **Variação da temperatura do ponto central(C), lateral (L), ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente durante a cura.**

As Figuras 11, 12 e 13, mostram o comportamento médio das temperaturas do ar de secagem, do ar de exaustão, dos pontos C e L e do ar ambiente para todos os tratamentos durante o processo de cura.

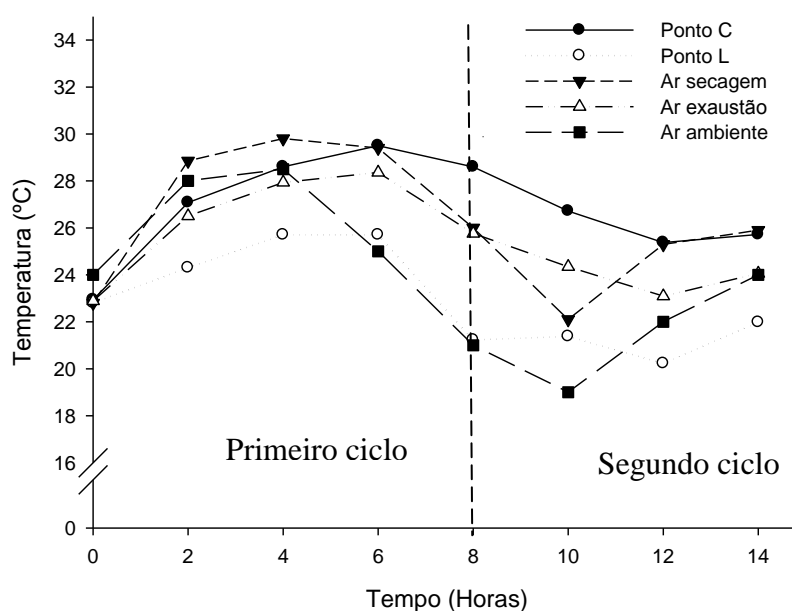


Figura 11. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 1 (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente) durante a cura.

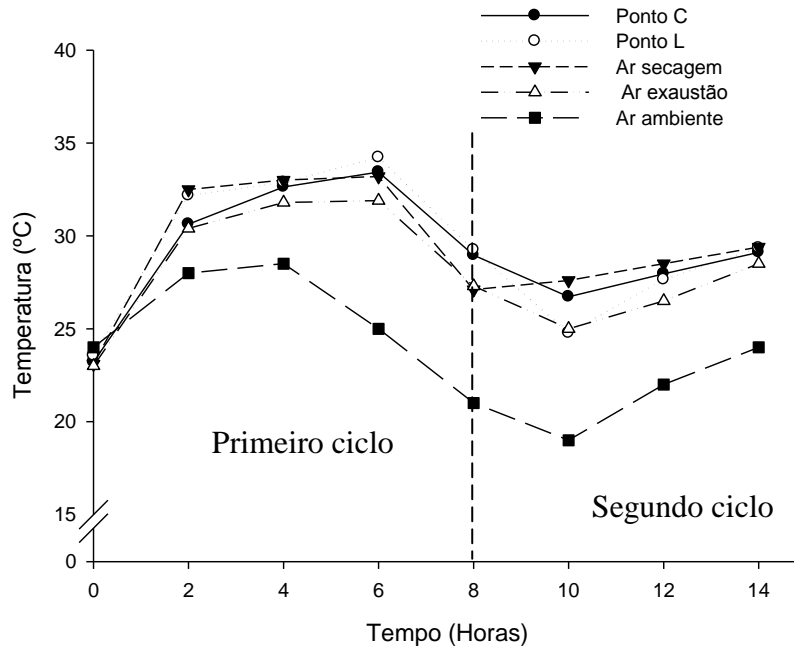


Figura 12. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 2 (T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente) durante a cura.

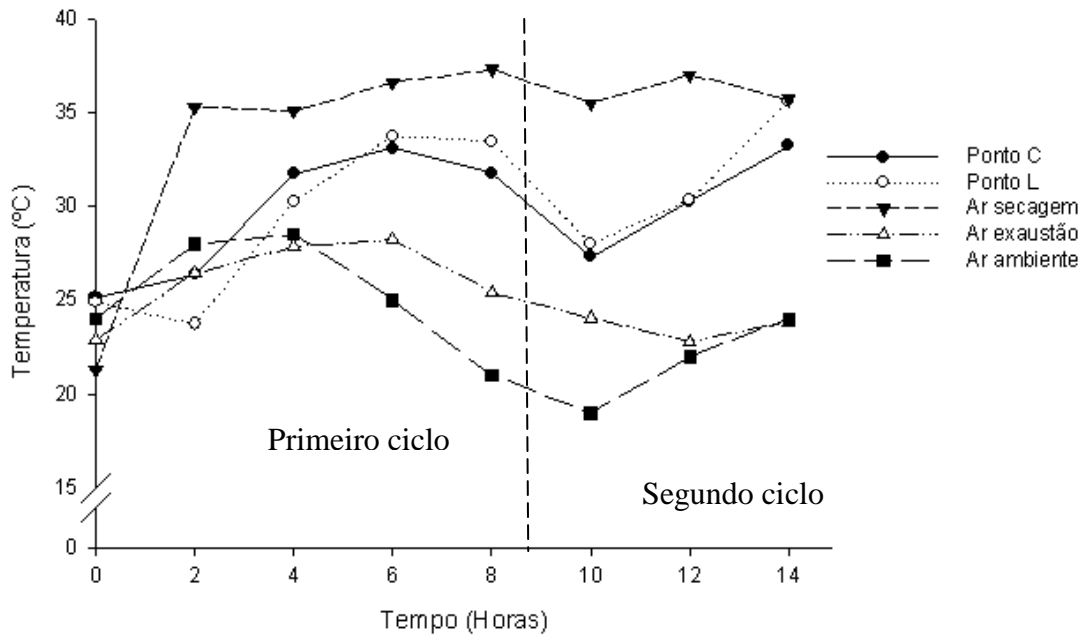


Figura 13. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 3 (T3 – aeração com ar aquecido artificialmente) durante a cura.

Durante o primeiro ciclo de cura observou-se que a temperatura máxima nos tratamentos em silos foi com seis horas de cura e com 14 horas no segundo ciclo. O tratamento 1 apresentou valor máximo de temperatura de 29 e 26°C para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. Sendo que os valores de temperatura no ponto C foram menores ao longo da cura quando comparado com o ponto L. A temperatura máxima do ar de secagem desse tratamento foi de 29°C com seis horas de cura no primeiro ciclo.

No primeiro ciclo, o Tratamento 2 apresentou temperaturas máximas de 34 e 29°C para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. Apresentando valores aproximados de temperatura para os pontos C e L

As máximas temperaturas do tratamento 3 foram de 34 e 38°C e do ar ambiente foram de 28 e 24°C para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. Apresentando também valores aproximados de temperatura nos pontos C e L.

Ressalta-se que a menor temperatura do ar de exaustão indica maiores valores de umidade relativa, resultando na maior eficácia do processo de secagem.

- **Varição da temperatura dos pontos central (C) e lateral (L) e do ar ambiente durante o armazenamento.**

As Figuras 14, 15 e 16 representam o comportamento das temperaturas nos ponto C e L e do ar ambiente para os tratamentos durante o período de armazenamento.

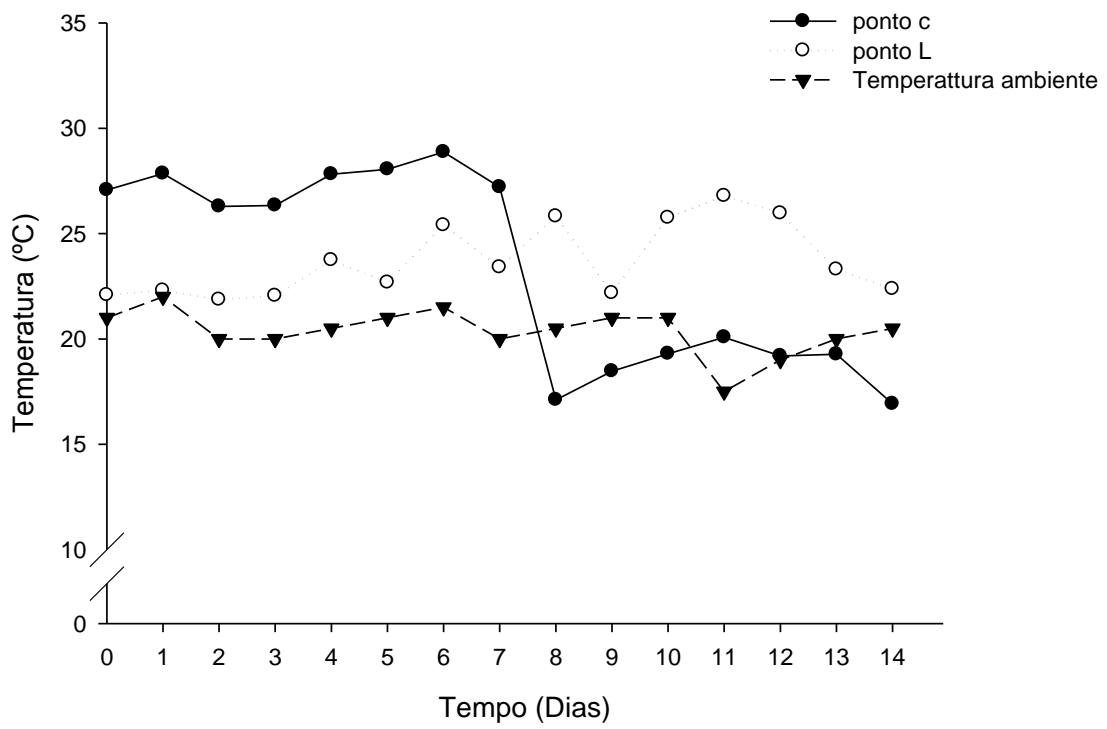


Figura 14. Médias das temperaturas do ponto central (C), lateral (L) e ar ambiente para o tratamento 1 (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente) durante o armazenamento.

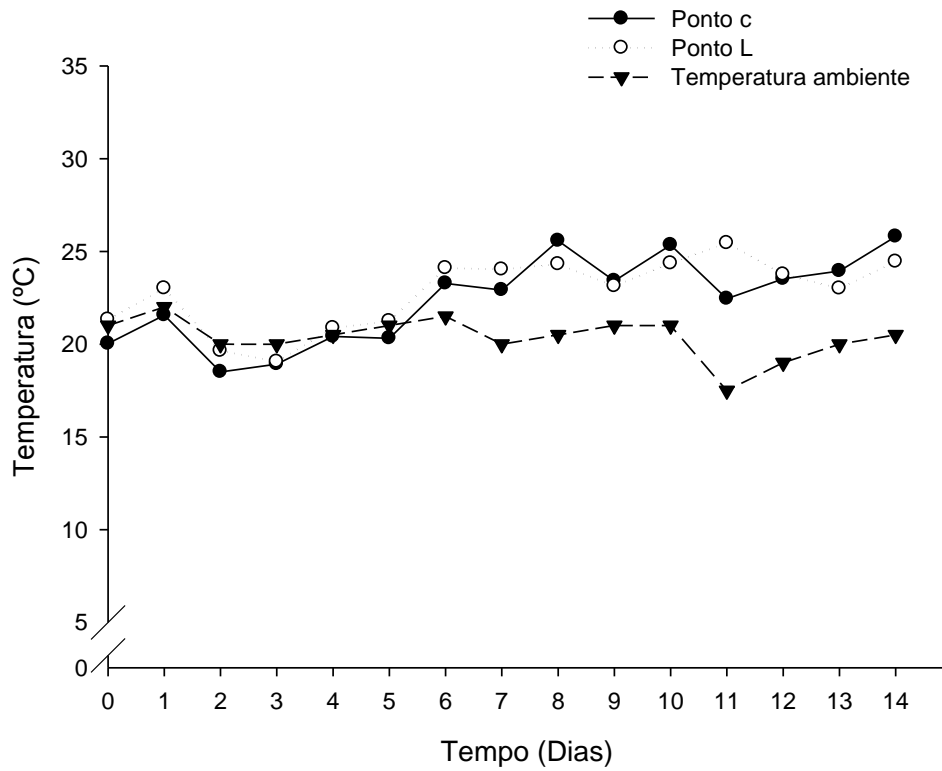


Figura 15. Médias das temperaturas do ponto central (C), lateral (L) e ar ambiente para o tratamento 2 (T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado) durante o armazenamento.

