

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

SARA REGINA KÜLZER

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE POR FRIO EM PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE
TECNOLÓGICA DE FEIJÃO COMUM ARMAZENADO**

CASCAVEL

2012

SARA REGINA KÜLZER

**INFLUÊNCIA DO ESTRESSE POR FRIO EM PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE
TECNOLÓGICA DE FEIJÃO COMUM ARMAZENADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Sistemas Agroindustriais, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* Cascavel.

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Renata Machado Coelho.

CASCADEL

2012

TERMO DE APROVAÇÃO

SARA REGINA KÜLZER

Influência do estresse por frio em pré-colheita na qualidade tecnológica de feijão comum armazenado

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *campus* Cascavel, aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Profa. Dra. Sílvia Renata Machado Coelho
Orientador

Prof. Dr. Divair Christ

Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior

Cascavel, 14 de junho de 2012.

BIOGRAFIA

Natural de Toledo-PR, nascida aos treze de julho de 1987, a segunda das três filhas de Luiz Antônio Kulzer e Ilse Kliemann Kulzer.

Cursou Engenharia Agrícola na Unioeste – *campus* Cascavel de 2005 a 2009, realizando estágio curricular na Sadia S/A. Durante a graduação atuou em projetos de pesquisa voltados ao processamento de produtos agrícolas e tecnologia pós-colheita.

Em 2010 iniciou o Mestrado em Engenharia Agrícola – área de concentração de Sistemas Agroindustriais – na mesma universidade. Desde 2011 é funcionária da Companhia de Bebidas das Américas – AmBev.

“Se você está percorrendo o caminho de seus sonhos, comprometa-se com ele. Assuma seu caminho, mesmo que precise dar passos incertos, mesmo que saiba que pode fazer melhor o que está fazendo. Se você aceitar suas possibilidades no presente, com toda certeza vai melhorar no futuro. Enfrente seu caminho com coragem, não tenha medo da crítica dos outros. E, sobretudo, não se deixe paralisar por sua própria crítica. Deus estará com você nas noites insones, e enxugará as lágrimas ocultas com seu amor.”

Paulo Coelho

RESUMO

Influência do estresse por frio em pré-colheita na qualidade tecnológica de feijão comum armazenado

O feijão tem grande importância nutricional e econômica no Brasil. Possui alto teor de proteína, sendo um alimento balanceado e rico em ferro, cálcio, vitaminas, carboidratos, fibras e lisina, constituindo base alimentar dos brasileiros. No aspecto fisiológico, pode-se considerar o feijão como cultura das mais exigentes em clima, sendo que o mesmo é considerado altamente sensível à geada, pois já sofre danos a partir de temperaturas menores de 4 °C. Avaliou-se neste trabalho a qualidade tecnológica do feijão comum, submetido a estresse térmico por frio após a maturidade fisiológica, durante o armazenamento condições ambientais por 0, 30, 60 e 90 dias. Foram avaliadas a cor, teor de água, percentual de embebição, expansão volumétrica, percentual de grãos inteiros, taninos, tempo de cozimento e proteínas. A análise estatística consistiu em análise de variância e teste de comparação de médias Tukey a 5% de significância. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos na embebição, taninos e tempo de cozimento. Em relação à cor, a luminosidade apresentou diferenças significativas para o tempo, não havendo diferença entre os tratamentos. O teor de proteína sofreu decréscimo no tempo; porém, não houve influência da geada. Concluiu-se que o estresse térmico por frio após a maturidade fisiológica não afetou a qualidade tecnológica dos grãos de feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, armazenamento, estresse térmico.

ABSTRACT

Pre-harvest cold stress influence on technological quality of stored beans

The common bean has great nutritional and economic importance in Brazil. It has high protein content, being a balanced food, rich in iron, calcium, vitamins, carbohydrates, fiber and lysine, representing the basis of Brazilian food. From a physiological point, it can be considered a culture with high requirement on climate conditions, and it is considered highly sensitive to frost, since it already suffers damage from temperatures lower than 4 °C. In this study, it was evaluated the technological quality of the beans, subjected to thermal stress by cold after physiological maturity, during storage environmental conditions for 0, 30, 60 and 90 days. Factors such as color, moisture content, percentage of soaking, volumetric expansion, percentage of whole grains, tannins, proteins and cooking time were evaluated. Statistical analysis consisted of analysis of variance and Tukey comparison test at 5% significance. No significant differences were found among treatments in soaking, tannins and cooking time. Regarding the color, brightness showed significant differences for time with no difference between treatments. The protein suffered a decrease in time, but there was no influence of frost. It was concluded that thermal stress by cold after physiological maturity did not affect the beans' technological quality.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, storage, thermal stress.

SUMÁRIO

BIOGRAFIA.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
SUMÁRIO.....	viii
LISTA DE TABELAS	ix
2 Objetivos	2
2.1 Objetivos gerais.....	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3 REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 Feijão.....	3
3.2 Geada e estresse por frio	4
3.3 Maturidade fisiológica e ponto de colheita.....	7
3.4 Armazenamento e qualidade tecnológica.....	7
3.5 Taninos.....	9
3.6 Cor e Luminosidade	11
4 MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Análises tecnológicas	12
4.2 Análise estatística.....	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6 CONCLUSÃO	25R

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Médias da porcentagem de embebição antes cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos	15
Tabela 2 Médias da porcentagem de embebição após cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos	16
Tabela 3 Tempo de cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos	17
Tabela 4 Percentual de grãos partidos após o cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	19
Tabela 5 Eixo a* dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	20
Tabela 6 Eixo b* dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	20
Tabela 7 Cor L dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	21
Tabela 8 Percentual de proteína em base seca dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	22
Tabela 9 Percentual de Taninos dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.....	23

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma leguminosa produzida em todo o país, durante praticamente o ano todo. Importante fonte de proteína, o feijão é parte da dieta dos brasileiros, fornecendo diversos nutrientes, como o ferro e cálcio. Apesar de ser, fundamentalmente, uma cultura de subsistência, o feijão vem se destacando no cenário de grandes culturas.

Um dos pontos mais críticos da cultura do feijão é a colheita, que deve ser efetuada logo após a maturidade fisiológica. A antecipação ou a permanência por tempo excessivo no campo podem comprometer a qualidade inicial dos grãos.

No Paraná, é comum a ocorrência de geadas no período do inverno, que muitas vezes trazem prejuízos aos agricultores por atingirem as plantações em fases nas quais as culturas estão suscetíveis aos efeitos negativos da exposição ao frio. O feijão comum é altamente sensível ao frio e, se exposto à geada antes da maturidade fisiológica, os danos podem ser irreversíveis.

Outro aspecto importante na produção de grãos e sementes é o armazenamento. O mesmo torna-se cada vez mais importante devido às oscilações de preço e à demanda do mercado. É imprescindível que sejam conhecidos os efeitos do mesmo na qualidade das sementes, visto que há um intervalo de tempo desde a colheita até que o produto seja destinado à sementeira.

Durante o armazenamento podem ocorrer diversas alterações fisiológicas nos grãos, principalmente pelo efeito da temperatura e umidade. As más condições de armazenamento podem propiciar uma maior ocorrência de fungos e insetos que deterioram e diminuem o poder germinativo das sementes. Em grãos destinados para consumo, o armazenamento pode causar alterações de cor, aumento de compostos fenólicos, diminuição no teor de proteínas e outros nutrientes, além de aumento no tempo de cozimento. Essas alterações comprometem o valor de mercado do feijão, já que esses parâmetros são fundamentais para a aceitação do produto pelo consumidor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Avaliar os efeitos do estresse por frio na pré-colheita e do armazenamento na qualidade tecnológica do feijão.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade tecnológica dos grãos armazenados através de análises de porcentagem de embebição de água antes e após o cozimento, porcentagem de grãos inteiros após o cozimento e tempo de cozimento;
- Avaliar a qualidade nutricional dos grãos de feijão de todos os tratamentos através de análises de porcentagem de proteína;
- Avaliar a quantidade de compostos fenólicos (taninos) durante o armazenamento dos grãos de feijão;
- Avaliar o valor comercial dos grãos de feijão através de testes de cor.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Feijão

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta que pertence à família Leguminosae, ordem Rosales e gênero *Phaseolus*, originária do continente americano. Possui grande importância nutricional e é cultivada em quase todos os países de clima tropical e subtropical. Por possuir alto teor de proteína, é um complemento à proteína animal, além de ser um alimento balanceado e rico em ferro, cálcio, vitaminas, carboidratos, fibras e lisina, sendo base alimentar dos brasileiros (RIOS et al., 2003; COELHO et al., 2009).

O Brasil assume o posto de maior produtor mundial de feijão-comum, correspondendo a 17% da produção mundial (incluindo a produção de feijão-caupi), sendo que o mesmo é cultivado no Brasil durante todo o ano, sendo consideradas três grandes safras: águas, secas e inverno (CONAB, 2011). Seu ciclo varia de 61 a 110 dias, o que o torna, segundo Aidar (2007), uma cultura apropriada para compor desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência.

Segundo a CONAB (2011), o Brasil colheu no período de 2007 a 2011, em média, 3,5 milhões de toneladas por ano, e a produção nacional na safra 2010/11 é superior às quatro safras anteriores. Neste ano, o Brasil poderá colher em torno de 3,7 milhões de toneladas, aproximadamente 14% superior à safra passada. Ainda assim, o Brasil figura entre os seis maiores importadores do grão no mundo, importando principalmente da Argentina.

Na safra 2010/11, os três maiores produtores dessa leguminosa foram o Paraná, Minas Gerais e São Paulo, que, juntos, respondem em média por 47% da produção nacional, sendo que o Paraná responde por 22% do total nacional (SEAB/PR, 2011).