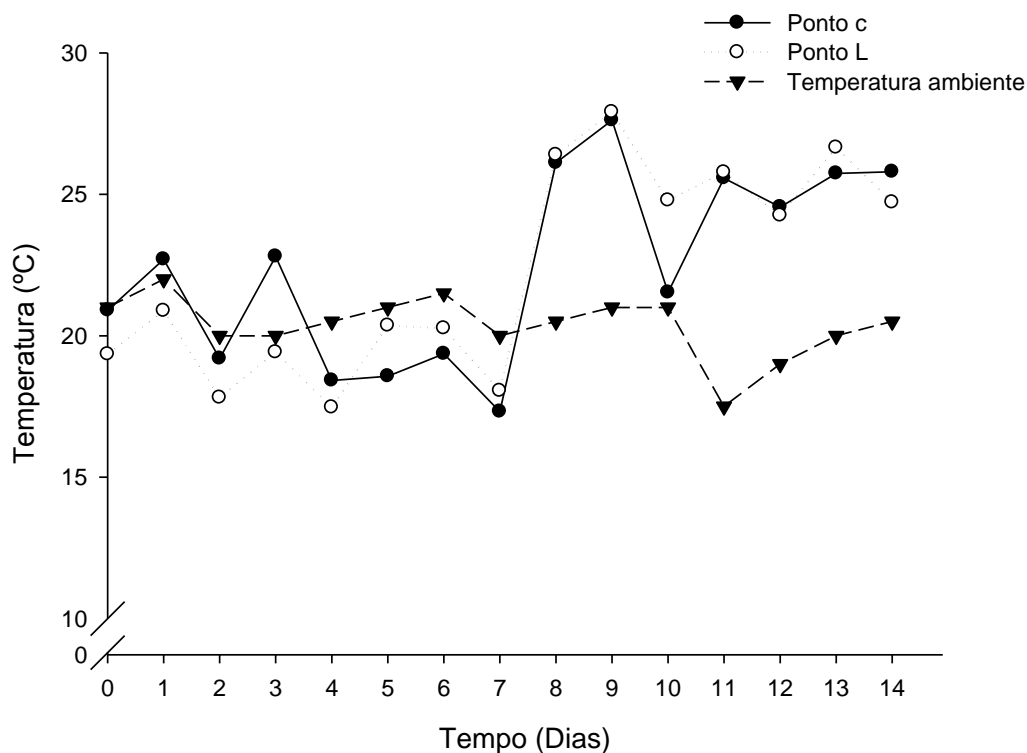


Figura 16. Médias das temperaturas do ponto central (C), lateral (L) e ar ambiente para o tratamento 3 (T3 – aeração com ar aquecido artificialmente) durante o armazenamento.

Durante o armazenamento, a partir do oitavo dia, o tratamento 1 apresentou os menores valores de temperatura, principalmente na região central do silo, com temperatura mínima de 17°C. Devido, provavelmente, a ocorrência de chuva durante esse período e ao maior fluxo de ar desse tratamento.

O tratamento 2 foi o que apresentou a maior uniformidade da temperatura no interior do silo, com média de 22°C durante todo o período de armazenamento, pois o sistema de aeração da bomba de calor regulou a temperatura e a umidade relativa do ar que entrava no silo de modo que os bulbos de cebola passassem a não mais perder e absorver umidade do ar ambiente.

O tratamento 3 apresentou valores de temperatura dos pontos centrais e laterais bastante próximos. Provavelmente, devido ao menor fluxo de ar desse tratamento. A temperatura mínima foi observada com sete dias de armazenamento (17°C) e máxima com nove dias (27°C). Com sete dias de armazenamento houve ocorrência de chuva e

ao nono dia o dia ficou ensolarado na maior parte do tempo, explicando os resultados observados.

- **Varição da umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente dos tratamentos durante a cura.**

As Figuras 17, 18 e 19 apresentam a umidade relativa do ar de entrada, do ar de exaustão e do ar ambiente para os tratamentos durante a cura.

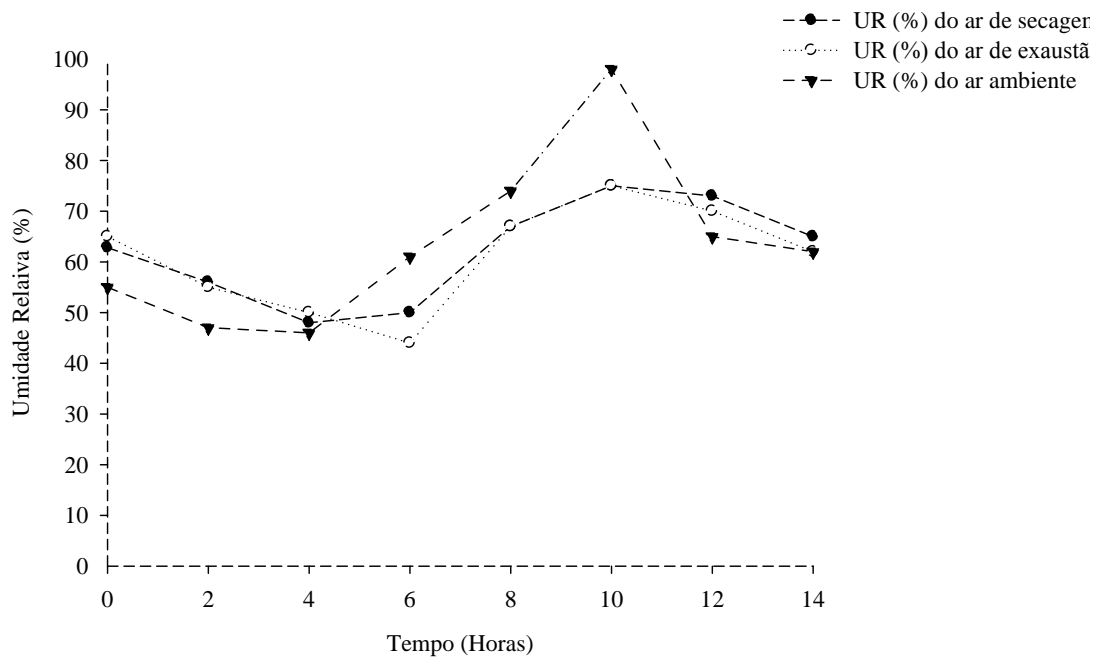


Figura 17. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 1 (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente) durante a cura .

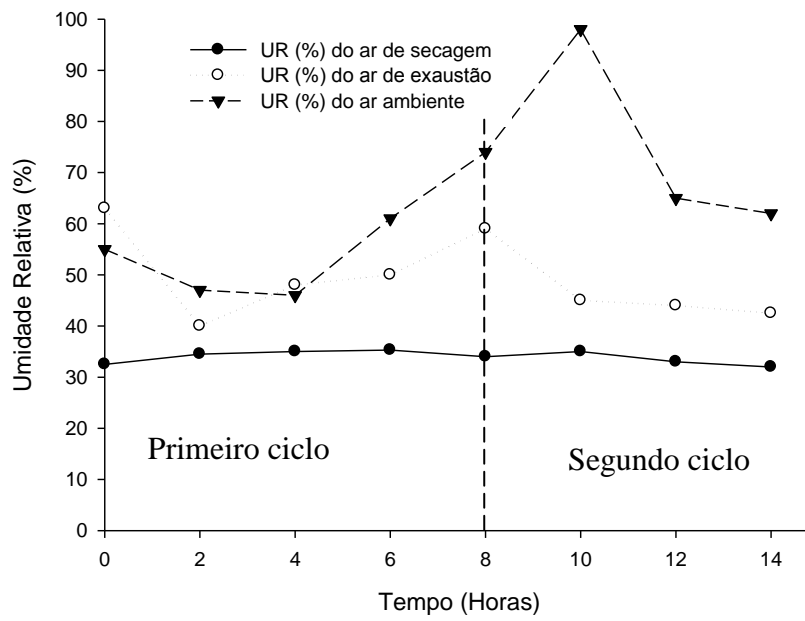


Figura 18. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 2 (T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente) durante a cura.

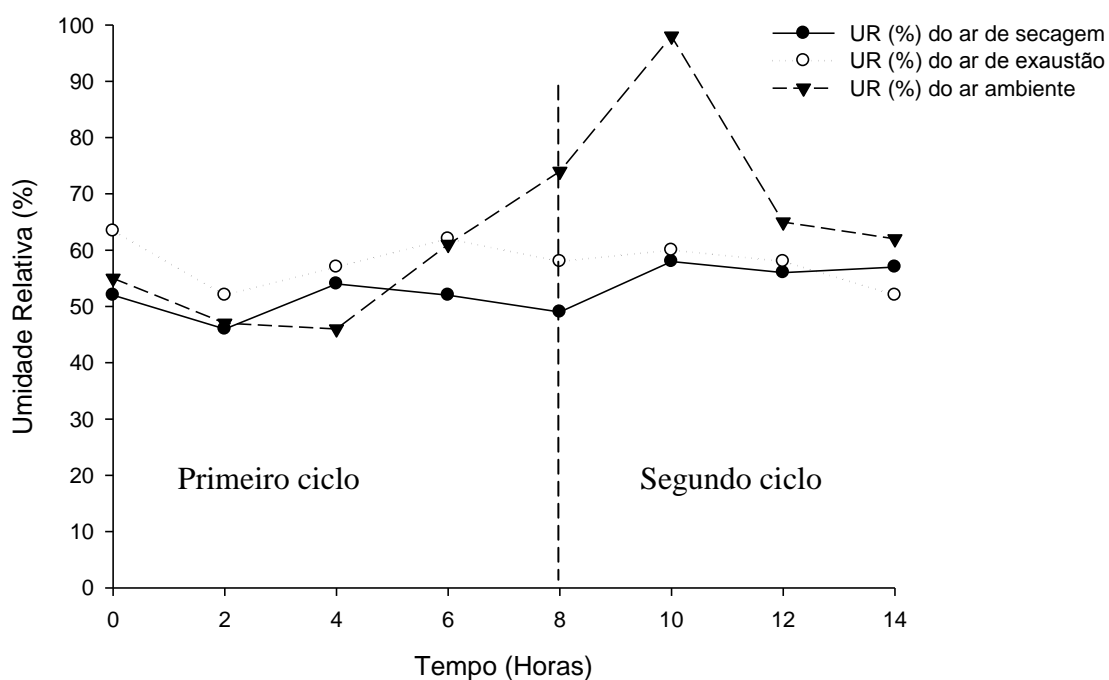


Figura 19. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 3 (T3 – aeração com ar aquecido artificialmente) durante a cura .

A umidade relativa do ar de exaustão apresentou valores médios de 61, 48, 9, 58,8% para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente. Verificou-se que os valores de umidade relativa do ar de exaustão aproximavam-se do ar de secagem à medida que a secagem se processava quando a umidade relativa do ar ambiente se encontrava em torno de 70%.

A umidade relativa do ar de secagem apresentou valores médios de 62,1, 33,9 e 53% para os tratamentos 1, 2 e 3 respectivamente.

A umidade relativa do ar ambiente apresentou valor máximo com dez horas de cura (98%), devido a ocorrência de chuva no segundo ciclo da cura.

- **Variação da umidade relativa do ar ambiente durante o armazenamento.**

A Figura 20 apresenta a umidade relativa do ar ambiente durante o armazenamento.

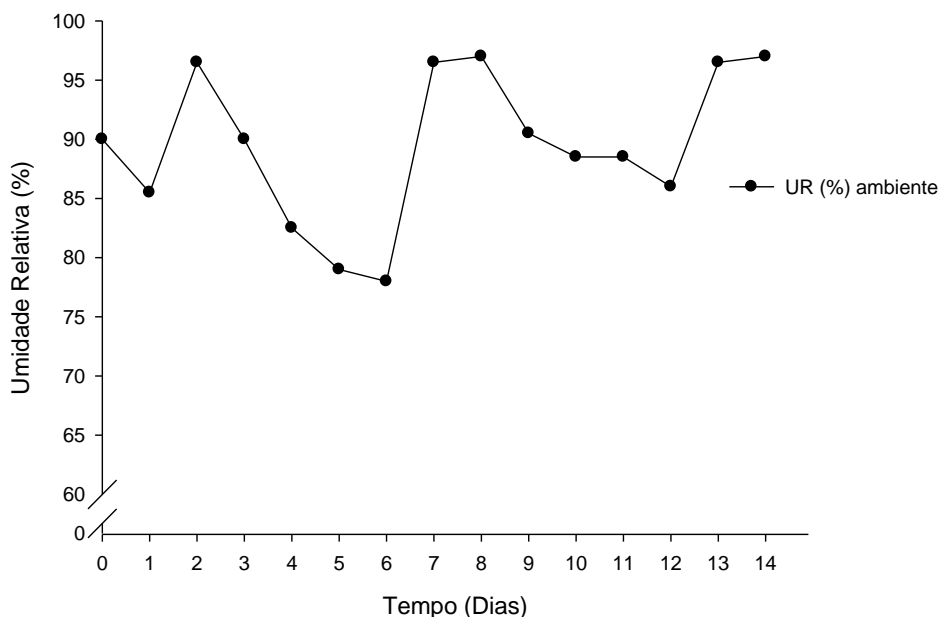


Figura 20. Umidade relativa do ar ambiente durante o período de armazenamento.

Durante o armazenamento, o ar ambiente apresentou umidade relativa média de 89,4%. O valor máximo observado foi de 97% com 8 e 14 dias de armazenamento.

- **Teor relativo de água (TRA) da casca e da polpa**

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o TRA da casca durante o período de cura.

Houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para o TRA da polpa, sendo os menores valores observados nos tratamentos 2 e 3 (Tabela 1), ou seja, os tratamentos submetidos ao processo de aeração com ar aquecido artificialmente foram os que apresentaram menores valores em função da maior perda de água via transpiração durante o processo de cura.

Tabela 1. Porcentagem média do teor relativo de água (TRA) da polpa para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha, durante a cura.

Tratamentos	TRA Polpa (%)
1	85,4 ab
2	83,7 b
3	82,3 b
4	86,2 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

Durante o armazenamento não houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos, para o TRA da casca e da polpa.

- **Percentual de bulbos deteriorados, brotados e enraizados no final do armazenamento.**

Não foram observados bulbos brotados e enraizados nos tratamentos estudados no final do período de armazenamento. Esses resultados mostram a permanência do período dormente dos bulbos de cebola. Porém, quando foi analisada a porcentagem de bulbos deteriorados observou-se que o T4 (testemunha) apresentou maior porcentagem de bulbos deteriorados, seguido do T1, com 11,5% e 3,3% respectivamente. A análise estratificada dos silos (posição inferior, meio e topo) mostrou tendências de aumentos nos percentuais de bulbos deteriorados (Tabela 2). Nas posições mais próximas do topo do silo, o potencial de secagem do ar ambiente e as condições de operação do sistema de aeração foram menos suficientes para permitir a completa passagem da frente de aeração. Não houve aparente diferença no percentual de deterioração entre os tratamentos 2 e 3.

Os bulbos eliminados no presente trabalho estavam infectados por *Arpegillusniger*, fungo comum em armazenamento.

Tabela 2. Percentual de bulbos de cebola da cv. “Bola Precoce” deteriorados, brotados e enraizados, na posição inferior, meio e topo para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha, depois de 14 dias de armazenamento.

Tratamentos	Posições	Perdas (%)		
		Deteriorados	Brotados	Enraizados
1	1	3,3	0	0
	2	1,65	0	0
	3	4,95	0	0
	Média	3,3	0	0
2	1	1,7	0	0
	2	0	0	0
	3	6,6	0	0
	Média	2,76	0	0
3	1	2,3	0	0
	2	1,59	0	0
	3	3,5	0	0
	Média	2,9	0	0
4	Média	11,5	0	0

- **Índice Visual de superação da dormência (IVD %)**

Não houve efeito dos tratamentos e da interação tratamentos x horas de cura sobre o IVD. Nos tratamentos estudados ocorreram aumentos do IVD (Figura 21).

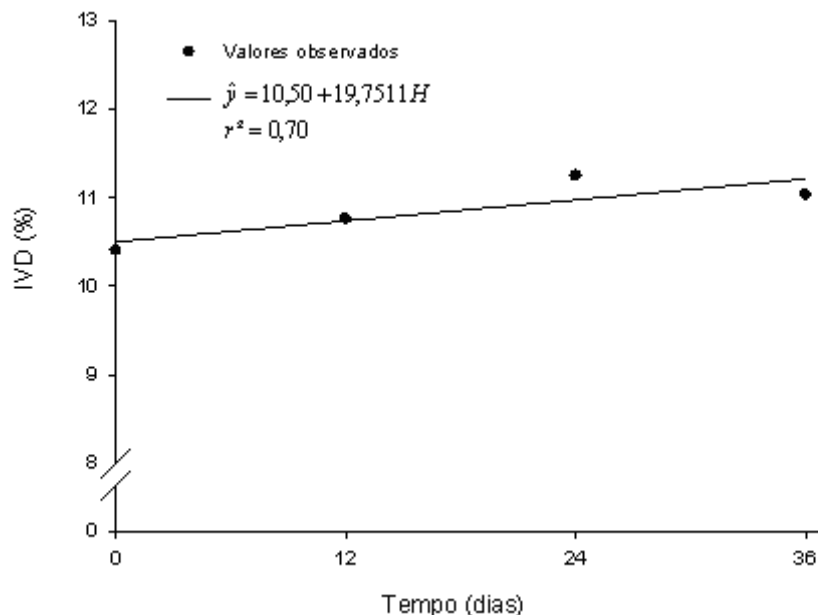


Figura 21. Média dos tratamentos para o índice visual de superação da dormência (IVD) durante a cura.

Esse aumento foi em média de apenas 0,63% em relação ao período inicial quando avaliado com 36 horas de cura. Isso se deve ao fato dos bulbos de cebola permanecerem dormentes durante a cura.

Ao avaliar o índice visual de superação da dormência no último dia de armazenamento, fazendo a estratificação dos silos, observou-se que não houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre as diferentes posições dos silos. O maior valor do índice visual de superação da dormência foi verificado nos bulbos de cebola da testemunha. Os tratamentos 1, 2 e 3 não diferiram entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem média do índice visual de superação da dormência (IVD %) para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha, durante 14 dias de armazenamento

Tratamentos	Posição	IVD (%)	Média
1	Inferior	16,5b	15,3b
	Meio	17,6b	
	Topo	11,8b	
2	Inferior	15,7b	16,3b
	Meio	17,7b	
	Topo	15,5b	
3	Inferior	11,5b	11,8b
	Meio	11,9b	
	Topo	12,2b	
4		42a	42a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

A dormência representa importante fator de capacidade de armazenamento do bulbo, e pode ser descrita como ausência de crescimento da folha de brotação, caracterizada pelo alongamento da bainha e do limbo foliar (BUFLER, 2001). Entre os estádios de máxima área foliar até o amolecimento do pescoço, ocorre drástica diminuição na presença de auxina no topo da folhagem e no ápice do bulbo e, por ocasião do dessecamento do pseudocaule, observa-se intensa atividade de inibidores nos tecidos foliares (ISENBERG et al., 1987). O ácido abcísico (ABA) atua como principal inibidor da brotação. A injeção de ABA durante o armazenamento retarda o final da dormência, mesmo quando os bulbos são mantidos em temperaturas favoráveis à brotação (MAHOTIERE et al., 1976). Durante o armazenamento dos bulbos, há rápida redução nos níveis de ABA e continuada elevação nos teores dos promotores de crescimento auxinas, giberelinas e citocininas (ISEMBERG ET al.; 1987).

A extensão do período de dormência da cebola é influenciada pela temperatura de armazenamento. Temperaturas próximas a 10°C foram mais efetivas em induzir o final da dormência dos bulbos, enquanto que as temperaturas de 0°C e 30°C retardaram o início da brotação. Além disso, a temperatura pode aumentar a atividade dos promotores de crescimento e desativar inibidores dos bulbos de cebola, acelerando ou

retardando os processos fisiológicos que promovem o crescimento dos brotos. Temperaturas em torno de 15°C acelerariam a produção de promotores e a degradação de inibidores, ao passo que temperaturas baixas ou altas retardá-las-iam (MULLER, 1986; ABDALLA E MANN, 1963),

No presente trabalho, os maiores valores de temperatura no interior dos silos durante a cura foram de 26; 29,15 e 25,05°C para T1, T2 e T3 respectivamente 23°C para a testemunha. Após a cura, durante o armazenamento, os valores médios de temperatura foram de 23,5; 22,5 e 22,3°C para T1, T2 e T3 respectivamente e 20°C para a testemunha. Aos maiores valores de temperatura dos T1, T2 e T3 explicam, em partes, os menores valores médios do índice visual de superação da dormência dos bulbos.

- **Análise instrumental de cor (Colortec)**

Independente das horas de cura, houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos para os parâmetros “L”, “a”, “b”, ângulo de matiz (θ) e croma, na polpa dos bulbos da cebola.

O tratamento 2, aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente, foi o que apresentou os menores valores do parâmetro “L” e croma e os maiores valores para os parâmetros “a” e “b” e ângulo de matiz na coloração da polpa, em comparação com os demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros “L”, “a”, “b”, matiz e croma da polpa para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido e desidratado artificialmente; T4 – testemunha, durante a cura, no ano de 2010.

Tratamentos	Parâmetros da coloração da polpa				
	L	a	b	θ	croma
1	70,51a	-2,26b	13,87b	-1,40b	0,00506162a
2	66,53b	4,15a	27,67a	1,42a	0,00127735b
3	70,45a	-2,27b	14,10b	-1,41b	0,00490116a
4	69,79a	-2,34b	13,84b	-1,40b	0,00506935a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

No decorrer do período de armazenamento, os resultados obtidos para os parâmetros “L”, “a”, “b”, ângulo de matiz e cromaindicaram que a coloração da casca

da cebola do tratamento 2 apresentaram coloração da casca entre vermelha (valores de “a” positivos) e amarela (valores de “b” positivos) com ângulo positivo e croma com valor de 1,24325E-05 indicando estar mais escura (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios dos parâmetros “L”, “a”, “b”, matiz e croma da casca para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido e desidratado artificialmente; T4 – testemunha, durante 14 dias de armazenamento, no ano de 2010.

Tratamentos	Parâmetros da coloração da casca				
	L	a	b	θ	croma
1	64,08b	8,19a	28,39ab	1,29a	0,00114539ab
2	64,92a	7,32a	27,40b	1,31a	0,00124325b
3	64,66ab	7,98a	27,84ab	1,29a	0,00119226ab
4	63,14b	9,00a	28,78a	1,27a	0,00109976a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

A cromaticidade dos bulbos de cebola esteve relacionada com a variável “L”, e em relação aos demais tratamentos, apresentou-se visualmente, com a coloração da casca mais escura. Isso ocorreu em função da utilização da Unidade de Tratamento de Ar (UTA) que proporcionou em produto final visualmente mais escuro, consequentemente, melhor aceito pelo mercado consumidor.

- **Perda de massa da matéria fresca relativa (PMF)**

Não houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para a PMF durante o processo de cura. Todos os tratamentos tenderam a um aumento da perda de massa fresca relativa (Figura 22).

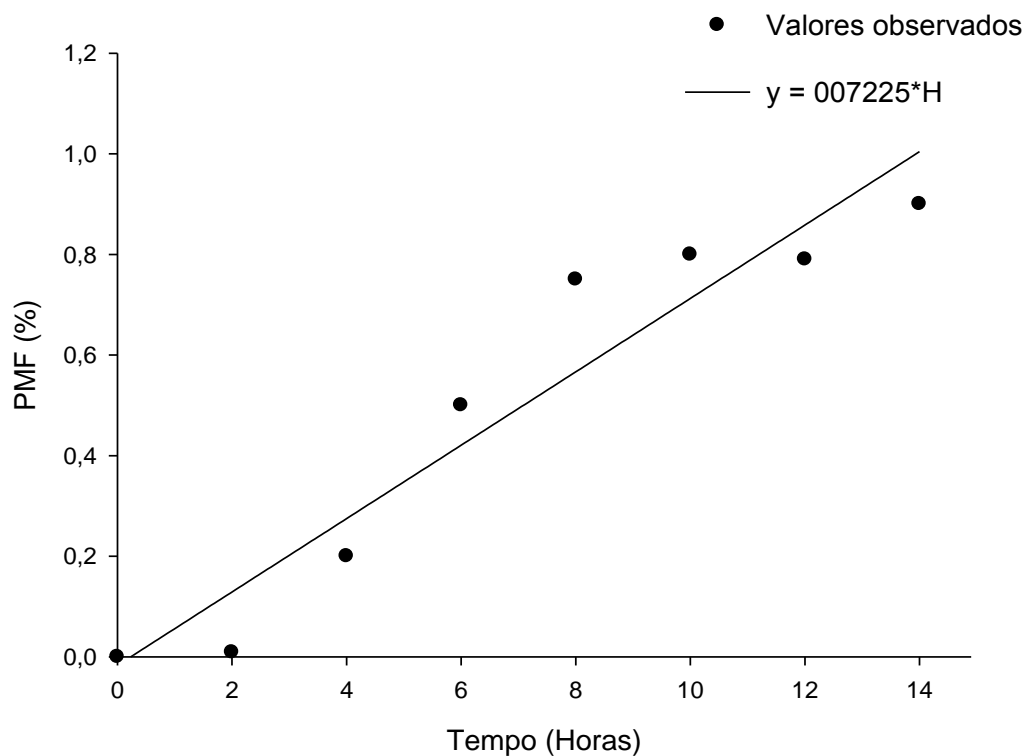


Figura 22. Porcentagem média dos tratamentos para a perda de massa fresca acumulada (PMF) ao longo das quatorze horas de cura.