O feijão ocupa lugar de destaque na agricultura paranaense. É a quarta cultura em área plantada, sendo cultivada principalmente em pequenos e médios estabelecimentos, sendo uma das principais alternativas para o pequeno produtor e também uma grande demandadora de mão-de-obra tanto familiar como contratada (SEAB/PR, 2011). Porém, segundo a Embrapa (2011), vem sendo adotada também em sistemas de produção que requerem o uso de tecnologias intensivas, como a irrigação, controle fitossanitário e colheita mecanizada.

O plantio do feijão está distribuído, ao longo do ano, em três safras. A 1ª safra é semeada no período de agosto a dezembro, se concentra em maior proporção nos estados da Região Centro-Sul, e a colheita se dá entre novembro e abril; a semeadura da 2ª safra

abrange todos os estados brasileiros, ocorre de dezembro a março, e a colheita está distribuída entre março e julho; o cultivo da 3ª safra é realizado de abril até julho, e a colheita ocorre de julho a outubro.

Pode-se considerar o feijão como uma cultura das mais exigentes em clima. Todavia, como é de ciclo bastante curto, apenas três meses, e como se mostra indiferente ao fotoperiodismo, possibilitando a escolha do período ou estação do ano favorável ao cultivo, não é difícil encontrar áreas climaticamente aptas à cultura comercial.

Recentemente o cultivo do feijão vem se transformando, deixando de ser apenas uma cultura de subsistência para se tornar uma cultura de alta tecnologia, com a utilização intensa de insumos. Para assegurar o retorno do investimento nesta atividade, além de todos os cuidados necessários na condução da lavoura, o produtor deve adotar técnicas que propiciem um produto final com qualidade superior (SKOWRONSKI et al., 2004).

Entre as culturas de grãos, o feijoeiro é a que exibe o mais alto nível de variabilidade quanto à cor, ao tamanho e à forma da semente, sendo que estas características influenciam as pessoas quanto à preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005). O tipo carioca – grãos bege com estrias marrons – é o mais consumido no Brasil, e os grãos de tegumento preto e de outras cores são de utilização menos expressiva e regionalizada. A claridade dos grãos está estreitamente associada à preferência para o consumo e ao valor comercial do produto, sendo um parâmetro de interesse nos programas de melhoramento genético (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008)

Mesmo com excelentes características nutricionais, o consumo de feijão tem diminuído, tendo como possíveis causas o menor tempo disponível para o preparo das refeições (RAMOS JUNIOR; LEMOS; SILVA, 2005).

3.2 Geadas e estresse por frio

Do ponto de vista climático, a geada é o mais importante fator de risco para as culturas na Região Sul do Brasil, onde ocorre grande variabilidade climática, fato comum a regiões de latitude média a alta (CUNHA, 2003). Pode-se considerar a ocorrência de geada quando a temperatura mínima registrada em abrigo meteorológico for inferior ou igual a 2 °C, o que corresponde a aproximadamente 0 °C na relva (GRODZKI et al., 1996).

Na meteorologia, define-se ocorrência de geada quando há deposição de gelo sobre plantas e objetos expostos ao relento. Isso ocorre quando a temperatura do ar atinge 0 °C e há umidade na atmosfera (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). No entanto, mesmo com a formação de gelo sobre as plantas, pode não haver morte dos tecidos vegetais, por elas estarem em repouso vegetativo.

Em agronomia, entende-se geada como fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes (folhas, caule, frutos, ramos), em função da baixa temperatura do ar, que acarreta congelamento dos tecidos vegetais, havendo, ou não, formação de gelo sobre a planta (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS 2002). Quando umidade do ar é insuficiente para originar depósitos de gelo, mas as temperaturas atingidas são inferiores a 0 °C durante a madrugada, o protoplasma das células de algumas plantas pode congelar, o que acarreta ruptura de membrana celular. Ao raiar do dia, com o aquecimento provocado pelo sol, a temperatura volta a se elevar e as plantas apresentam parcial ou totalmente necrosadas, evidenciando a morte dos tecidos atingidos. Esse fenômeno, bastante temido pelos agricultores do sul do país, é vulgarmente conhecido como geada negra (VAREJÃO-SILVA, 2000).

Neste contexto, a geada pode ser classificada como advectiva ou por radiação. A primeira ocorre a partir da entrada da massa de ar frio, podendo também ser chamada de geadas de vento. A segunda, por sua vez, ocorre quando há a permanência de altas pressões sobre a região, as quais favorecem a perda de radiação infravermelha para o espaço.

Numa geada de radiação, a temperatura das plantas normalmente se iguala àquela do ambiente num curto período de tempo. Apenas as partes maiores das plantas, contendo grandes quantidades de água, perdem calor em menor velocidade. No solo, a queda de temperatura abaixo de 0 °C é bastante lenta e só ocorre se as baixas temperaturas persistem por um longo período de tempo. Nesse caso, a velocidade de congelamento e a profundidade atingida no solo dependem da cobertura, do teor de umidade e do tipo de solo (SAKAI; LARCHER, 1987).

Durante o período maio-setembro, toda a região sul sente os efeitos típicos do inverno. Sucessivas e intensas invasões de frentes de altas latitudes trazem, geralmente, chuvas abundantes seguidas por massas de ar muito frio. A entrada dessas massas é acompanhada de forte queda de temperatura, que atinge valores pouco superiores a 0 °C, e não raramente chega a temperaturas negativas, proporcionando a ocorrência de geadas (NIMER, 1979).

O Paraná se localiza em latitudes médias, entre os paralelos 22 °S e 27 °S e tem como característica a grande variabilidade interanual do clima. Em toda a região do estado, a temperatura do ar pode se reduzir a ponto de ocorrer geada, sendo que a probabilidade de ocorrência de geada é maior de acordo com a altitude (WREGGE et al., 2005). O estado apresenta regiões com mais de 1200 metros de altitude na região sul, menos de 300 metros no Vale do Rio Paranapanema (região norte) e valores inferiores a 200 metros no Vale do Rio Paraná (região oeste) (CARAMORI et al., 2001).

Algumas regiões que são atingidas por geadas em um ano podem não ser atingidas em outro, constituindo risco constante aos agricultores. Não existe uma regularidade

cronológica nos fenômenos climáticos na região, o que lhes confere um caráter de risco à agricultura, principalmente em se tratando de geada (CUNHA, 2003). No último zoneamento agrícola do Paraná, consideram-se aptos para a produção de feijão os municípios com risco menor que 20% de ocorrência de geada.

O dano causado à planta por temperaturas baixas, entre 0 e 10°C, pode ser reversível ou irreversível em plantas tropicais como o feijão. O mesmo vai depender do tempo de exposição e da suscetibilidade da planta, que varia de conforme a idade cronológica e fisiológica, além do genótipo (BOWERS, 1994). O feijão é considerado altamente sensível à geada, pois o mesmo já sofre danos a partir de temperaturas menores de 4 °C (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS 2002).

Quando a temperatura não atinge 0° C, segundo Kozłowski *et al.* (1991); Bowers (1994), ocorre um dano diferente do que ocorre em temperaturas nas quais há formação de gelo. Normalmente, a formação do gelo ocorre nos espaços intercelulares e nas paredes da célula, o que não é comumente fatal (LARCHER, 1975). Ao contrário do gelo que se forma dentro das células, responsável, na grande maioria dos casos, pela morte das plantas, associada à ruptura mecânica da membrana celular (KOZŁOWSKI *et al.*, 1991; BOWERS, 1994). Kozłowski *et al.* (1991) relatam que os prejuízos inverniais são geralmente determinados pelo congelamento, embora sejam algumas vezes originados pela dessecação dos tecidos.

Os danos decorrentes do congelamento são observados nas plantas através da descoloração, encolhimento e morte de tecidos, rupturas associadas ao efeito mecânico do congelamento, má formação resultante das injúrias aos tecidos meristemáticos e diferenciação incompleta dos tecidos (SAKAI; LARCHER, 1987).

Observam-se algumas mudanças bioquímicas em plantas expostas a baixas temperaturas, como a alteração em vários processos enzimáticos, a diminuição parcial ou total do crescimento, o que resulta em menor utilização de carboidratos solúveis e compostos de nitrogênio, e a menor taxa de respiração do que menor necessidade de carboidratos solúveis. Em geral, as plantas que desenvolvem resistências acumulam açúcares e proteínas solúveis (KOZŁOWSKI *et al.*, 1991).

Tecidos finos e suculentos de plantas jovens são muito mais sensíveis ao frio que tecidos mais velhos. Da mesma forma, plantas mais jovens ou mal desenvolvidas são mais suscetíveis aos efeitos da geada, pois as temperaturas mais baixas ocorrem no nível do solo.

3.3 Maturidade fisiológica e ponto de colheita

De acordo com Andrade *et al.* (2001), a colheita é a atividade mais arriscada em relação à qualidade do produto e a que mais demanda mão-de-obra e recursos do agricultor, tornando fundamental a identificação do momento correto do seu início.