Os bulbos de cebola possuíam em média 820,65 g no tempo zero e perderam em média 0,07225 g a cada hora de cura. O maior valor da perda acumulada de massa fresca, nesse trabalho, foi de aproximadamente 1% em 14 horas. Segundo Werner (1983), a cebola pode ser considerada bem curada quando perde de 3 a 5% de seu peso, apresentando o colo fechado, as raízes secas e quando algumas películas externas estão secas e farfalham quando tocadas: nessa condição a cebola está apta à conservação prolongada. Não se pode fazer uma comparação direta desses dados, pois é necessário levar em consideração os métodos de cura utilizados. Outro fator que deve levar em consideração na perda de massa fresca são as condições de solo na época da colheita. Nesse trabalho não houve ocorrência de chuvas em aproximadamente duas semanas antes da colheita. Além disso, as cebolas sofreram uma pré-cura no campo durante três dias antes de receberem cura artificial. A pré-cura foi realizada porque a colheita foi feita em dias ensolarados e segundo Harrow e Harris (1969) a melhor manipulação, em termos de permitir uma maior translocação de matéria seca das folhas aos bulbos e minimizar o risco de podridão por *Botrytis*, seria o de proceder a uma pré-cura a campo.

Portanto, os tecidos externos dos bulbos de cebola estavam parcialmente desidratados antes da cura. Justificando de algum modo os resultados obtidos.

Esses resultados sugerem que a perda de peso fresco acumulado durante a cura pode não ser um parâmetro adequado para identificar a eficácia do processo. Segundo Muller (1986), outras características como a firmeza do “pescoço” e das películas externas e o desenvolvimento da coloração dos bulbos podem ser mais apropriados para caracterizarem bulbos adequadamente curados.

A interação entre tratamentos e dias de armazenamento foi significativa pelo teste F a 5% de probabilidade. A PMF aumentou à medida que aumentou o período de armazenamento para todos os tratamentos. Ao analisar a PMF entre as diferentes posições nos silos verificaram-se maiores perdas na posição inferior. Não houve diferença entre as diferentes posições do tratamento 3 provavelmente, devido ao menor fluxo de ar desse tratamento (Tabela 6).

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para a percentagem da perda de massa fresca relativa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante quatorze dias de armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Posições nos silos	Equações ajustadas	r ²
1	inferior	$y=0,19035*D$	0,98
	meio	$y=0,12819*D$	0,99
	topo	$y=0,13232*D$	0,99
2	inferior	$y=0,2641*D$	0,99
	meio	$y=0,2238*D$	0,99
	topo	$y=0,1719*D$	0,99
3	inferior	$y=0,1737*D$	0,99
	meio	$y=0,1797*D$	0,99
	topo	$y=0,1187*D$	0,95
4		$y=0,0895*D$	0,99

Houve diferença significativa a partir do sexto dia de armazenamento, em que a posição inferior do tratamento 2 foi a que apresentou a maior PMF quando comparado com a testemunha (Tabela 7).

Tabela 7. Porcentagem média da perda de massa fresca relativa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante quatorze dias de armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Posições nos silos	Dias de armazenamento							
		0	2	4	6	8	10	12	14
1	inferior	0a	0,3814a	0,8448a	1,3737ab	1,6765ab	1,9288abc	2,2332ab	2,4793bc
	meio	0a	0,2376a	0,4381a	0,6648b	1,0538b	1,2943bc	1,6132bc	1,7782cd
	topo	0a	0,2476a	0,5631a	0,8871ab	1,0648b	1,2835bc	1,5516bc	1,7811cd
2	inferior	0a	0,5955a	1,2154a	1,7950a	2,2240a	2,5813a	2,9708a	3,7020a
	meio	0a	0,4551a	0,8858a	1,3831ab	1,7741ab	2,2067ab	2,7298a	3,1121ab
	topo	0a	0,3583a	0,6446a	1,0005ab	1,3430ab	1,6619abc	2,0222abc	2,5244bc
3	inferior	0a	0,4581a	0,8255a	1,4840ab	1,4874ab	1,6587abc	1,9769abc	2,2840bc
	meio	0a	0,3538a	0,6902a	1,2427ab	1,5681ab	1,7895abc	2,1449ab	2,3958bc
	topo	0a	0,2448a	0,4928a	0,8104ab	0,9929b	1,1919bc	1,4037bc	1,6053cd
4		0a	0,2002a	0,3741a	0,5784b	0,7733b	0,9091c	1,0540c	1,2027d

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

Durante o armazenamento, a aeração nos T1, T2 e T3 promoveu uniformidade da temperatura no interior dos silos. A temperatura média nos três silos ficou em torno de 22°C durante todo o período de armazenamento. Porém, a aeração proporcionou valores de umidade relativa do ar menores na posição inferior dos silos. A presença de uma menor umidade relativa do ar nas posições inferiores estimulou a maior perda de massa fresca dos bulbos de cebola. O resultados obtidos neste trabalho podem estar relacionados com os resultados obtidos por Matos et al. (1998), em que estes autores, ao armazenar bulbos de cebola em silos sob diferentes taxas de aeração intermitente (0,5, 1,0 e 1,5 m³ min⁻¹ m⁻³), observaram que as maiores perdas de massa dos bulbos ocorreram no fluxo de 1,5 m³ min⁻¹ m⁻³ e a menores perdas ocorreram com a utilização de 0,5 m³ min⁻¹ m⁻³. Porém, a utilização de 0,5 m³ min⁻¹ m⁻³ de produto foi insuficiente para permitir o adequado armazenamento da cebola, ocorrendo acentuada deterioração. Esta excessiva porcentagem de deterioração esteve associada à presença de elevada umidade intersticial, próxima a 100%, evidenciando, portanto que a vazão 0,5 m³ min⁻¹ m⁻³ foi insuficiente para promover o abaixamento da umidade relativa. Em outro

trabalho Matos et al. (1997) observaram que Bulbos da cultivar Baia Periforme, armazenados com temperatura entre 20°C-35°C, tiveram menores taxas de perda de matéria fresca quando a umidade relativa do ar de armazenamento foi de 55%-70%, com taxas inferiores com bulbos mantidos a 20°C-25°C.

- **Teor de massa seca (TMS)**

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor de massa seca ao longo da cura. O teor de massa seca aumentou à medida que aumentaram as horas de cura para todos os tratamentos (Figura 23).

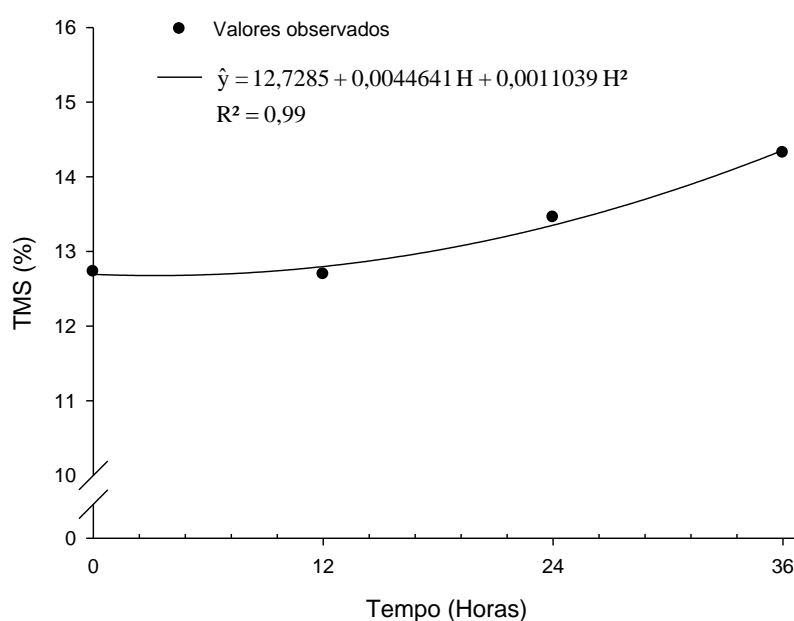


Figura 23. Teores médios de massa seca para todos os tratamentos em função das horas de cura.

A cura dos bulbos de cebola levou a uma redução do teor de água das películas externas e conseqüentemente ocorreu aumento da massa seca. Além disso, a permanência do período de dormência e baixa taxa respiratória dos bulbos possibilitaram esse aumento da massa seca.

Durante o armazenamento não houve diferença significativa para o teor de massa seca entre os tratamentos. Observou-se que houve redução da massa seca em todos os tratamentos (Figura 24).

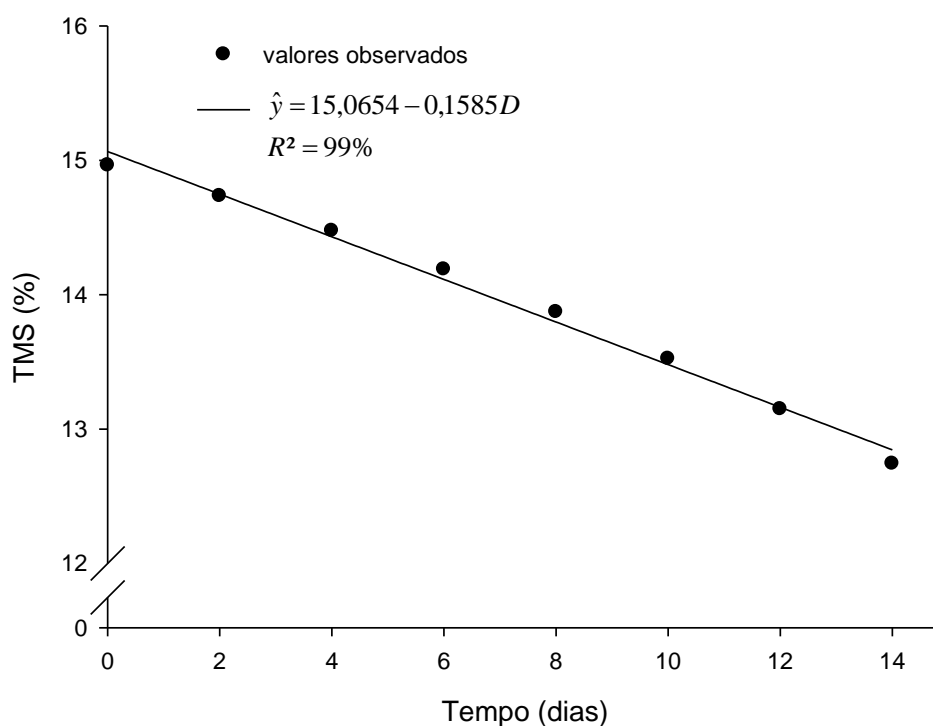


Figura 24. Teores médios de massa seca para os tratamentos em função dos dias de armazenamento

A redução da massa seca dos bulbos ocorre em função do aumento da taxa de respiração, sendo esse aumento mais notável quando o conteúdo inicial de açúcares no tecido vegetal é mais elevado (BLANCHARD et al., 1996).

- **Acidez total titulável**

Não houve diferença significativa, a nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos para a acidez total titulável durante o período de cura e durante o período de armazenamento.

- **Sólidos solúveis**

Ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos para o teor de sólidos solúveis durante as horas de cura. O maior valor foi observado no tratamento 3 e o menor valor foi observado na testemunha (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios do teor de sólidos solúveis (brix) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante a cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Sólidos solúveis (Brix)
1	13,04 ab
2	13,85 ab
3	15,27 a
4	12,3 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

A aeração juntamente com a maior temperatura do ar de secagem do tratamento 3 (34°C) levou a uma maior desidratação dos bulbos concentrando mais os sólidos solúveis.

Não houve diferenças significativa, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para o teor de sólidos solúveis durante o armazenamento. Os tratamentos tenderam a valores constantes durante esse período. Segundo Calboet.al (1979) e Garcia et. al (1977), esses resultados podem estar associados ao repouso e a dormência dos bulbos.

- **Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.**

Os tratamentos diferiram estatisticamente entre si para os teores de açúcares solúveis totais e para os açúcares não redutores e não houve diferença estatística entre os tratamentos para os açúcares redutores durante o período de cura e armazenamento. O tratamento 3 foi o que apresentou os maiores valores para os açúcares solúveis totais e açúcares não redutores (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios dos açúcares solúveis totais (AST), açúcares não redutores (ANR) e açúcares redutores (AR) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante a cura e armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Cura			Armazenamento		
	AST	ANR	AR	AST	ANR	AR
1	1,1 b	3,5 ab	0,88 a	2,33 ab	3,5 ab	0,72 a
2	1,3 ab	2,8 b	0,87 a	2,10 b	2,8 b	0,73 a
3	1,5 a	4,2 a	0,84 a	2,73 a	4,2 a	0,69 a
4	1,06 b	3,8 ab	0,89 a	2,7 ab	3,8 ab	0,72 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5 % de probabilidade.

A baixa taxa de respiração e a maior temperatura do ar de secagem dos tratamentos 2 e 3 levaram, provavelmente, a um aumento da concentração dos açúcares solúveis totais e não redutores durante a cura e armazenamento, já que não houve diferença estatística entre os tratamentos para o teor de açúcares redutores.