Na atividade de produção de grãos e de sementes de feijão, o momento ideal de colheita de sementes do feijão é logo após a maturidade fisiológica, quando o vigor, a germinação e a matéria seca são elevados. O processo de maturação de sementes compreende uma série de alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais, que ocorrem a partir da maturação do óvulo, prosseguindo até o momento em que as sementes estão prontas para a colheita. Durante esse processo, verificam-se, principalmente, alterações na massa de matéria seca, no teor de água, no tamanho, na germinação e no vigor das sementes. Ainda, podem ser observadas modificações bioquímicas (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A deterioração das sementes tem início logo após as sementes atingirem a maturidade fisiológica, mesmo antes que seja realizada a sua colheita (SANTOS *et al.*, 2005a). Isso se deve ao fato de as sementes ficarem expostas no campo por mais tempo, podendo sofrer perdas pelo ataque de fungos e/ou insetos, resultando em aumento na quantidade de grãos ardidos, manchados, enrugados e fermentados, bem como redução do poder germinativo e do vigor das sementes, levando a um produto de menor qualidade e produtividade (DOURADO NETO; FANCELLI, 2000; ZAGONEL, 2002; PENCKOWSKI; PODOLAN; LÓPEZ-OVEJERO, 2003). Desta forma, a antecipação da colheita pode favorecer a manutenção da qualidade das sementes, principalmente quando no final da fase de maturação as condições ambientais são adversas (ARHENS e PESKE, 1997).

Para feijões plantados na safra das secas há o risco de geada precoce no final do ciclo. Desta forma, pode ocorrer uma antecipação forçada da colheita por uma dessecação natural provocada pela geada.

3.4 Armazenamento e qualidade tecnológica

Com o alto consumo *per capita* brasileiro, é necessário o armazenamento do feijão para que o produto esteja disponível ao consumidor durante o ano todo, para evitar a escassez na entressafra e diminuir a oscilação de preços no mercado (BRACKMANN *et al.*, 2002).

Um levantamento efetuado por Smith e Holman (2005) nos Estados Unidos identificou como principais razões para armazenar o feijão o preço baixo de venda do produto no momento da colheita e a necessidade de guardar aquilo que não foi possível

comercializar no momento da colheita. No mesmo levantamento, compradores intermediários e beneficiadores de feijão expressaram a preocupação com a qualidade do feijão armazenado na fazenda.

Sabe-se que o armazenamento de grãos e de sementes de feijão, bem como seu processamento, alteram a composição química do mesmo e, conseqüentemente, seu valor nutricional e funcional (GRANITO et al., 2007). Este processo de deterioração do produto é gradativo, irreversível e cumulativo, e sua velocidade depende do ambiente, dos seus próprios componentes químicos e da condição física dos grãos no início do armazenamento (SARTORI, 1996). No Brasil, o armazenamento de feijão é feito geralmente, em condições ambientais não controladas, sendo a temperatura, a umidade relativa do ar bem como os fatores inerentes à própria semente, como o teor de água e sua história prévia, determinantes na longevidade das sementes (VIEIRA; YOKOYAMA, 2000).

Após a colheita, a respiração e outros processos metabólicos de grãos continuam ativos, ocasionando, na maioria das vezes, perdas significativas de qualidade. Estes processos podem ser diminuídos e/ou retardados através da redução da umidade, que é a forma mais usada comercialmente para prolongamento do tempo de conservação. Mas, mesmo com uso de baixa umidade, os grãos perdem qualidade devido à perda de peso e ao consumo de energia pelo processo respiratório, pelo aumento de rachaduras e pela ocorrência de pragas e fungos (BRACKMANN et al., 2002)

Para o feijão destinado ao consumo, Bassinello (2005) identificou os principais parâmetros relacionados à qualidade: 1) absorção de água; 2) tempo de cozimento; 3) quantidade de sólidos solúveis no caldo; 4) cor do tegumento e do caldo; e 5) teor de fibras, proteínas minerais e vitaminas.

O consumidor brasileiro prefere produtos de colheita recente, pois a coloração do tegumento e a qualidade culinária são afetadas à medida que aumentam os meses de armazenamento (RIOS et al., 2003; NASAR-ABBAS et al., 2008). A qualidade nutritiva de feijão armazenado por longos períodos é menor que a de feijão recém-colhido (VALLE-VEGA, 1990) e está relacionada com o perfil de aminoácidos e o grau de digestibilidade, além de ser influenciada pela quantidade e qualidade de outras proteínas consumidas juntamente com as proteínas do feijão.

O feijão armazenado perde a qualidade sensorial, requerendo tempo prolongado para seu cozimento e não fornece um caldo espesso, sendo, assim, menos aceitável pelo consumidor (GARCIA; LAJOLO, 1994; DONADEL; PRUDENCIO-FERREIRA, 1999). Durante o armazenamento inadequado, os grãos de feijão tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento, devido principalmente a dois fatores: o endurecimento da casca ("*hardshell*"), no qual a casca torna-se impermeável a água e ocasiona o defeito difícil de cozinhar ("*hard-to-cook*" ou HTC), em que os grãos são capazes de absorver água, mas os cotilédones não amaciam durante o cozimento, mesmo quando estão completamente

hidratados (RODRIGUES et al., 2005a). Conseqüentemente ocorre a depreciação do produto pelos consumidores, principalmente devido ao escurecimento do tegumento, ao maior tempo de cozimento e à presença de grãos *hardshell*.

O endurecimento dos grãos de feijão resulta em aumento da energia necessária à sua cocção, juntamente com a redução do valor nutricional, devido à deterioração das proteínas durante a armazenagem (CORDEIRO, 2001), e está relacionado com mecanismos múltiplos, como a gelatinização do amido, a desnaturação de proteína e a perda de frações da parede celular (SHIGA et al., 2004). Tais processos podem ser afetados pela constituição genética do grão, associados às condições ambientais de produção, processamento e armazenamento (COELHO, 2008).

Desta forma, faz-se necessária a adoção de técnicas apropriadas de colheita, beneficiamento e armazenagem do feijão, que garantam a manutenção das suas características desejáveis.

3.5 Taninos

O feijão contém compostos fenólicos, que possuem a capacidade antioxidante e, portanto, pode assumir papel relevante na diminuição do risco de doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, Mal de Alzheimer e Parkinson (BUTTERFIELD et al., 2002). Entre os compostos fenólicos presentes no feijão, ocorrem os taninos, que foram considerados tradicionalmente como antinutrientes pelos nutricionistas, por causa do efeito adverso na digestibilidade da proteína (BRAVO, 1998).

Os taninos são encontrados em várias espécies de plantas incluindo os cereais e as leguminosas. Nas dietas para seres humanos e espécies de animais monogástricos, taninos podem reduzir a digestibilidade da proteína, carboidratos e minerais, diminuir a atividade de enzimas digestivas, além de causar danos à mucosa do intervalo digestivo ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos (GOLANI; COCKELL; SEPEHR, 2005)

O grão de feijão constitui-se por três partes, sendo elas: tegumento, cotilédone e o eixo embrionário (DUEÑAS; HERNANDEZ; ESTRELLA, 2002). O cotilédone é o mais significativo em relação à massa do grão, sendo que o mesmo contém proteínas e hidratos de carbono, enquanto que o revestimento (tegumento) da semente contém a maior concentração de compostos fenólicos (NACZK; SHAHIDI, 2004).

Em geral, os taninos são classificados em hidrolisáveis e taninos condensados. Essa última classe é encontrada, geralmente, em plantas dicotiledôneas e em produtos alimentares, enquanto os hidrolisáveis são encontrados somente em quantidades traço. Ambos os tipos de taninos dietéticos exibem a habilidade em complexar e precipitar proteínas e, conseqüentemente, ambos têm propriedades antinutricionais (GOLANI;

COCKELL; SEPEHR, 2005). Os taninos possuem alto peso molecular, que contém suficientes grupos hidroxila fenólica, para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas. Na forma oxidada, os taninos reagem com as proteínas através de pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas.

Os efeitos antinutricionais desses compostos incluem a interferência na disponibilidade de minerais e, por serem agentes formadores de complexos com proteínas, em vez de carboidratos e outros polímeros, podem explicar a baixa digestibilidade das proteínas das leguminosas, podendo ainda causar respostas adversas para homens e reduzindo a absorção de ferro, glicose e vitamina B12 (JANSMAN, 1993; MARTÍNEZ et al. 1995; HUGHES et al., 1996).

O endurecimento dos grãos de feijão tem sido atribuído à ação de polifenóis, por meio de sua polimerização no tegumento ou pela lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água dos grãos: o primeiro dificulta a penetração de água, e o segundo limita a capacidade de hidratação (MOURA, 1998). Os compostos fenólicos em feijões são primariamente localizados na epiderme do grão e quantidades baixas ou insignificantes nos cotilédones.

As diferenças de coloração entre feijões parecem estar associadas à concentração de taninos nos grãos. Chang *et al.* (1994) obtiveram maiores teores de taninos em grãos de leguminosas coloridos, quando comparado com os grãos de cor branca. Moura *et al.* (1999) afirmam que existe uma relação entre a cor do tegumento e a atividade da peroxidase e da polifenoloxidase e os teores de fenólicos totais, ou seja, quanto mais escura a cor do tegumento, maior a atividade das enzimas e maior o conteúdo de fenólicos totais.

Ainda conforme Sartori (1982), o escurecimento do tegumento está relacionado à oxidação enzimática que ocorre no tegumento dos grãos, que depende da presença de oxigênio para reação de compostos fenólicos pela polifenoxidase. Já Iaderoza *et al.* (1989) afirmam que a alteração na coloração e nos compostos fenólicos não são devido à reações enzimáticas. O armazenamento ao ar em temperatura ambiente aumenta o escurecimento do tegumento, mas este também é influenciado pelo teor de umidade, a temperatura e o período de armazenamento (BURR et al., 1968; SARTORI, 1982; IADEROZA et al., 1989).

Para Garcia *et al.*, (1998), os compostos fenólicos também estão relacionados com o endurecimento dos grãos na pós-colheita, ocorrendo um aumento dos seus níveis e no tempo de cocção, após 3 e 6 meses de armazenamento, nas condições de 30 °C de temperatura e 70% de umidade relativa.