Os principais carboidratos não-estruturais encontrados nos tecidos do bulbo de cebola são frutose, glicose, sacarose e frutanos e podem contribuir com até 65% ou mais de peso desidratado (CROWTHER et.al., 2005), sendo esses açúcares a principal fonte de energia para a respiração. Quaisquer mudanças na composição dos açúcares podem ser usadas como indicador do grau de dormência (PALILOV, 1971) ou mostrar efeitos desfavoráveis do armazenamento. O comportamento dos açúcares ao longo do armazenamento indicou não haver incremento nos processos metabólicos dos bulbos em todos os tratamentos, indicando a permanência do período dormente dos bulbos de cebola.

- **Atividade da Alinase**

A interação entretratamentos e horas de cura foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Houve uma tendência a valores constantes para a

concentração de ácido pirúvico para os tratamentos 1, 2 e 3 durante a cura. Porém o tratamento 4 (testemunha) aumentou a concentração com o tempo (Tabela 10).

Tabela 10. Equações de regressão ajustadas para a concentração de ácido pirúvico de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante trinta e seis horas de cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Equações ajustadas
1	$\hat{y} = 5,2225$
2	$\hat{y} = 4,3475$
3	$\hat{y} = 3,1025$
4	$\hat{y} = 4,6716 - 0,2152 H + 0,008576 H^2 R^2 = 0,95$

H= horas

Ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos com 24 e 36 horas de cura. Com 24 horas de cura a maior concentração foi observada no tratamento 2 . Com 36 horas de cura a maior concentração foi observada nos tratamentos 1 e 4 (Tabela 11).

Tabela 11. Porcentagem média da concentração de ácido pirúvico de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante trinta e seis horas de cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Horas de cura	Tratamentos			
	1	2	3	4
0	4,55a	4,55a	4,55a	4,55a
12	1,64a	0,43a	1,16a	3,66a
24	9,03ab	11,33a	6,24bc	4,10c
36	5,67a	1,08b	0,46b	5,67a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

Provavelmente as maiores temperaturas nos tratamentos 2 e 3 durante a cura levaram a inibição da atividade da enzima alinase reduzindo a concentração de ácido pirúvico com 36 horas de cura.

A interação entre tratamentos e dias de armazenamento não foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Os tratamentos aumentaram a concentração do ácido ao longo do período de armazenamento (Figura 25).

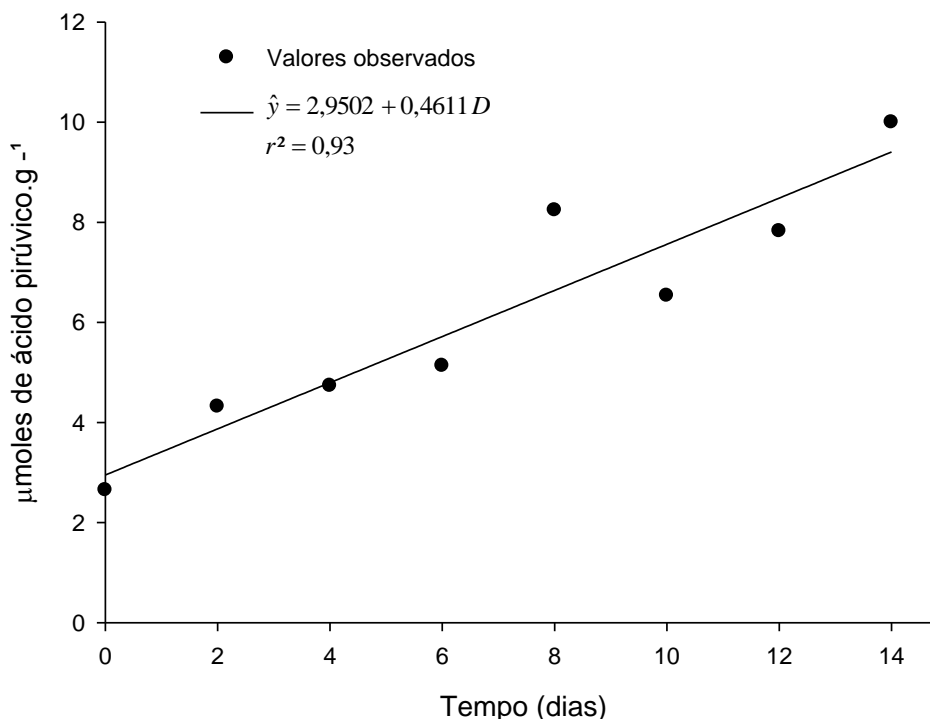


Figura 25. Concentração média de ácido pirúvico de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” para os tratamentos em função dos dias de armazenamento (D).

A pungência aumentou de 2,64 μmoles.g⁻¹ para 9,99 μmoles.g⁻¹ após 14 dias, ou seja, alterou o sabor das cebolas de “suaves” para “picantes”, mostrando o efeito protetor da alinase na conservação dos bulbos.

O tratamento 2 foi o que apresentou maior concentração de ácido pirúvico (Tabela 12).

Tabela 12. Valores médios da concentração de ácido pirúvico de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante quatorze dias de armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha.

Tratamentos	$\mu\text{moles de ac. pirúvico.g}^{-1}$
1	6,43ab
2	7,32a
3	5,17b
4	5,78ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade.

O aumento da concentração de ácido pirúvico também foi observado por MIGUEL e DURIGAN (2007) ao armazenar bulbos de cebola “superex” sob refrigeração, onde os bulbos passaram de “pungentes” para “picantes”.

➤ Ano de 2011

- **Tempo de cura dos diferentes tratamentos.**

O processo de cura do tratamento 1 foi finalizado com 48 horas. Ou seja, os bulbos de cebola passaram por dois ciclos de cura de 12 horas (24 horas com o equipamento ligado mais 24 horas desligado). O tratamento 2 foi finalizado em apenas um ciclo de 12 horas (12 horas com o equipamento ligado). O tratamento 3 foi finalizado com 27 horas de cura, um ciclo de 12 horas e outro de 3 horas (15 horas com o equipamento ligado mais 12 horas desligado). O tratamento 4 foi finalizado após 168 horas (84 horas com equipamento ligado mais 84 horas desligado) de cura a temperatura e umidade relativa do ambiente (Figura 26).

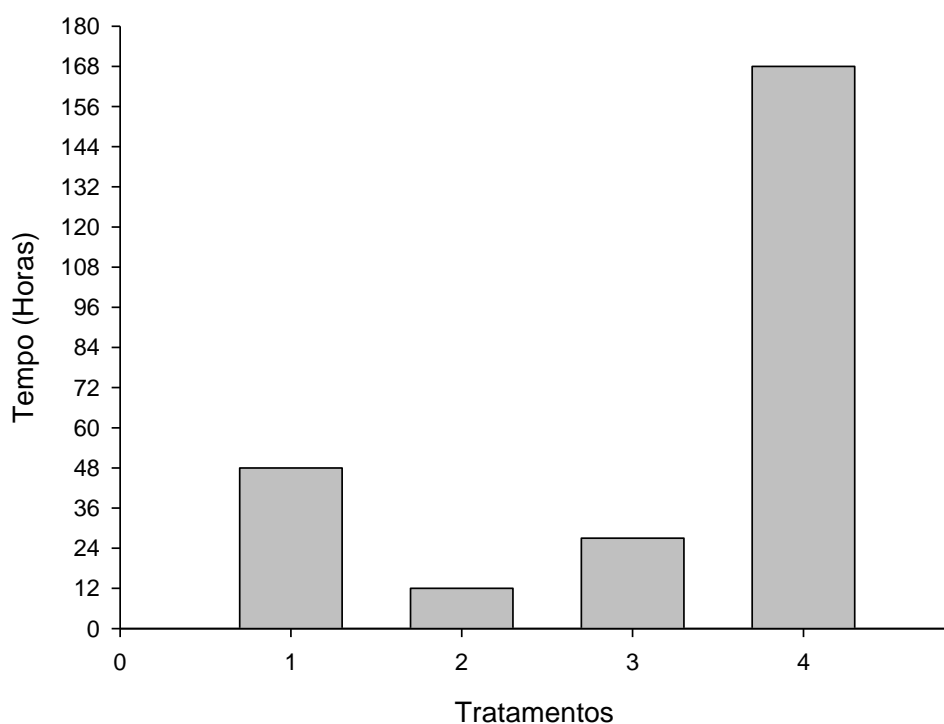


Figura 26. Tempo de cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente e T4 – testemunha

- **Variação da temperatura do ar de secagem, ar de exaustão, dos pontos C e L e do ar ambiente durante a cura.**

As Figuras 27, 28, 29 e 30 mostram o comportamento das temperaturas média do ar de secagem, do ar de exaustão, dos pontos C e L e do ar ambiente para os tratamentos durante o processo de cura.

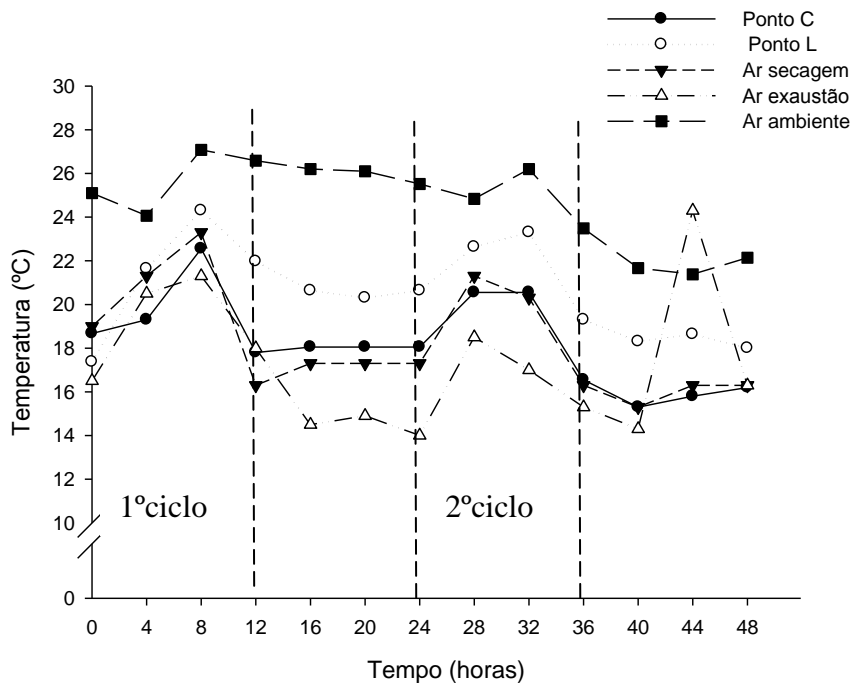


Figura 27. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 1 (ventilação artificial com ar natural) durante a cura.

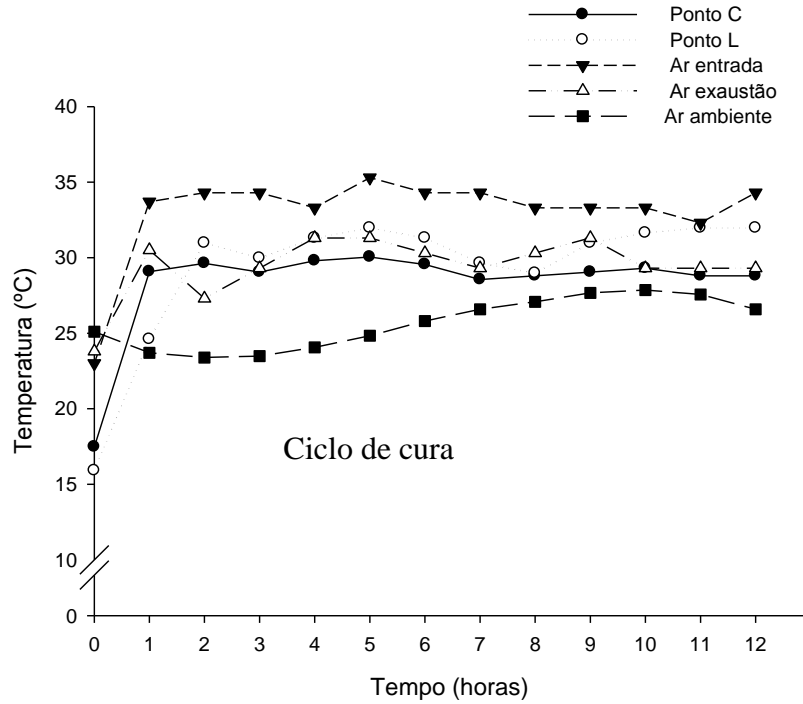


Figura 28. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 2 (ventilação artificial com ar quente e desidratado) durante a cura.