3.6 Cor e Luminosidade

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta elevada variabilidade genética e, conseqüentemente, grande diversidade de cores, tamanhos formas e intensidade de brilho. A claridade dos grãos está estreitamente associada à preferência para o consumo e ao valor comercial do produto, sendo um parâmetro de interesse nos programas de melhoramento genético (RIBEIRO, STORCK e POERSCH, 2008)

O aspecto brilhante do tegumento de feijão é relacionado à presença de compostos fenólicos dos grupos das antocianinas e pró-antocianidinas, que, segundo Leakey (1988), são acumuladas na camada de parênquima lacunoso da semente que reflete luz através da hipoderme do tegumento.

A coloração do tegumento dos grãos pode ser medida com colorímetro, que possibilita a identificação do espectro de cores. Essa informação é obtida em um sistema tridimensional, sendo que o eixo vertical, "L", refere-se à cor da amostra do preto ao branco; o eixo "a", da cor verde ao vermelho; e o eixo "b", da cor azul ao amarelo (BRACKMANN et al., 2002). O sistema de medição $L^*a^*b^*$ é recomendado pela *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE, 1986), pois o mesmo identifica de maneira similar às células ganglionares do olho humano as quantidades de cada cor (azul, amarelo, vermelho e verde), bem como a quantidade de luminosidade.

Neste sistema são utilizados três eixos, sendo que cada coordenada representa uma cor distinta. Os valores de L^* estão no eixo z, sendo que o valor 100 consiste o perfeitamente branco e o valor 0, o perfeitamente preto; os valores de a^* estão no eixo x, sendo os valores positivos mais vermelhos e os negativos mais verdes; os valores de b^* estão no eixo y, com valores positivos mais amarelos e negativos mais azuis. Nesse sistema, o valor de L^* indica a luminosidade, sendo que, quanto mais próximo de 100, mais brilhante é considerada a amostra.

O valor de "L" é uma das informações relevantes para o feijão, pois está vinculado à claridade dos grãos. Em grãos do tipo carioca, a maior claridade do tegumento dos grãos é associada com grãos recém-colhidos e de rápido cozimento, sendo que cultivares com "L" superior a 55 têm maior valor no mercado (RIBEIRO; STORCK; POERSCH, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O feijão foi cultivado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina – PR, à altitude de 585 m. A região é de clima subtropical úmido (Cfa), conforme Köppen, com temperatura média anual de 21 °C e precipitação acumulada de 1.584 mm anuais (Iapar, 2009). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (SANTOS et al., 2006).

O feijão utilizado foi do tipo Carioca, de linhagem IAPAR MULT 5, sendo que o mesmo será registrado no MAPA/RNC como IPR Andorinha. A semeadura foi efetuada no dia 16 de março 2011 e o florescimento ocorreu em 22 de abril de 2011. Abaixo seguem as informações de adubação e aplicações de defensivos:

- a. Adubação de base: 300 kg de 04-30-10;
- b. Adubação de cobertura: 100 kg de ureia/ha em 01 de abril de 2011;
- c. Herbicida em pós-emergência: Robust 0,6 L/ha em 01 de abril de 2011;
- d. Fungicida (primeira aplicação, em 04 de abril de 2011), Mertin a 0,8 L.ha⁻¹;
- e. Fungicida (segunda aplicação, em 15 de abril de 2011), Mertin a 1,0 L.ha⁻¹;
- f. Acaricida Vertimek a 0,3 L.ha⁻¹, em 20 de abril de 2011;
- g. Fungicida (terceira aplicação, em 03 de maio de 2011), Mertin a 1,0 L.ha⁻¹;
- h. Inseticida Hostathion a 1,3 L.ha⁻¹, em 06 de maio de 2011.

Uma parcela do feijão foi colhida, após maturação natural, em 03 de junho de 2011. Uma segunda parcela foi colhida no dia 11 de junho de 2011, porém mantida no campo. Esta parcela ficou sujeita a dois dias de baixas temperaturas, sendo a temperatura mínima de 6,2 °C, e foi, então, retirada do campo.

Os grãos, já trilhados, foram armazenados no Laboratório de Controle de Qualidade – LACON, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, *campus* de Cascavel - PR. As amostras foram armazenadas em sacos de papel Kraft, em condições ambientais e avaliadas aos 0, 30, 60 e 90 dias. Amostras-controle SG e CG (tempo zero) foram armazenadas sob refrigeração a 5°C.

4.1 Análises tecnológicas

As análises tecnológicas de porcentagem de embebição de água antes e após o cozimento e a porcentagem de grãos inteiros após o cozimento, foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Carbonell, Carvalho e Pereira (2003).

Para os ensaios de embebição foram amostradas 30 g de grãos uniformes e inteiros, obtendo-se, deste modo, a massa seca dos grãos (MS) no estágio inicial do procedimento analítico. Os grãos foram colocados em embebição com 100 mL de água destilada, em

béquer de 250 mL, por 16 horas à temperatura ambiente. Após o período de imersão, os grãos foram colocados em papel toalha para retirada do excesso de água e posteriormente pesados, obtendo-se a massa dos grãos úmidos (MU). Determinou-se a porcentagem de embebição através da seguinte expressão:

$$\% \text{ PEANC} = \frac{MU - MS}{MS} \times 100\% \quad (1)$$

Para a avaliação do percentual de embebição após o cozimento, os grãos foram aquecidos em béquers com água, dispostos em chapa aquecedora elétrica, por uma hora, iniciando a contagem após o início da fervura. Os grãos (inteiros e fragmentados) foram drenados e pesados, obtendo-se a massa úmida após cozimento (MCU) (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003). Determinou-se o percentual de absorção de água após o cozimento através da seguinte expressão:

$$\% \text{ PEAPC} : \frac{MCU - MS}{MS} \times 100\% \quad (2)$$

em que: MCU = Massa úmida após cozimento
MS = Massa seca

O percentual de grãos inteiros e partidos após cozimento (PGIP) foi determinado a partir das amostras de grãos utilizados para a determinação do percentual de embebição após o cozimento. Tais grãos foram quantificados e separados em duas porções: inteiros e partidos. Os resultados foram expressos em percentuais de grãos inteiros e partidos.

Para a aferição do tempo de cozimento foram pesadas 30 g de feijão e a esta quantidade adicionou-se 100 ml de água destilada. O feijão permaneceu em embebição por 14 horas.

O tempo de cozimento foi realizado com uso do cozedor de Mattson modificado, de acordo com o mesmo autor, no qual os 25 grãos de feijão são imersos em água destilada com a utilização de um aparelho que possui hastes de peso padronizado (90 g), cuja extremidade apoiada sobre os grãos é perfurante (diâmetro 1,48 mm). Quando treze dos grãos foram perfurados por completo pelas hastes, o feijão foi considerado cozido e o tempo de cozimento determinado.

A cor do tegumento foi avaliada através de colorímetro, marca Minolta, modelo CR-410, com área de leitura de 50mm. A avaliação da cor se dá num sistema tridimensional com uma quantidade aleatória de grãos de cada tratamento, com três repetições. A cor foi avaliada e expressa sob três espectros: valores de "L", que avalia a luminosidade com variações do branco (100) ao preto (zero), "a", que varia da cor verde ao vermelho, e o "b",

da cor azul ao amarelo. Este equipamento tem sensibilidade similar à do olho humano, com a vantagem de produzir a mesma leitura, independente da condição de iluminação do ambiente. Este sistema usa o mesmo diagrama do espaço de cores L, a e b, com coordenadas cilíndricas ao invés de coordenadas retangulares. Os termos L, C e h° indicam brilho ('lightness'), cromaticidade e ângulo hue, respectivamente. Os valores de h° apresentam as seguintes correspondências quanto às cores da superfície do tecido vegetal: 0°/vermelho, 90°/amarelo, 180°/verde e 270°/azul.

A determinação da porcentagem de proteína dos grãos crus e cozidos foi efetuada pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995). Para a realização destas determinações, as amostras foram trituradas em multiprocessador e peneiradas em peneira de 50 mesh. O conteúdo de proteína foi calculado pelo fator de conversão 6,25. Os resultados foram expressos em percentual de base seca (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Para a determinação dos taninos foram utilizadas 0,3 g do feijão moído, e a fase de extração foi uma solução 3:1 de metanol:água. Após mistura em vórtex, passagem pelo ultrassom e centrifugação, adicionou-se ao sobrenadante carbonato de sódio 20%, Folin-Denis e água. Após 30 min em banho-maria a 40 °C, foi efetuada leitura em espectrofotômetro a 765 nm, e a concentração de ácido tânico foi determinada pela curva padrão de ácido tânico.

4.2 Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida, considerando geada como fator principal e armazenamento como fator secundário, sendo os níveis 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento. Para todos os tratamentos foram utilizadas três repetições.

Foi verificada a normalidade e a homocedasticidade dos dados através do software Minitab 16 (2010). Os dados não-homocedásticos foram transformados, através do mesmo software, utilizando-se a ferramenta de transformação de Johnson (YEO e JOHNSON, 2000). Posteriormente foram realizadas as análises de variância e testes de comparações de médias pelo teste Tukey a 5% de significância, com o auxílio do software Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se os valores de embebição de água antes do cozimento. Não houve interação entre a geada e o armazenamento para este parâmetro. Os tratamentos com geada e sem geada somente tiveram diferenças significativas no tempo 60; porém, apresentaram comportamentos diferenciados em relação à absorção de água. No tratamento com geada houve uma diminuição no percentual de embebição antes do cozimento até os 60 dias de armazenamento, e aos 90 dias este percentual voltou a aumentar, igualando-se estatisticamente ao tempo zero.