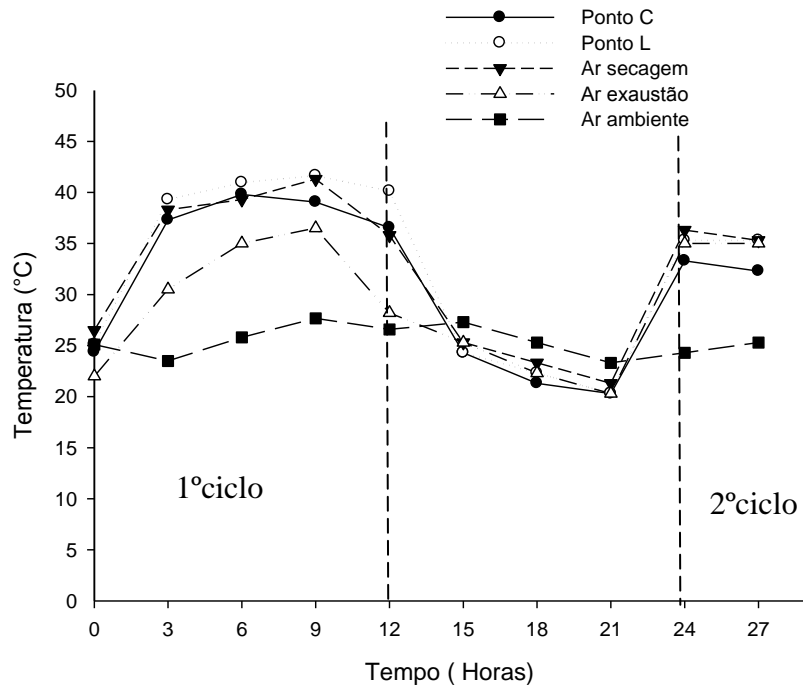


Figura 29. Médias das temperaturas dos pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente do tratamento 3 (ventilação artificial com ar aquecido pela

queima de propano) durante a cura.

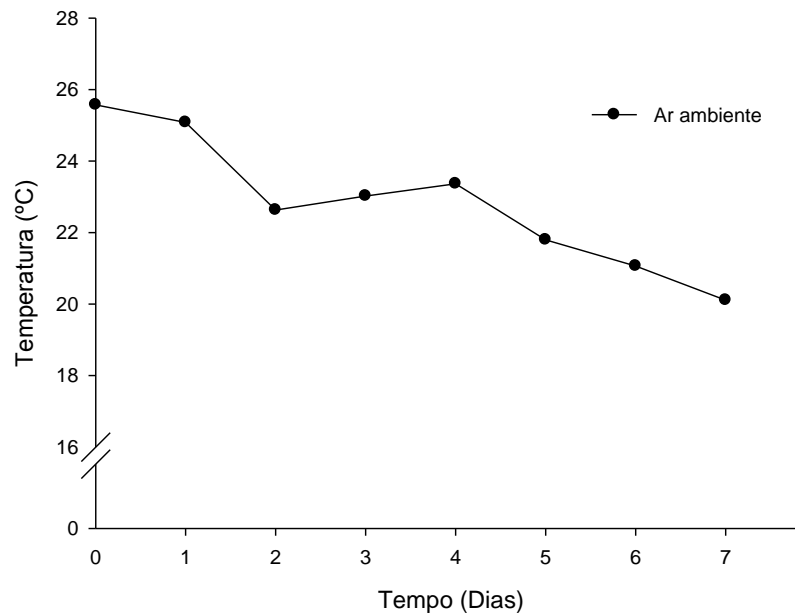


Figura 30. Médias das temperaturas do ar ambiente do tratamento 4 (Testemunha) durante sete dias de cura.

O tratamento 1 apresentou com 8 horas de cura temperaturas máximas de 22,5; 24,3; 23,3; 21,3 e 27,0°C e com 40 horas de cura temperaturas mínimas de 15,3; 18,3; 15,3; 14,3 e 26,2°C para os pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente respectivamente.

O tratamento 2 apresentou temperaturas máximas de 30,5; 31,9; 35,3; 31,3°C com 5 horas de cura e temperaturas mínimas de 17,5; 15,9; 23,2; 23,8°C no tempo zero para os pontos C, L, ar de secagem e ar de exaustão respectivamente. A temperatura máxima do ar ambiente foi de 27,8°C com 10 horas de cura e mínima de 23,4 com 2 horas de cura.

O tratamento 3 apresentou temperaturas máximas de 39,8; 41,6; 41,3; 36,5 e 27,6°C com 9 horas de cura e temperaturas mínimas de 20,3; 20,3; 21,3; 20,3 e 23,3°C para os pontos C, L, ar de secagem, ar de exaustão e ar ambiente respectivamente.

O tratamento 4 (testemunha) apresentou temperatura média máxima de 25,5°C no tempo zero e mínima de 20,1°C no último dia de cura, ou seja, depois de sete dias de secagem a temperatura ambiente.

- **Varição da umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente dos tratamentos durante a cura.**

As Figuras 31, 32, 33 e 34 mostram o comportamento médio da umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente para os tratamentos durante o processo de cura.

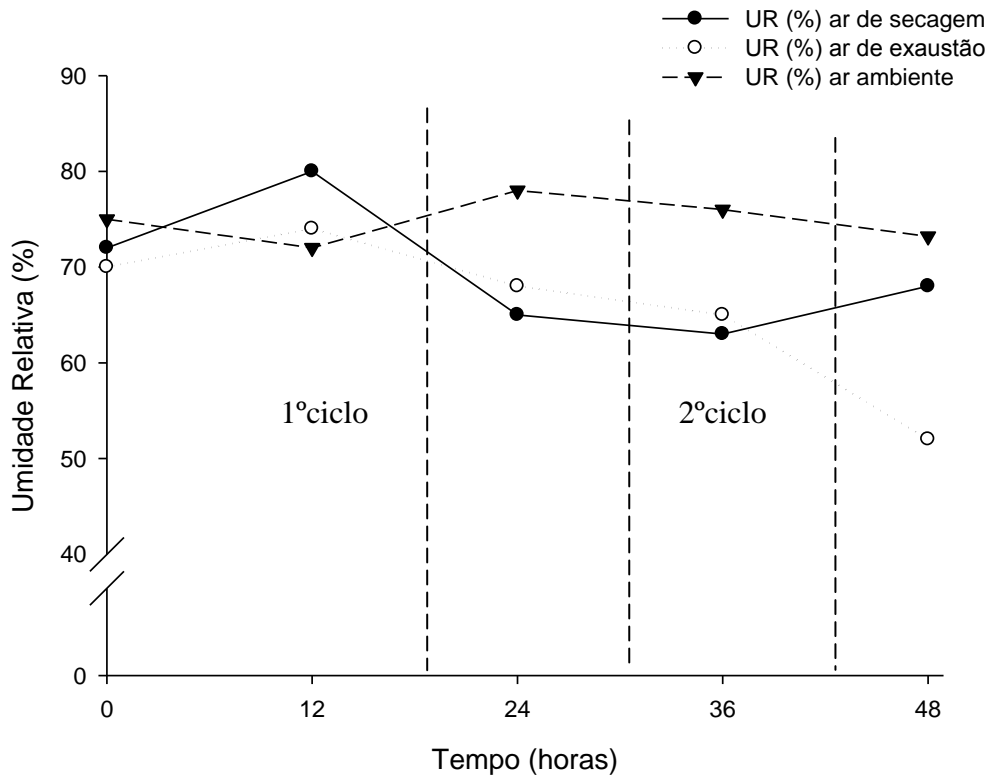


Figura 31. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 1 (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente) durante a cura .

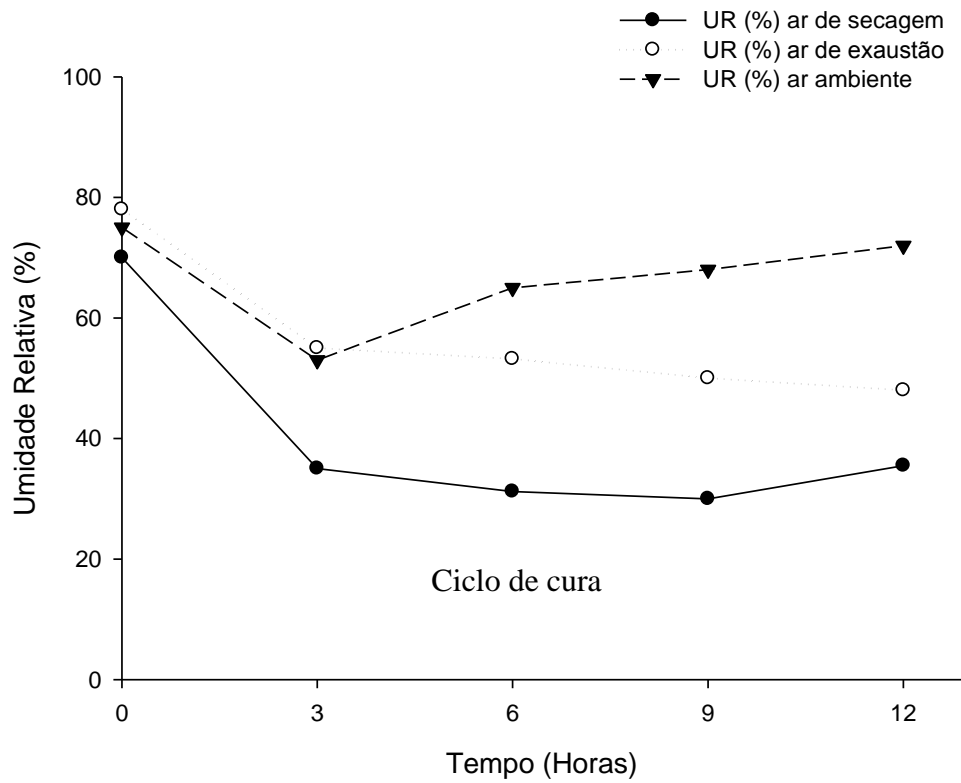


Figura 32. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 2 (T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente) durante a cura.

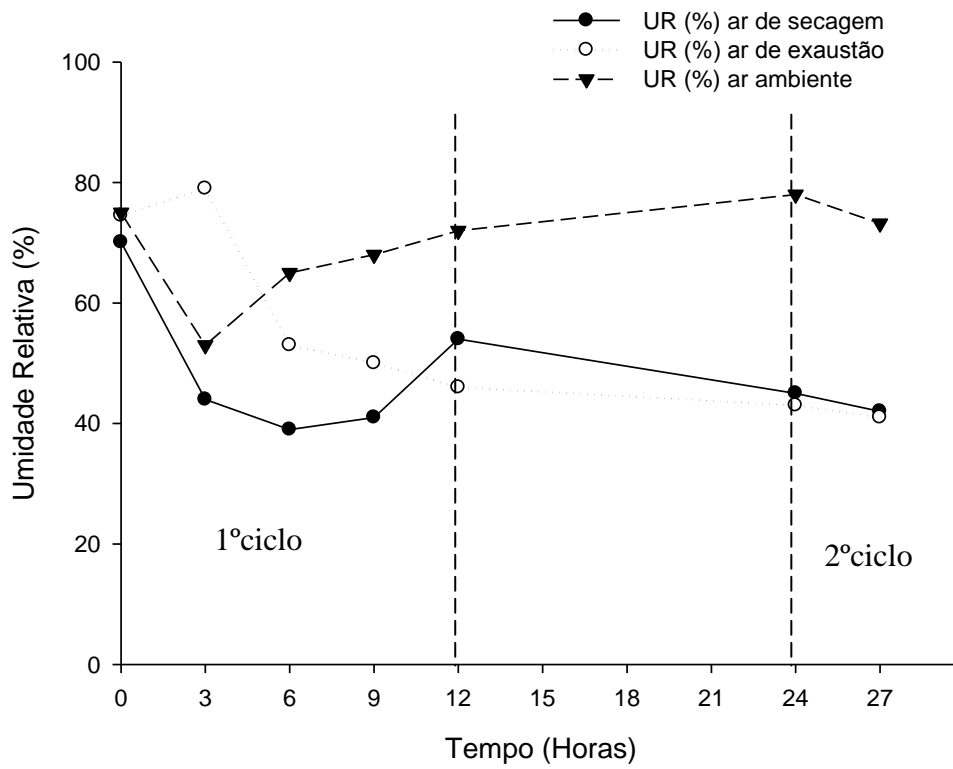


Figura 33. Umidade relativa do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar ambiente do tratamento 3 (T3 – aeração com ar aquecido artificialmente) durante a cura.