Tabela 1 Médias da porcentagem de embebição antes cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA
	0	30	60	90	
ET	98,50 Aa	95,68 Aab	88,02 Bb	103,17 Aa	96,34 A
CN	97,52 Ab	98,68 Ab	99,11 Ab	109,23 Aa	101,13 A
MÉDIA	98,01 b	97,18 b	93,57 b	106,20 a	
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)			4,03		
CV % (CONDIÇÃO)			4,71		

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal

Ribeiro *et al.* (2007) avaliaram o efeito de diferentes períodos de semeadura e, condições do tempo de armazenamento e encontraram um comportamento semelhante para o feijão armazenado em condições ambientais, sendo que o percentual de embebição antes do cozimento aumentou aos três meses de armazenamento.

O percentual de embebição após o cozimento teve comportamento similar ao percentual de embebição antes do cozimento (Tabela 2), sendo que a capacidade de absorção dos grãos diminuiu com o tempo de armazenamento e, aos 90 dias, voltou a se igualar estatisticamente ao tempo zero.

Oliveira *et al.* (2011), estudando diferentes cultivares de feijão Carioca, observou que as cultivares 'Guapo Brilhante', 'BRS Campeiro' e 'Pérola' apresentaram redução na absorção de água após seis meses de armazenamento e que as cultivares 'Macanudo', 'Carioca' e a 'LH 5' mantiveram a absorção de água em valores similares aos grãos recém-colhidos. Estes dados reforçam os resultados de Ribeiro *et al.* (2007), que concluiu que as características da qualidade para o cozimento dos grãos de feijão são afetadas pelo período de semeadura, pelas condições de armazenamento (temperatura e umidade relativa) e pelo tempo de armazenamento. Essas diferenças podem ser devidas, sobretudo, como

observado por Scholz e Fonseca Júnior (1999), às condições do grão no momento da colheita, interferindo na qualidade fisiológica dos grãos com modificações nas características de tegumento do grão e, assim, influenciando na absorção de água e tempo de cocção. No caso da presente trabalho, porém, pode-se verificar que a geada não afetou as características do tegumento do feijão, visto que tanto o feijão sob efeito geada, quanto o feijão colhido antecipadamente apresentaram comportamento semelhante.

Tabela 2 Médias da porcentagem de embebição após cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

TEMPO DE ARMAZENAMENTO					
CONDIÇÃO	0	30	60	90	MÉDIA
ET	159,68 a	128,01 b	105,57 c	150,94 A	136,05 A
CN	150,78 a	120,60 b	113,81 b	141,14 A	131,58 A
MÉDIA	155,23 a	124,31 b	109,69 c	146,04 A	
CV % (CONDIÇÃO)	4,54				
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)	4,81				

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal

Sawazaki *et al.* (1985), estudando as cultivares Carioca e Rico 2 armazenadas por onze meses, observaram que a porcentagem de água absorvida aumenta com a idade dos grãos até quatro horas de embebição; após seis horas de embebição, esse aumento só é verificado da primeira para a segunda época, indicando maior desorganização e, conseqüentemente, menor seletividade das membranas celulares dos grãos mais velhos.

A diminuição na absorção de água está associada à presença do efeito “*hardshell*”, que se caracteriza pela impermeabilidade do tegumento à água. A ocorrência de “*hardshell*” é favorecida quando o armazenamento é realizado em temperaturas altas e em baixa umidade relativa do ar (KIGEL, 1999).

Delfino e Canniatti-Brazaca (2010), em feijões avaliados por seis meses, encontraram valores de absorção menores aos três meses de armazenamento, sendo que aos seis meses os valores se mantiveram. Rios, Abreu e Correa (2003) estudaram os efeitos da estocagem sobre a capacidade de hidratação, em temperatura ambiente, durante oito meses e encontraram diminuição na capacidade de absorção de água com o armazenamento; porém, ao avaliar-se os resultados de dois meses de armazenamento houve, como no presente trabalho, um aumento no percentual de absorção de água por duas cultivares

Segundo Baudet (2003), a absorção de água pela semente é um processo físico e varia de acordo com a permeabilidade do tegumento (espessura e composição do

tegumento), temperatura (dentro de determinados limites, a absorção aumenta com a temperatura), composição química (sementes ricas em proteínas geralmente absorvem água mais rapidamente que sementes ricas em amido) e condições fisiológicas (as sementes imaturas e mais deterioradas absorvem água com maior velocidade – isso está associado à maior desestruturação das membranas nessas sementes).

De acordo com Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), a presença de condições de estresse hídrico, aliado a temperaturas altas na maturação fisiológica dos grãos de feijão, diminui a porcentagem de embebição antes e após o cozimento e, quanto menor a porcentagem de embebição, menor a porcentagem de grãos inteiros, menor a expansão volumétrica e, conseqüentemente, maior o tempo de cozimento.

O tempo de cocção relaciona-se com a capacidade de penetração de água nos grãos, o que pode ser devido a efeitos de impermeabilidade do tegumento do feijão à água, causando uma hidratação mais lenta durante o cozimento. Ou ainda, pode ser devido à impermeabilidade dos cotilédones à água, em razão das modificações químicas que ocorrem durante o armazenamento (CASTELLANOS et al., 1995).

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias encontradas para o tempo de cozimento. Não foram observadas diferenças significativas entre os tempos de armazenamento. Esse processo não era esperado, pois durante o armazenamento, ocorre a deterioração gradativa da qualidade dos grãos para o cozimento, e os grãos de feijão tornam-se endurecidos e resistentes ao cozimento, o que resulta em maior tempo necessário para o cozimento (BURR et al., 1968; SARTORI, 1996; RODRIGUES et al., 2005b).

Tabela 3 Tempo de cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA
	0	30	60	90	
ET	22,92 aB	18,56 aA	21,06 aAB	20,63 aAB	20,8 A
CN	21,09 aA	17,06 aA	18,84 aA	20,92 aA	19,48 A
MÉDIA	22,01	17,81	19,95	20,78	
CV % (CONDIÇÃO)					8,43
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					8,81

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal

Segundo a literatura consultada, o tempo de cozimento varia entre quinze e vinte minutos, segundo Rodrigues *et al.* (2005a), entre 25 e 42 minutos, por Dalla Corte *et al.* (2003); entre 35 e 45 minutos, conforme Ramos Junior, Lemos e Silva (2005), entre 13 e 27 minutos para 15 fenótipos distintos de feijões do grupo carioca sem armazenamento (FARINELLI; LEMOS, 2010), resultados que se assemelham aos encontrados no presente

trabalho. Ainda conforme Rodrigues *et al.* (2005a), são desejáveis cultivares de feijão com tempo de cozimento menor do que 30 minutos, pois significa economia de energia, capital e tempo de espera.

As condições do grão no momento da colheita (seca ou chuva) podem interferir na integridade do tegumento, influenciando na absorção de água e no tempo de cocção (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

É importante frisar que neste trabalho pode-se considerar o tempo de armazenamento insuficiente para verificar o aumento do tempo de cozimento ao longo do tempo. Udaeta e Lajolo (1997) observaram um aumento no tempo de cocção após 3 e 6 meses de armazenamento, nas condições de 30 °C de temperatura e 70% de umidade relativa. Resende *et al.* (2008) avaliaram a qualidade tecnológica de feijão armazenado por 112 dias e observaram que os valores do tempo de cocção aumentaram significativamente. Sartori (1988) testou diversos cultivares de feijão armazenados a 25 °C e 70% de U.R. Verificou que o tempo de cozimento não aumentou significativamente no período de recém-colhido a três meses de estocagem.

Soares e Carvalho (1999) submeteram treze amostras de feijão ao armazenamento em condições de temperatura e umidade ambiente por um período de seis meses e observaram aumento no tempo de cozimento ao longo do armazenamento para quase todas as amostras. Carneiro *et al.* (1999) verificaram os efeitos do tempo de armazenamento sobre as características físicas e de aceitabilidade de cultivares e os resultados levaram à conclusão de que quatro meses de armazenamento não influenciaram negativamente na aceitabilidade dos cultivares estudados; porém, houve prolongamento do tempo de cocção.

Lima (1993) avaliou os efeitos do armazenamento sob condições ambientais e de congelamento na digestibilidade dos grãos de diferentes cultivares de feijoeiro. Verificou que o armazenamento provocou aumento no tempo de cozimento e diminuição na digestibilidade. Porém, as amostras armazenadas congeladas reduziram o tempo de cozimento em 20%, sem alterações na digestibilidade.

O percentual de grãos partidos no cozimento foi bastante alto para todos os tratamentos, sendo que os mesmos variaram de 81,36 a 95,59%, conforme os dados apresentados na Tabela 4. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem geada, porém o tratamento sem geada apresentou um comportamento diferenciado durante o armazenamento. Enquanto o tratamento com geada teve valores iguais estatisticamente durante o período avaliado, o tratamento sem geada teve uma diminuição no percentual de grãos partidos até o tempo 60 e, no tempo 90, voltou a igualar-se ao tempo zero.

Na comercialização de feijão, a presença de grãos partidos é indesejável, causando perda do valor comercial do produto. Além disso, grãos partidos ficam mais suscetíveis ao ataque de microorganismos que aceleram a degradação do produto e o metabolismo dos

grãos é intensificado, havendo consumo de substâncias nutritivas dos grãos. Adiciona-se a isso o fato que os consumidores associam isso ao feijão envelhecido.

Tabela 4 Percentual de grãos partidos após o cozimento dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA
	0	30	60	90	
ET	93,32 Aa	95,44 Aa	85,20 Aa	90,79 Aa	91,19 A
CN	93,59 Ab	83,00 Bab	81,36 Aa	90,39 Aab	87,09 A
MÉDIA	93,46 b	89,22 ab	83,28 a	90,59 b	
CV % (CONDIÇÃO)					4,54
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					4,81

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal

Perina *et al.* (2010), avaliando diferentes genótipos de feijão observou-se que os grãos do grupo comercial preto foram mais estáveis do que os do grupo comercial carioca para porcentagem de grãos inteiros. O mesmo autor encontrou correlações positivas entre o percentual de grãos partidos após o cozimento e a expansão volumétrica.

De acordo com Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), a presença de condições de estresse hídrico, aliado a temperaturas altas na maturação fisiológica dos grãos de feijão, diminui a porcentagem de embebição antes e após o cozimento e, quanto menor a porcentagem de embebição, menor a porcentagem de grãos inteiros, menor a expansão volumétrica e, conseqüentemente, maior o tempo de cozimento.

É importante ressaltar que, para esta avaliação, os grãos permaneceram em fervura durante 60 minutos. Considerando que determinou-se um tempo de cozimento em torno de 20 minutos para todos os tratamentos no presente trabalho, os altos percentuais de grãos partidos provavelmente ocorreram devido ao tempo de cozimento prolongado aos quais os mesmos foram submetidos.

Na Tabela 5 e 6 encontram-se os resultados de cor para os eixos a* e b* respectivamente. O tratamento com geada diferiu estatisticamente do sem geada no tempo zero para o eixo a*, porém não houve diferença significativa nos demais tempos de armazenamento. Já no armazenamento, em ambas as condições ambientais anteriores à colheita ocorreu o mesmo comportamento e as médias diferiram estatisticamente a partir do tempo 60. Isso indicou um provável escurecimento, pois maiores valores de a* direcionam para a cor vermelha mais intensa.

Já para o eixo b*, onde valores positivos indicam a intensidade da cor amarela, houve diferença estatística entre os tratamentos com e sem geada, conforme observa-se na Tabela 6. Para o tratamento com geada não houve alteração durante o armazenamento,

sendo que o tratamento sem geada teve inicialmente uma diminuição e, no tempo 90, igualou-se estatisticamente ao tempo zero.

Tabela 5 Eixo a* dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO								MÉDIA	
	0		30		60		90			
ET	6,36	Bc	6,59	Ac	7,14	Ab	8,07	Aa	7,04	B
CN	6,74	Ac	6,79	Ac	7,31	Ab	8,05	Aa	7,23	A
MÉDIA	6,55	C	6,69	c	7,23	b	8,06	a		
CV % (CONDIÇÃO)					0,84					
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					2,69					

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal.

Tabela 6 Eixo b* dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO					MÉDIA				
	0		30		60			90		
ET	14,02	ab	13,41	b	13,58	b	14,76	a	13,94	A
CN	14,53	a	13,80	a	14,14	a	14,93	a	14,35	B
MÉDIA	14,27	ab	13,61	b	13,86	b	14,85	a		
CV % (CONDIÇÃO)					2,85					
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					3,65					

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal.

Brackmann *et al.* (2002) utilizou a mesma metodologia para determinação da cor de três genótipos de feijão do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada e encontrou um comportamento semelhante ao do feijão avaliado no presente estudo durante o armazenamento, sendo que os valores de a* e b* aumentaram durante o armazenamento, indicando o escurecimento dos mesmos.

Rupollo (2011) concluiu que os grãos de feijão carioca armazenados por 120, 240 e 360 dias apresentaram menor valor de a* para os três períodos analisados, o que significa que estes grãos avermelharam mais lentamente que aqueles grãos armazenados em sistema convencional.

Os resultados do eixo L estão apresentados na Tabela 7. O eixo vertical L. avalia a claridade da cor da amostra, variando do preto ao branco. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos com e sem geada. Como era esperado, o valor de L diminuiu com o armazenamento. No tempo 90, porém, para os tratamentos com e sem geada, o valor de L igualou-se ao tempo zero.

Tabela 7 Cor L dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA
	0	30	60	90	
ET	53,02 a	51,62 a	48,88 b	51,61 a	51,28 A
CN	52,71 a	50,77 b	49,48 b	50,98 ab	50,99 A
MÉDIA	52,87 a	51,20 b	49,18 c	51,30 b	
CV % (CONDIÇÃO)					1,76
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					1,51

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal.

Em feijões do grupo carioca, a coloração clara do tegumento dos grãos é desejável, pois existe uma associação com as características de feijão recém-colhido. Por este motivo, os programas de melhoramento têm priorizado o desenvolvimento de cultivares com claridade semelhante à Carioca, que serve de padrão (CARNEIRO; SOARES; COSTA, 2000). Segundo Ribeiro, Storck e Poersch, (2008), o valor de “L” é uma das informações relevantes para o feijão, pois está vinculado à claridade dos grãos. Em grãos do tipo carioca, a maior claridade do tegumento dos grãos é associada com grãos recém-colhidos e de rápido cozimento. Por isso, cultivares com “L” superior a 55 têm maior valor no mercado.

Faroni *et al.* (2006), estudando diferentes genótipos de feijão Carioca, observaram que, independentemente do conteúdo de água de colheita, os grãos tenderam ao escurecimento ao longo do armazenamento. Iaderoza *et al.* (1989) também observaram o escurecimento do tegumento no armazenamento em ar ambiente e atribuíram este efeito à temperatura elevada e à presença de luz, que devem acelerar as oxidações enzimáticas. Já Brackmann *et al.* (2002), já citados anteriormente, encontraram um comportamento semelhante também na diminuição da luminosidade durante o armazenamento, que, combinado ao aumento nos valores de a^* e b^* , indicou o escurecimento.

Resende *et al.* (2004), ao monitorarem as modificações nas características tecnológicas de feijão *Phaseolus vulgaris* L., durante oito semanas de armazenamento em um sistema hermético, em condições controladas de temperatura e umidade relativa, 24 °C e 87%, respectivamente, verificaram que as condições de armazenamento intensificaram o escurecimento do tegumento dos grãos de feijão e, conseqüentemente, a perda de qualidade do produto ao longo do armazenamento.

No mercado, são mais valorizadas as cultivares que possuem L superior a 53. Em vista da coloração clara do tegumento e também pelo padrão de grão, a 'Carioca' tem sido extensivamente utilizada como genitora em diversos cruzamentos controlados para aumentar a probabilidade de obtenção de germoplasma com esta característica. Ou seja, com maior claridade dos grãos que deverá ser mantida, independentemente das condições

ambientais no momento da colheita dos grãos (RIBEIRO; JOST; CARGNELUTTI FILHO, 2004).

Oliveira *et al.* (2011), estudando os genótipos do grupo de cor – Carioca, Pérola e LH 5 –, constatou que a claridade foi reduzida durante o armazenamento por seis meses. Nesse caso, todos os genótipos apresentaram escurecimento dos grãos (menor valor de 'L') quando armazenados, o que depreciou o valor comercial dos grãos, pois o consumidor irá associar a uma qualidade inferior e à necessidade de maior tempo para o cozimento

Neste caso, no presente estudo, o armazenamento afetou o valor comercial do feijão avaliado, já que os valores de L se distanciaram de 53 ao longo do armazenamento.

Oliveira *et al.* (2011) afirmaram que a presença de brilho no tegumento da cultivar 'Guapo Brilhante' pode justificar os menores valores de absorção de água, pois a espessura e a uniformidade de deposição da camada de cera na superfície do tegumento podem influenciar na capacidade de absorção de água. No presente trabalho, não foram encontradas correlações significativas entre essas características tecnológicas.

Na Tabela 8 estão os resultados encontrados para o teor de proteína, expressos em percentual de base seca.

Tabela 8 Percentual de proteína em base seca dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA
	0	30	60	90	
ET	26,32 A	26,79 A	26,48 A	27,08 A	26,67 A
CN	27,60 A	26,73 A	26,50 A	25,31 B	26,54 A
MÉDIA	26,96 a	26,76 a	26,49 a	26,20 a	
CV % (CONDIÇÃO)					4,16
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					3,58

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, exceto para o tempo 90 no tratamento sem geada, que apresentou uma diminuição em relação aos demais tratamentos. Em trabalho desenvolvido por Ribeiro, Prudencio-Ferreira e Miyagui (2005), os valores de proteína bruta se mantiveram em torno de 23% a 24%, com o aumento do tempo de armazenamento para feijões de recém-colhidos a até 60 dias após colheita.

Segundo Kelly e Bliss (1975), sementes secas de feijão contêm, em média, 20 a 30% de proteína em peso, dependendo do cultivar. No presente trabalho, todas os tratamentos apresentaram teores de proteína dentro desta variação. Os valores foram maiores que os 22,7 e 25,4% encontrados por Párraga *et al.* (1981) e Pimentel *et al.* (1988) em duzentas cultivares e em vinte linhagens de feijoeiro, respectivamente.

Silva, Rocha e Canniatti Brazaca (2009) estudando as cultivares de feijão comum BRS Supremo de coloração preta, Carioca Pontal de coloração marrom e WAF 75 de coloração branca para feijão carioca e encontraram para o feijão cru, em base seca, teores de proteína entre 24,5 e 25,62%. Já segundo a USDA (2011), os teores encontrados foram de 27,4%.

Perina *et al.* (2010), em relação aos resultados obtidos para o teor de proteína bruta nos grãos, observou que a época da seca propiciou resultados médios maiores para o teor de proteína bruta (22,93%), em relação à época de inverno (21,35%) e das águas (21,23%). Esses resultados corroboram com Lajolo, Genovese e Menezes (1996), que afirmaram haver variações na composição de proteína do feijão em função do local de cultivo, condições climáticas e da própria cultivar. Neste trabalho, porém, pode-se verificar que a ocorrência da geada não influenciou nos valores de proteína bruta.