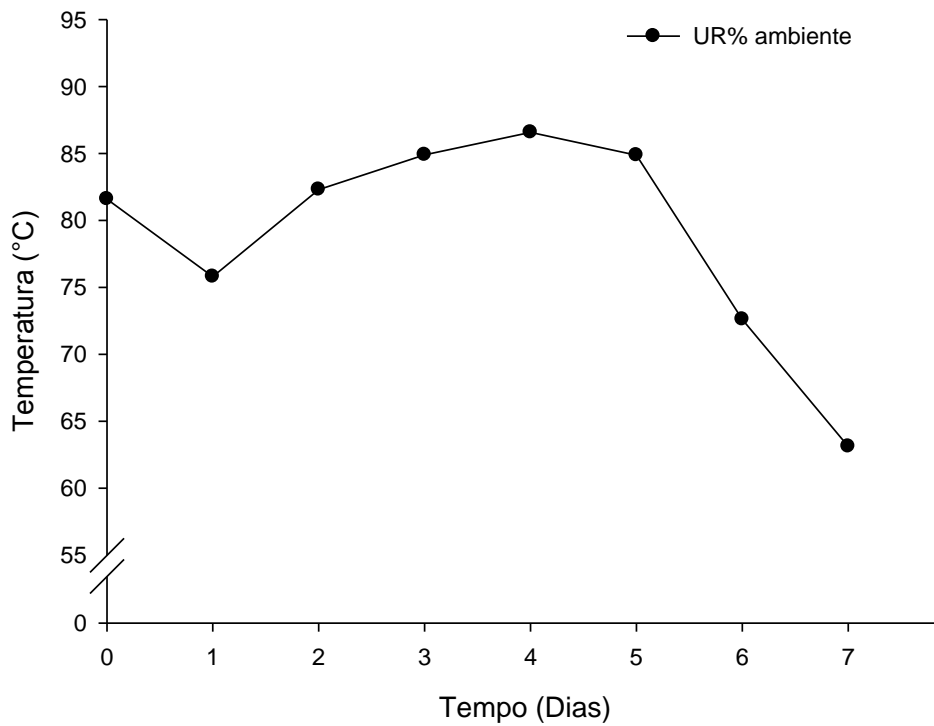


Figura 34. Umidade relativa média do ar ambiente durante sete dias de cura do tratamento 4 (T4 – testemunha).

A umidade relativa do ar de exaustão apresentou valores médios de 65,8; 56,84; 55,21 e 78,9% para T1, T2, T3 e T4 respectivamente. Verificou-se que à medida que a secagem era processada a umidade relativa do ar de exaustão diminuía devido à menor quantidade de água no produto no decorrer da operação. A umidade relativa do ar de secagem apresentou valores médios de 69,6; 40,34 e 47,87% para T1, T2 e T3 respectivamente.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o índice visual de superação da dormência (IVD), teor de massa seca (TMS), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), atividade da alinase (AA), compostos fenólicos (CF), acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis (SS).

Pode-se observar na tabela 13 que houve um aumento médio dos tratamentos para índice visual de superação da dormência e teor de massa seca em relação ao tempo inicial (antes da cura). Esses resultados são semelhantes aos obtidos no ano de 2010. O teor de massa seca aumentou à medida que os tratamentos foram perdendo massa fresca.

Houve uma redução média dos tratamentos para a acidez total titulável em relação ao tempo inicial. Resultados também semelhantes ao ano de 2010.

A mudança nos teores de açúcares no final da cura em relação ao período inicial indica que houve incremento nos processos metabólicos dos bulbos em todos os tratamentos. Ocorreu uma redução média de açúcares solúveis totais, cerca de 40,11% nos tratamentos estudados.

Os teores de açúcares não redutores, constituído basicamente de sacarose, dos tratamentos decresceram em média, cerca de 70,9%

Os teores de açúcares redutores, formados de glicose e frutose, dos tratamentos aumentaram em média, cerca de 15,62%. O pequeno aumento dos açúcares redutores e o expressivo decréscimo dos açúcares não redutores podem estar associados à elevação na atividade respiratória, uma vez que o conteúdo de açúcares redutores aumentou muito pouco nesses tratamentos, indicando que houve consumo de glicose e frutose.

Não foi detectada atividade enzimática relativa aalinase nesse segundo ano de experimento. No ano de 2010 a atividade da alinaseapresentou-se em quantidades desprezíveis nos tratamentos em silos (T1, T2 e T3).

Tabela 13. Valores médios dos tratamentos (T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha) para o índice visual de superação da dormência (IVD), teor de massa seca (TMS), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), atividade da alinase (AA), compostos fenólicos (CF), acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis (SS).

Tempo	Características Avaliadas								
	IVD	TMS	AST	AR	ANR	AA	CF	ATT	SS
Média Inicial	1,72	11,51	2,4	0,54	1,88	***	52,58	10,98	15,9
Média Final	4,12	13,0125	1,71	0,645	1,1025	***	52,985	8,985	15

Pelo teste Tukey o T4 (testemunha) apresentou os maiores valores médios para o teor relativo de água da casca e o T2 apresentou os maiores valores médios para o teor relativo de água das películas internas no final do processo de cura, concordando com teste Dunnetta 5% de probabilidade (Figura 35).

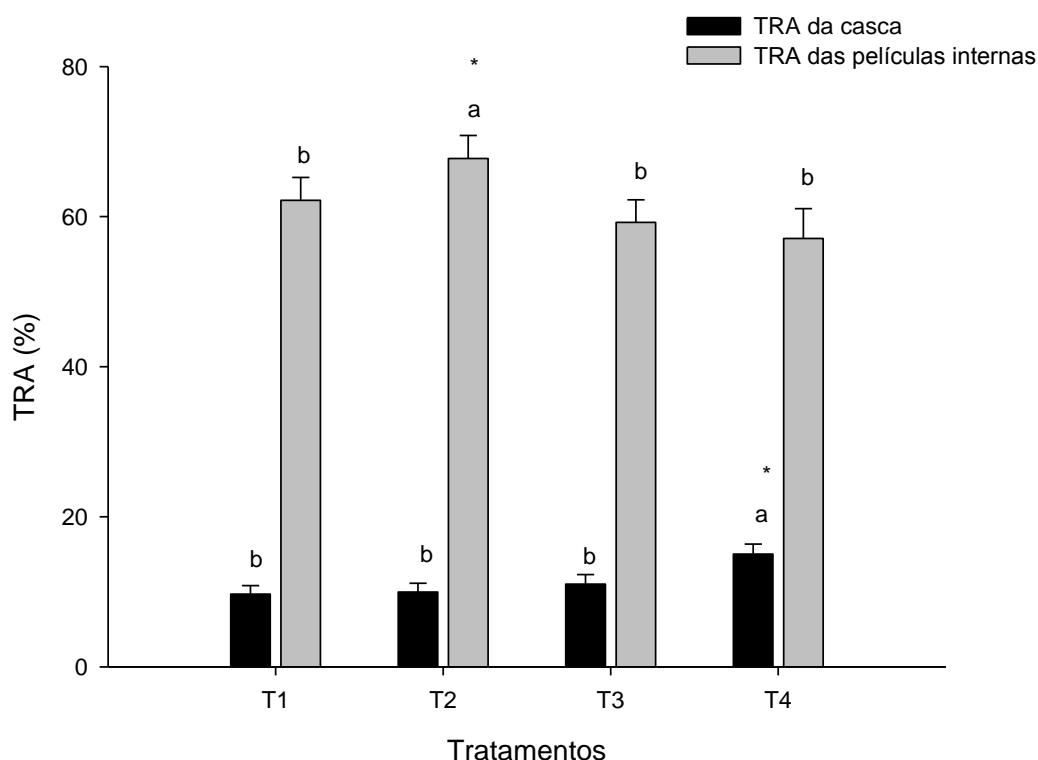


Figura 35. Porcentagem média do teor relativo de água (TRA %) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” para os tratamentos: T0 – tempo zero; T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Letras iguais nos tratamentos não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * Diferente pelo teste de Dunnetta 5% de probabilidade.

O valor médio do teor relativo de água da casca do T4 foi de 14,7% e a média dos outros tratamentos foi de 9,8%. Esses resultados mostram a eficácia do processo de cura artificial, apesar dos bulbos apresentarem a casca bem seca logo após a colheita.

O valor médio das películas internas do T2 no tempo inicial foi de 44% e 67% no final da cura, ou seja, esse tratamento aumentou em aproximadamente 34% do teor relativo de água. Esse resultado deve-se, provavelmente, ao fluxo de água das escamas mais suculentas para as películas mais externas dos bulbos de cebola acumulando água nessas películas.

Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste Tukey e pelo teste de diferença da testemunha (Dunnett) a 5% de probabilidade para a porcentagem perda de massa fresca acumulada no final do processo de cura. Os tratamentos perderam em média 1,57% da massa fresca no final da cura.

No ano de 2010 os tratamentos perderam em média 1% da massa fresca, não diferindo do ano de 2011. Nesse segundo ano de experimento os bulbos de cebola também já apresentavam as películas externas bastante secas, porém com o pescoço mais úmido.

Nesse trabalho a umidade do pescoço dos bulbos foi o critério utilizado para caracterizar bulbos adequadamente curados.

Ocorreram aumentos da perda de massa fresca acumulada ao longo do período de cura para os tratamentos. Houve uma tendência de uma maior perda de massa fresca no início de processo de cura e menor perda no final do processo. Ou seja, os bulbos de cebola foram perdendo menos massa fresca à medida que ia se aproximando da finalização da cura (Tabela 14).

Tabela 14. Equações de regressão ajustadas para a percentagem da perda de massa fresca relativa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce” obtidos durante o processo de cura os tratamentos: T0 – tempo zero; T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha

Tratamentos	Posições nos silos	Equações ajustadas	r ² /R ²
1	inferior	$\hat{y} = 0,15675 \sqrt{H} - 0,00013 H$	0,96
	meio	$\hat{y} = 0,19241 \sqrt{H} - 0,00015 H$	0,99
	topo	$\hat{y} = 0,45420 \sqrt{H} - 0,03758 H$	0,93
2	inferior	$\hat{y} = 0,38938 \sqrt{H} - 0,03140 H$	0,99
	meio	$\hat{y} = 0,0100 \sqrt{H} - 0,0001 H$	0,97
	topo	$\hat{y} = 0,31535 \sqrt{H} - 0,00031 H$	0,79
3	inferior	$\hat{y} = 0,27782 \sqrt{H} - 0,00024 H$	0,93
	meio	$\hat{y} = 0,48226 \sqrt{H} - 0,0014 H$	0,98
	topo	$\hat{y} = 0,23959 \sqrt{H} - 0,0014 H$	0,92
4		$\hat{y} = 0,01563 H$	0,86

H= horas de cura

No ano de 2011, independente das horas de cura, não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para os parâmetros “L”, “a”, “b”, ângulo de matiz (θ) e croma, no que se refere à polpa.

Neste ano não houve diferença entre a cromaticidade dos tratamentos estudados, no que se referiu à polpa, em função da uniformidade do lote utilizado (Tabela 15).

Entretanto, quanto à coloração da casca o tratamento 2, aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente, confirmou o comportamento do ano anterior.

Tabela 15. Valores médios dos parâmetros “L”, “a” e “b”, matiz e croma da polpa da casca na curapara os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha, durante 14 dias de armazenamento, no ano de 2011

Tratamentos	Parâmetros da coloração da polpa				
	L	a	b	θ	croma
1	61,35a	9,04a	32,19a	1,30a	8,945E-04a
2	63,33a	5,75a	33,77a	1,40a	8,522E-04a
3	64,83a	4,38a	31,58a	1,43a	9,841E-04a
4	61,36a	8,77a	33,87a	1,32a	8,170E-04a

Tratamentos	Parâmetros da coloração da casca				
	L	a	b	θ	croma
1	64,11a	-5,08a	25,99a	-1,38a	1,426E-03b
2	67,52a	-1,76b	15,32b	-1,46a	4,205E-03a
3	69,10a	-2,05a	15,47a	-1,44a	4,106E-03b
4	67,26a	-2,32a	16,18a	-1,43a	3,743E-03b

4. CONCLUSÕES

- Independente da temperatura e tempo de secagem utilizados neste trabalho houve preservação das características físicas, sanitárias e nutricionais da cebola durante o processo de cura artificial.
- A cura artificial, utilizando uma unidade de tratamento de ar (UTA), conhecida como bomba de calor, proporcionou um produto final visualmente mais escuro.
- A utilização de uma UTA foi o método mais rápido na cura dos bulbos de cebola, finalizando o processo com 12 horas.

1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. A. Abdalla; L.K Mann. Bulb development in the onion (*Allium cepa* L.) and the effect of storage temperature on bulb rest. *Hilgardia*, v.35, n. 5, p. 85–112, 1963.

BLANCHARD, M., CASTAIGNE, F., WILLEMOT, C., MAKHLOUF, J. Modified atmosphere preservation of freshly prepared diced yellow onion. *Postharvest Biology and Technology*, v.9, n.2, p.173-185, 1996.

BUFLER, G. A simple method to monitor onion bulb dormancy. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.553, p. 129-130, 2001.