Rivelli *et al.* (2007) associaram positivamente o valor proteico com a digestibilidade, sendo que as linhagens com maior teor proteico apresentaram valores variando de 18,03 a 48,32%; e as linhagens de menor teor proteico, variando de 19,48 a 43,95%.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos na quantidade de taninos, como pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9 Percentual de Taninos dos grãos de feijão submetidos a estresse térmico por frio no armazenamento em diferentes períodos.

CONDIÇÃO	TEMPO DE ARMAZENAMENTO				MÉDIA	
	0	30	60	90		
CG	0,0398	0,0404	0,0431	0,0395	0,0407	A
SG	0,0411	0,0398	0,0436	0,0400	0,0411	A
MÉDIA	0,0405	0,0401	0,0433	0,0398		
CV % (CONDIÇÃO)					3,02	
CV % (TEMPO DE ARMAZENAMENTO)					5,80	

*Letras minúsculas indicam médias iguais na linha, maiúsculas na coluna segundo teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. ET – exposto a estresse térmico por frio; CN – condição normal.

Romano (2006), trabalhando com feijão preto armazenado em condições ambientais, observou que até 75 dias ocorreu um aumento na quantidade de taninos e, nos 150 e 225 dias de armazenamento, houve diminuição nos teores de taninos em relação ao tempo inicial. Moura *et al.* (1999), em seus estudos, notaram que aos três meses de armazenamento ocorreu um aumento no teor de taninos condensados; porém, aos seis meses, todos os cultivares apresentaram valores menores que os observados aos 3 meses.

Segundo Rios, Abreu e Corrêa (2003), a quantidade de taninos no grão recém-colhido é maior do que após 3 e 6 meses de armazenamento. A diminuição no teor de taninos provavelmente ocorre devido à oxidação e à menor solubilidade, decorrentes de seu maior grau de polimerização. Os polifenóis ligados a outros componentes celulares são mais

difíceis de serem extraídos, ocorre modificação de suas estruturas e dos componentes a eles ligados, fazendo com que o teor extraído seja menor após períodos de armazenamento dos grãos.

Segundo Kelly e Bliss (1975), os taninos estão presentes principalmente no tegumento dos feijões, e seu teor pode variar de 0 a 2%, segundo a espécie e a coloração da semente. Mesquita *et al.* (2007) encontraram valores para compostos fenólicos entre 0,003 e 0,011mg de ácido tânico/g de matéria seca, valores equivalentes aos encontrados neste trabalho.

Esteves *et al.* (2002), inferiu que há uma relação inversa entre o teor de polifenóis, lignina e atividade da peroxidase e a capacidade de absorção de água. O endurecimento dos grãos de feijão tem sido atribuído à ação de polifenóis, por meio de sua polimerização no tegumento ou pela lignificação dos cotilédones, ambos influenciando na capacidade de absorção de água dos grãos; o primeiro dificulta a penetração de água e, o segundo, limita a capacidade de hidratação (MOURA, 1998). Além disso, espessura, massa, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais do tegumento interferem na capacidade de hidratação dos grãos de feijão (WYATT,1977). No presente trabalho, não foi possível identificar diferenças significativas no teor de taninos entre os tratamentos; porém, pode-se observar o aumento da presença de grãos *hardshell* durante o armazenamento pelos valores de percentual de embebição antes do cozimento, o que indica que a oxidação dos taninos na casca pode restringir a mobilidade da água.

6 CONCLUSÃO

O estresse por frio não influenciou a qualidade tecnológica dos grãos de feijão, em nenhum dos tempos ou fatores avaliados.

O armazenamento diminuiu o percentual de embebição de água pelos grãos, antes e após o cozimento; porém, o tempo de cozimento não foi alterado no período de armazenamento avaliado. O armazenamento provocou o escurecimento dos grãos de feijão e a perda de brilho. Pode-se, portanto, concluir que o armazenamento afetou a qualidade tecnológica dos grãos, mas não diminuiu seu valor comercial, visto que a luminosidade se manteve dentro do esperado pelo mercado.

Não houveram influências da geada e do armazenamento no teor de taninos e de proteínas e, portanto, não houve influência dos fatores estudados na qualidade nutricional do feijão.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, D. C.; PESKE, S. T. Flutuações de umidade e qualidade de sementes de soja após a maturação fisiológica: II. Avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.2, p. 11-5, 1994.
- ANDRADE, M. J. B.; OLIVEIRA, J. A.; ANDRADE, C. A.B.; ANDRADE, W. E. B.; FRAGA, A. C.; KIKUTI, H. Comunicação, época de colheita em cinco cultivares de feijoeiro. II. Efeitos sobre a qualidade da semente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p. 683-9, mai/jun. 2001.
- AOAC. **Official and Tentative Methods of the AOAC International**. Maryland, 1995.
- BASSINELLO, P. Z. **Qualidade dos grãos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_2_28102004161635.html>. Acesso em: 20 maio 2010
- BAUDET, L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.; ROTA, G. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2003. p.370-416.
- BOWERS M.C. **Environmental effects of cold on plants**. In: Wilkinson, R.E. (Ed.), *Plant-Environment Interactions*. Marcel Dekker, New York, pp. 391-411, 1994.
- BRACKMANN, A.B.; NEUWALD A. D.; RIBEIRO, N.D.; FREITAS, S. T. Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.911-5, 2002.
- BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, n. 11, p. 317-33, 1998.
- BURR, K.H., KON, S., MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content, temperature and time of storage. **Food Technology**, Chicago, v.22, p.336-8, 1968.
- BUTTERFIELD, D. A.; CASTEGNA, A.; POCERNICH C.B.; DRAKE, J.; SCAPAGNINI, G.; CALABRESE V. Nutritional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's disease. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 8, p. 444-61, 2002.
- CAIERAO, E.; ACOSTA, A. da S. Uso industrial de grãos de cevada de lavouras dessecadas em pré-colheita. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, set. 2007 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000900009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 jun. 2010. doi: 10.1590/S0100-204X2007000900009.
- CARAMORI, P.H. et al. **Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 477-85, 2001.
- CARBONELL, S. A. M.; CARVALHO, C. R. L.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-79, 2003.
- CARNEIRO, G.E.de S., ZIMMERMANN, F.J.P., PELOSO, J.D.P. **Avaliação de linhagens de feijão do grupo mulatinho na região nordeste do Brasil**. In: Reunião nacional de pesquisa de feijão, 6, 1999, Salvador. Resumos expandidos... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.

CARNEIRO, G.E.S.; SOARES, D.M.; COSTA, J.G.C. **Resultados do ensaio Sul-Brasileiro de avaliação de linhagens de feijão nos anos 1997/98 e 1998/99**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 77 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 102).

CARNEIRO, J. C. S.; MINIM, V. P. R.; SOUZA, JR. M. M. DE; ARAÚJO; G. A. A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, mar. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612005000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 jun. 2010. doi: 10.1590/S0101-20612005000100004.

CASTELLANOS, J. Z.; GUZMAN-MALDONADO, H.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A.; KELLY, J. D. Effects of hardshell character on cooking time of common beans grown in the semiarid highlands of Mexico. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 69, n. 4, p. 437-43, Dec. 1995.

CHANG, M.J., COLLINS, J.L., BAILEY, J.W., COFFEY, D.L. Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.5, p.1034-6, 1994.

CIE. Commission Internationale de L'éclairage. **Technical Report**. Viena, Austria: CIE 15.2–1986.

COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; DANELLI, A. L. D.; PEREIRA, T.; SANTOS, J. C. P.; PIAZZOLI, D. Capacidade de cocção de grãos de feijão em função do genótipo e da temperatura da água de hidratação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p.1080-6, 2008.

COELHO, S.R.M.; PRUDENCIO, S.H; NÓBREGA, L.H.P.; LEITE; C.F.R. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, Apr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000200028&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06 jun. 2010. doi: 10.1590/S1413-70542009000200028.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 11 fev. 2011.

CUNHA, G.R. **Meteorologia**: fatos e mitos-3. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2003. 440 p.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SHOLZ, M.B.S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.193-202, 2003.

DELFINO, R. de A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, jun. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27 mar. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000200003>.

DONADEL, M. E.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. Propriedades funcionais de concentrado protéico de feijão envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 19, n. 3, Dec. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-

20611999000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 06 jun. 2010. doi: 10.1590/S0101-20611999000300015.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p.

DUEÑAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. **Food Chemistry**, Washington, vol. 98, 95-103, 2006.

ESTEVES, A. M.; ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. dos; CORRÊA, A. D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 999-1005, set./out. 2002.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.759-64, 2010.

FARONI, L R. A.; CORDEIRO, I.C.; ALENCAR, E.R.; ROZADO, A. F.; ALVES, W. M. Influência do conteúdo de umidade de colheita e temperatura de secagem na qualidade do feijão. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, mar. 2006.

GARCIA, E.; FILISETTI, T.; UDAETA, J.; LAJOLO, F., 1998. Hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*): involvement of phenolic compounds and pectates. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Chicago, 46, 2110-6, 1998

GARCIA, E; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to cook beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Chicago, v. 42, p. 612,1994.

GOLANI, G. S.; COCKELL, K. C.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 88, n. 3, p. 967-987, 2005.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PÉREZ, S.; Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **LWT Food Science and Technology**, London, v. 41, p. 994-999, 2007.

GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A. Riscos de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.93-99, 1996.

HUGHES, J. S., ACEVEDO, E., BRESSANI, R., SWANSON, B. G. Effects of dietary fiber and tannins on protein utilization in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Food Research International**, Monticello, v. 29, n. 3, p. 331-338, 1996.

IADEROZA, M.; SALES, A.M.; BALDINI, V.L.S.; SARTORI, M.R.; FERREIRA, V.L.P. Polyphenol oxidase activity and alterations in colour and levels of condensed tannins during storage of new bean (*Phaseolus*) cultivars. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.19, p.154-164, 1989.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ [2008]. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Intituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JANSMAN, A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple stomached animais. **Nutrition Research Reviews**, Nigéria. v.6, p. 209-236, 1993.

KELLY, J.D.; BLISS, F.A. **Quality factors affecting the nutritive value of bean seed protein.** *Crop Science*, 15:757, 1975.

KIGEL, J. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. **Biotechnologie, Agronomie, Society et Enviroment**, Jerusalém, v.3, n.4, p.205-209, 1999.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The Physiological Ecology of Woody Plants.** San Diego: Academic press, 1991.

LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996. p.23-56.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology.** Berlin: Springer-Verlag, 1975.

LEAKEY, C. L. A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 245-327.

LIMA, J.de. Armazenamento de feijão - cozimento e digestibilidade. In: Reunião Nacional De Pesquisa de Feijão, 4, 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, p.4, 1993.

MARTÍN-CABREJAS, M. A.; JAIME, L.; KARANJA, C.; DOWNIE, A. J.; PARKER, M. L.; LOPEZ-ANDREU, J.; MAINA, G.; ESTEBAN, R. M.; SMITH, A. C.; WALDRON, K. W. Modifications to physicochemical and nutritional properties of hard-to cook (*Phaseolus vulgaris* L.) by extrusion cooking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**., Washington, v. 47, p. 1174-1182, 1999.

MARTÍNEZ, J. A., ARCOS, R., MACARULLA, M. T., LARRALDE, J. Growth, hormonal status and protein turnover in rats fed on a diet containing peas (*Pisum sativum* L.) as the source of protein. **Plant Foods Human Nutrition**, Gravenhage, v. 47, p. 211-220, 1985.

MESQUITA, F. R.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MOURA, A. C. C. **Análises físico-químicas e enzimáticas antes e após armazenamento em grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidos a diferentes tempos e tipos de secagem.** 1998. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

MOURA, A. C. de C.; ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. dos; CORREA, A. D. Influência da exposição ao sol, dos tipos de secagem e do armazenamento, na atividade de peroxidase e polifenoloxidase e fenólicos totais em dois cultivares e uma linhagem de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciênc. e Agrotec.**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 345-352, abr./jun., 1999.

NASAR-ABBAS, S.M.; PLUMMER, J.A.; SIDDIQUE, K.H.M.; WHITE, P.F.; HARRIS, D.; DODS, K. Nitrogen retards and oxygen accelerates colour darkening in faba beans (*Vicia faba* L.) during storage. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam v.47, p.113-8, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREN). Rio de Janeiro, IBGE, 422p. 1979.

OLIVEIRA, V.R.O.; RIBEIRO, N.D.; MAZIERO, S.M., CARGNELUTTI FILHO, A.; JOST, E. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, maio 2011 .

PÁRRAGA, M.S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; PEREIRA, P.; BUENO, L.C.S.; PENONI, J.S. Avaliação do conteúdo de proteína total de duzentas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) visando seu melhoramento genético. **Ciência e Prática**, Lavras, v.5, n.1, p.07-17, 1981.

PENCKOWSKI, L. H.; PODOLAN, M. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. Influência das condições climáticas no momento da aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre a eficácia de controle de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) na cultura do trigo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 435-442, 2003.

PEREIRA, A R., ANGELOCCI, L.R., SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.

PERINA, E. F.; CARVALHO, C. R. L.; CHIORATO, A. F.; GONÇALVES, J. G. R.; CARBONELL, S. A. M.; Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da "performance" genotípica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, Apr. 2010.

PIMENTEL, M.L.; MIRANDA, P.; COSTA, A.F.; MIRANDA, A.B. Estudo nutricional de linhagens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.2, p.55-65, 1988.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília, AGIPLAN, 1985. 289p.

RAMOS JUNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, p.75-82, 2005.

RESENDE, O.; BORÉM, F. M.; GRIS, C. F.; PEREIRA, R. G. F. A. Avaliação da qualidade tecnológica de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados na presença de equipamento redutor de inoculo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.29, n.2, p.143-51, 2004.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; FARONI, L.R.A.; CECOM, P.R. Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, Apr. 2008 .

RIBEIRO, H.J.S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S.H.; MIYAGUI, D.T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar IAPAR 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.165-9, 2005.

RIBEIRO, N. D.; RODRIGUES, J. A.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N.; TRENTIN, M.; ROSA, S. S. Efeito de períodos de semeadura e das condições de armazenamento sobre a qualidade de grãos de feijão para o cozimento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, 2007.

RIBEIRO, N.D.; JOST, E.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos da interação genótipo x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, Dec. 2004 .

RIBEIRO, N.D.; STORCK, L.; POERSCH, N.L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, out. 2008.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.

RODRIGUES, J. de A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; FILHO, A.C.; GARCIA, D.C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n. 1, p.209-214, jan-fev, 2005a.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TRENTIN, M.; LONDERO, P.M.G. Qualidade para o cozimento de grãos de feijão obtidos em diferentes épocas de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.64, p.369-376, 2005b.

ROMANO, C. M. **Características físico-químicas e de cocção do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cv. guapo brilhante decorrentes de secagem estacionária e de tempo de armazenamento convencional**. 2006. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia De Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Ufpel, Pelotas, 2006.

RUPOLLO, G. **Efeitos das condições e do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de feijão carioca**. 2011. 65 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa De Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, UFPEL, Pelotas, 2011.

SAKAI, A.; LARCHER, W. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. **Ecologie Studies**, Berlin, 62, Springer-Verlag, 321 p.1987

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L. de; VILLELA, F. A. Modificações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão no armazenamento. **Revista brasileira de sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, June 2005a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 Jun. 2010. doi: 10.1590/S0101-31222005000100013.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SARTORI, M.R. Armazenamento. In: ARAÚJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.543-62.

SARTORI, M.R. Conservação da qualidade tecnológica durante o armazenamento. In:

SARTORI, M.R. **Technological quality of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) stored under nitrogen**. Manhattan, USA, 1982. 92p. PhD. Dissertation (Grain Science). - Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, 1982.

SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P.; MORAES, R.M.; BULISANI, E. A. Modificações bioquímicas e físicas em grãos de feijão durante o armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, 1985. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-

87051985000100033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 abr. 2012. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051985000100033>.

SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeito de ambientes, dos genótipos e da interação genótipos x ambientes na qualidade tecnológica de feijão do grupo de cores no Estado do Paraná. In: Reunião nacional de pesquisa do feijão, 6., 1999, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Embrapa, 1999. 880p. p.339-342.

SHIGA, T.M.; LAJOLO, F.M.; FILISETTI, T.M.C.C. Changes in the cell wall polysaccharides during storage and hardening of beans. **Food Chemistry**, London, v.84, p.53-64, 2004.

SILVA, A.G., ROCHA, L. C.; CANNIATTI BRAZACA, S. G.; Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, vol. 20, n. 4, 2009.

SKOWRONSKI, L.; GIÚDICE, M. P. del; BORÉM, A.; CARNEIRO, G.E.S.; DIAS, D.C.F. dos S.; CECON, P.R. Qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) colhidas em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 45-50, jan./jun. 2004.

SMITH, J. A.; HOLMAN, A. S. **On-farm storage of dry edible beans: a survey of Nebraska growers and storage guidelines**. University of Nebraska Cooperative Extension, 2005. Disponível em: <<http://ianrpubs.unl.edu/fieldcrops/ec794.htm>>. Acesso em: 10 maio 2010.

SOARES, A.G., CARVALHO, J.L.V. Perda de qualidade de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. In: Reunião nacional de pesquisa de feijão, 6, 1999, Salvador. **Resumos expandidos**, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.873-6.

UDAETA, J. E. M.; LAJOLO, F. M. Compostos fenólicos e sua relação com o endurecimento de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de armazenamento. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: FEA/Unicamp, 1997.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Food**. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgibin>>. Acesso em: 24 out. 2011.

VALLE-VEGA, P. Effects del anvejecimiento acelerado sobre factores antinutricionais en frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Santa Maria, v. 10, p. 1, 1990.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Stilo, 2000.

VIEIRA, E.H.N.; YOKOYAMA, M. Colheita, processamento e armazenamento. In: VIEIRA, E.H.N.; RAVA, C.A. **Sementes de feijão - produção e tecnologia**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 233-248.

WREGG, M.S.; CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, A.C.A.; BERTONHA, A.; FERREIRA, R.C.; CAVIGLIONE, J.H. FARIA, R.T. de; FREITAS, P.S.L. de; GONÇALVES, S.L. Regiões potenciais para cultivo da cana de açúcar no Paraná, como base na análise do risco de geadas. **Revista brasileira de agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p.113-122, 2005.

WYATT, J.C. Seed coat and water absorption properties of seed of nearisogenic snap bean lines differing in seed coat color. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Saint Joseph, v.102, n.4, p.478-480, 1977.

YEO, I.K., JOHNSON, R.A. A New Family of Power Transformation to Improve Normality or Symmetry. **Biometrika**, Oxford, 87, 954-959, 2000.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W.S.; SOUSA NETO, A.M. de. Eficácia do herbicida diquat na dessecação em pré-colheita da cultura do feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.3, n.1, 2002. p.17-21.

ZIMMERMANN, M.J.de O., ROCHA, M., YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1988.