CALBO, A. G., GUALBERTO, J. A. G, CARVALHO, F. A. L. Estudo do armazenamento de duas cultivares de cebola na unidade armazenadora de Belém do São Francisco. Brasília: Embrapa, 1979. 19p

CATSKY, J. Water content. In: SLAVIK, B. (ed). **Methods of studying plant water relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1974. p.121-31.

CHEN, C., MOREY, V. Equilibrium relative humidity (ERH) relationships for yellow-dent corn. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 32, n. 3, p. 999-1006, 1989.

COELHO, E. F., SOUZA, V. A. B., CONCEIÇÃO, M. A. F. Comportamento da cultura da cebola em três regimes de irrigação e cinco espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v 31, n. 8, p.585-591, 1996.

CROWTHER, T., COLLIN, H. A., SMITH, B. Assessment of the flavour of fresh uncooked onions by taste-panels and analysis of the flavour precursors, pyruvate and sugars. *Journal Science Food Agriculture*, London, v. 85. n. p. 112-120, 2005.

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, n.3, p. 350-356, 1956.

FINGER, F. L., CASALI, V. W. D. Colheita, cura e armazenamento da cebola. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.23, n. 218, p.93-98, 2002.

GARCIA, J. L. M., BLEINROTH, E. W., YOKOMIZO, Y. et al. Comportamento das variedades de cebola de maior comercialização no Brasil quanto ao armazenamento. In: COLETÂNEA DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Campinas: ita, 1977. v.8, p.27-53.

GNANASEKHARAN, V., SHEWFELT, R.L., CHINNAN, M.S. Detection of color in green vegetables. *J. Food Sci*, v57, n.1, p.149–154, 1992. .

HARROW, K.M., AND HARRIS, S. Artificial curing of onions for control of neck rot (*Botrytis allii* Munn). *New Zealand Journal of Agricultural Research* v.12, p.592-604, 1969.

HOGAN, M. R., AYRES, D. L., MULLER, R. E. ET AL. Heat pump for low-temperature grain drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.4, p.1234-1238, 1983.

HOPEN, H. J., DEDOLPH, R. R., WHITESIDE, W. F., CHONEY, W. Rest period reduction in non-stored onion (*Allium cepa* L.) sets. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 96, p.498-501, 1971.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3ª edição. São Paulo: IAL, 1985. 371p.

ISENBERG, F. M. R., LUDFORD, P. M., THOMAS, T. H. Hormonal alterations during the postharvest period. In: WEICHIMANN, J. (ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p. 25-43.

MAHOTIERE, S., HENER, R. C., DENNIS, F. G. effects of applied growth substances of shoot apices excised from onions in rest. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, n.3, p. 211-213, 1976.

MATOS, A. T. Cura e armazenamento de cebola com utilização de ventilação forçada – Armazém modelo EMPASC. Florianópolis: EMPASC, 1987. 12p. (Circular, 113).

MATOS, A. T., DALPSQUALE, V. A., FINGER, F. F. Armazenamento de bulbos de cebola sob diferentes taxas de aeração intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.599-603, 1998.

MATOS, A. T., FINGER, F. F., DALPSQUALE, V. A. Perda de matéria fresca e isotermas de sorção em bulbos de cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.3, p.235-238, 1997.

MAZZA, G., JAYAS, D. S. Equilibrium moisture characteristics of sunflower seeds, hulls, and kernels. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 34, n. 2, p. 534-538, 1991.

MIGUEL, A. C. A., DURIGAN, M. F. B., DURIGAN, J. F., MORETTI, C. L. Postharvest quality of twelve onion cultivars grown in the southeast of Brazil. In: INTERNATIONAL ISHS SYMPOSIUM ON EDIBLE ALLIACEAE, 4. **Abstracts...** Beijing: ISEA, 2004.

MOREY, V., WILCKE, W. F., MERONUCK, R. A., LANG, J. P. Relationship between equilibrium relative humidity and deterioration of shelled corn. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, Vitória, 1982. Anais... Vitória: Sociedade de Olericultura do Brasil, 1982. 300 p.

MULLER, J. J. V. Índice visual de dormência – uma proposta. **Anais: XXII Congresso Brasileiro de Olericultura**, , Vitória, p. 134, 1982.

MÜLLER, S. R. **Influência do estágio de maturidade e da cura artificial na fisiologia pós-colheita da cebola (*Allium cepa* L.) “Baia Periforme”**. Viçosa: Universidade federal de viçosa, 1986. 53p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).

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

PALILOV, N. A. The biological bases of onion storage. **Acta Horticulturae**. V.20, p.53-64, 1971.

PEREIRA, J. A. M., QUEIROZ, D. M. de. **Higroscopia**. Viçosa : Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, 1987. 28 p.

PRINCE, M.L., BUTLER, L. G. Rapid Visual Estimation an spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. **Journal of Agricultural and food mistry**, v. 25, p. 1268-1273, 1977.

PROCTOR, F. J., GOODLIFE, J. P., COURSEY, D. G. Postharvest losses of vegetables and their control in the tropics. **Vegetable productivity**. London, C. R. W. Spedding/Mac Millan, p. 140-172, 1981.

RESENDE, L. M. A., MASCARENHAS, M. H. T., SIMÃO, M. L. R. Panoramada produção e da comercialização da cebola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.23, n.218, p7-19, 2002.

SANTOS, R. R. **Análises de sistemas de secagem de café utilizando-se bomba de calor e gás liquefeito de petróleo – GLP**. Viçosa: Universidade federal de viçosa, 2007. 135p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola).

SCHWIMMER S., WESTON WJ. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.9.p.301-304, 1961.

SOKHANSANJ, S., YANG, W. Revision of the ASAE standard D245.4: moisture relationships of grains. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 2, p. 639-642, 1996.

VAUGHAN, E. K., M. G. CROUSEY, E. N. HOFFMAN. **Effects of field curing practices, artificial drying and other factors in the control of neck rot in stored onions**. Oregon State University, 1964. 22 p. (Circular, 77).

VIDALIALABS-VLI. **Sweet index (Sweetometer)**. 2004. Disponível em: <http://www.vidalialabs.com/images/sweetometer.jpg/>. Acesso em: 10, mar, 2009.

VIEIRA, G. S. **Dormência e conservação pós - colheita do alho (Allium sativum L.) submetido à cura artificial**. Viçosa: UFV, 1989. 42p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).

WEATHERLEY, P. E. Studies in water relations of cotton plant. I. The field. Measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, p. 81-97, 1950.

WENER, R. A., BRAUN, R. L. Cura e armazenamento de cebola. Florianópolis, **Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina (Acaresc)**. Maio, 1979.

WERNER, R.A. & SEBEN, J.C. Cura e armazenamento de cebola. Florianópolis: *Associação de Crédito e Assistência Rural de Santa Catarina Acaresc*, 1983. 71p.

ANEXOS

Resumo das análises de variância de perda de massa fresca acumulada (PMA), índice visual de superação da dormência (IVD), teor de massa seca (TMS) e atividade da alinase em bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 36 horas de cura, para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		PMF	IVD	TMS	Atividade da Alinase
Tratamento	9	17,60 ^{ns}	3,934757 ^{ns}	2,15904 ^{ns}	19,14 ^{ns}
Resíduo (a)	10	1.145,49	1.818,81	35.272,00	6,12
Horas	7	2,705422**	5,304421*	10,0542*	121,49**
Trat. x Horas	63	0,2849559 ^{ns}	1,180316 ^{ns}	1,0234 ^{ns}	36,24**
Resíduo (b)	70	0,3020005	1.719.575	35.792,00	3,24
C,V,(%) parcela		212,96	12,42	14.052	55,59
C,V,(%) subparcela		109,36	12.077	14.155	40,44

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância de perda de massa fresca acumulada (PMA), índice visual de superação da dormência (IVD), teor de massa seca (TMS) e atividade da alinase em bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 14 dias de armazenamento, para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios			
		PMF	IVD	TMS	Atividade da Alinase
Tratamento	3	2,2442**	28,753388*	4,6953 ^{ns}	33,79*
Resíduo (a)	16	0,4018	1.034.405	175.369	11,92
Horas	7	12,6529**	586,6640**	19,3347*	116,46**
Trat. x Horas	21	0,1309*	12,54590 ^{ns}	5,0871 ^{ns}	9,19 ^{ns}
Resíduo (b)	112	0,05156	1.201.302	88.292	6,4
C.V.(%) parcela		535.188	22,34	29,96	55,91
C.V.(%) subparcela		19.172	24.083	21,25	41

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para os parâmetros “L”, “a”, “b”, croma (c) e matiz (θ) da coloração da casca e da polpa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 36 horas de cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios									
		Cor da casca					Cor da polpa				
		L	a	b	θ	c	L	a	b	θ	c
Tratamento	3	84,74*	106,26*	237,08**	1100,4**	318,86**	5,66 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,01 ^{ns}	21,13*	0,59 ^{ns}
Resíduo	36	20,29	27,71	12,55	68,66	13,19	16,74	0,60	23,05	10,43	3,11
C.V.(%)		6,8	132,33	13,68	9,75	13,64	5,83	-33,70	34,4	3,22	13,07

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para os parâmetros “L”, “a”, “b”, croma (c) e matiz (θ) da coloração da casca e da polpa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 14 dias de armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios									
		Cor da casca					Cor da polpa				
		L	a	b	θ	c	L	a	b	θ	c
Tratamento	3	49,77*	43,73 ^{ns}	29,19*	221,8*	28,56*	5,70 ^{ns}	1,25 ^{ns}	8,1 ^{ns}	60,29 ^{ns}	10 ^{ns}
Resíduo	36	17,58	19,76	6,44	40,53	8,75	9,30	1,07	7,18	44,26	8,15
C.V.(%)		6,53	55	9,03	11,48	9,81	4,34	-43,68	19,39	6,69	20,36

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para teor relativo de água (TRA) da casca e da polpa, sólidos solúveis (brix), acidez total titulável(ATT), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 36 horas de cura para os tratamentos:T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios						
		TRA casca	TRA Polpa	Brix	ATT	AST	AR	ANR
Tratamento	3	41,11 ^{ns}	38,8 *	8.09*	0,000305 ^{ns}	0,20 *	0,0023 ^{ns}	2,04 *
Residuo	36	40.08	10.5	1.62	0.0013	0.027	0.0094	0.51
C.V (%)		28.3	3.8	9.4	15.4	13.5	11.21	150.7

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para teor relativo de água (TRA) da casca e da polpa, sólidos solúveis (brix), acidez total titulável (ATT), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante 14 dias de armazenamento para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2010.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios						
		TRA casca	TRA Polpa	Brix	ATT	AST	AR	ANR
Tratamento	3	8,005 ^{ns}	16,41 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,000066 ^{ns}	0,43 *	0,0028 ^{ns}	1,7 *
Residuo	36	6.8	5.5	0.57	0.0002	0.11	0.079	0.35
C.V (%)		18.03	2.8	5.2	6	13.4	9.7	16.5

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para sólidos solúveis (BRIX), índice visual de superação da dormência (IVD), teor relativo de água (TRA) da casca e das películas internas e teor de massa seca (TMS) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante a cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2011.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios				
		BRIX	IVD	TRA Casca	TRA película interna	TMS
Tratamento	3	675,0849 ^{ns}	35877,04 ^{ns}	174248,2*	96781,7*	15773,87 ^{ns}
Residuo	36	333,1954	28308,11	32335,87	10031,9	51978,4
C.V (%)		-207,01	313,15	174,26	-99,41	-332,9

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para acidez total titulável (ATT), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante a cura para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2011.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios			
		ATT	AST	AR	ANR
Tratamentos	3	231, 24 ^{ns}	934, 73 ^{ns}	19704,23 ^{ns}	4584,06 ^{ns}
Resíduo	36	1149, 77	1015, 88	21473,31	2753,77

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para os parâmetros “L”, “a” e “b”, croma (c) e matiz (θ) da coloração da casca de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante a cura, para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2011.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		L	a	b	θ	c
Tratamentos	3	0,12 ^{ns}	63606,54**	4675,4*	299,6 ^{ns}	197,6 ^{ns}
Resíduo	36	493,596	1730,94	101,465	144,16	73,74
C.V (%)		-427,9	3088,32	-491,88	-290,95	9011,67

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Resumo das análises de variância para os parâmetros “L”, “a” e “b”, croma (c) e matiz (θ) da coloração da polpa de bulbos de cebola da variedade “Bola Precoce”, durante a cura, para os tratamentos: T1 – aeração utilizando ar a temperatura ambiente; T2 – aeração utilizando ar aquecido e desidratado artificialmente; T3 – aeração com ar aquecido artificialmente; e, T4 – testemunha. Viçosa, 2011.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		L	a	b	θ	c
Tratamentos	3	56,8 ^{ns}	168,0 ^{ns}	216,4*	7334,5**	10159,2**
Resíduo	36	68,6235	75,5367	71,0139	4,11	166,38
C.V (%)		416,97	-16,54	****	-16,38	135,48

* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} não significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.