

## Caracterização físico-química de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) e das propriedades tecnológicas de sua fração amido

### RESUMO

O feijão comum, proveniente da espécie *Phaseolus vulgaris* L., é fonte de proteína, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais. Todavia, a composição desses macronutrientes, varia de acordo com a área de cultivo, o solo, irrigação, adubação e com as condições de armazenamento. Dentre os principais componentes do feijão destaca-se o amido, polissacarídeo de reserva energética da maioria das plantas. Apesar de seu alto valor nutritivo, a aplicação como matéria prima agroindustrial para elaboração de novos produtos ainda é limitada. O estudo tem como objetivo caracterizar feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado na região dos Campos Gerais considerando-se aspectos físicos e químicos e caracterizar físico-quimicamente seu amido. A composição centesimal dos feijões cultivados nos Campos Gerais - PR confirmou sua importância nutricional, principalmente em termos de teor proteico. As propriedades tecnológicas avaliadas foram claridade das pastas, resistência a ciclos de congelamento e descongelamento, expansão, poder de inchamento e solubilidade, propriedades viscoamilográficas (RVA) e térmicas (DSC). Os amidos apresentaram índice de solubilidade máximo de 12,3% a 90 °C. As pastas apresentaram clarezas próximas a 5% de transmitância, e sinérese em torno de 55%.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris* L., amido, propriedades tecnológicas.

#### Letícia Zander Ronko

[ronkoleticia@gmail.com](mailto:ronkoleticia@gmail.com)

[orcid.org/0000-0003-3325-4464](https://orcid.org/0000-0003-3325-4464)

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

#### Amanda Chezini

[amandachezini@hotmail.com](mailto:amandachezini@hotmail.com)

[orcid.org/0000-0002-3115-2643](https://orcid.org/0000-0002-3115-2643)

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

#### Francine Gomes Basso Los

[francinebassolos@gmail.com](mailto:francinebassolos@gmail.com)

[orcid.org/0000-0003-2035-2778](https://orcid.org/0000-0003-2035-2778)

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

#### Ivo Mottin Demiate

[demiate@yahoo.br](mailto:demiate@yahoo.br)

[orcid.org/0000-0002-5609-0186](https://orcid.org/0000-0002-5609-0186)

Universidade Estadual de Ponta Grossa,  
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae (*Leguminosae*) está presente na alimentação da população brasileira, fornecendo quantidades significativas de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais. Destaca-se por ser a principal fonte proteica consumida pela população brasileira, dentre a família das leguminosas (GOMES et al., 2006). Sua importância deve-se ao fornecimento de 10 a 20% das necessidades de uma série de nutrientes em adultos, além de representar uma fonte proteica de menor custo em relação à proteína de origem animal (MARQUEZI, 2013).

O grão é rico em fibras solúveis e com isto tem sido relacionado à redução dos níveis de colesterol e de açúcar no sangue em seres humanos, e à prevenção do câncer de cólon (NALEPA; FERREIRA, 2013). Todavia, o feijão apresenta algumas características indesejáveis que limitam sua aceitabilidade ou seu valor nutricional, tais como o fenômeno “hard to cook”, a presença de fatores antinutricionais, como fitatos e polifenóis (taninos) e deficiência em alguns aminoácidos, como metionina e cisteína (RAMÍREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

A composição centesimal do feijão depende de vários fatores. Os macronutrientes variam de acordo com as condições de plantio, incluindo solo, adubação e irrigação, armazenamento, conforme variedade genética e espécie. De modo geral, o feijão possui cerca de 20% de proteína, e alto teor de aminoácidos essenciais, como a lisina; além disto isso, tem cerca de 60% de carboidratos, sendo o amido o principal representante (TACO, 2011; BONETT et al., 2007; SILVA et al., 2009; PROLLA et al., 2010; BOYE et al., 2010).

Em feijões secos, o principal componente dos cotilédones do grão é o amido. Esse polissacarídeo atua como reserva energética nas plantas, encontra-se na forma de grânulos semicristalinos e define a maior parte das propriedades estruturais e funcionais dos alimentos que o contém na formulação. Geralmente, os grânulos de amido de feijão se caracterizam pelo limitado poder de inchamento e solubilidade em água, alta temperatura de gelatinização, rápida retrogradação, resistência ao cisalhamento e alto teor de amido resistente, devido ao elevado teor de amilose em comparação com amidos provenientes de outras fontes (HOOVER et al., 2010; CHIBBAR et al., 2010; AMBIGAIPALAN et al., 2011).

A compreensão das propriedades tecnológicas do amido de feijão tem importância na determinação de possíveis aplicações. Ao empregar amido em um processo específico ou para fins alimentares, várias propriedades estão envolvidas ao mesmo tempo, as quais podem ser analisadas em laboratório, com o auxílio de equipamentos e condições padronizadas (CEREDA, 2002; ROCHA et al., 2008; WATERSCHOOT et al., 2015). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris L.*) da região dos Campos Gerais considerando-se aspectos físicos e químicos e caracterizar físico-quimicamente seu amido, avaliando-se propriedades tecnológicas por intermédio de métodos instrumentais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### MATERIAL

As sete amostras de feijão Carioca cultivar Campos Gerais foram adquiridas de produtores locais da região de Ponta Grossa, PR, Brasil. Os feijões foram selecionados, secos em estufa a 35 °C até atingirem umidade inferior a 14%. Para as análises da farinha do feijão, os grãos amostrados foram moídos em moinho rotor (TECNAL Tecmill TE-633, Piracicaba, Brasil) com posterior micronização em moinho IKA M-20 (IKA-Werke, Staufem, Alemanha).

### MÉTODOS

#### Determinações físico-químicas e teor de amilose

A composição centesimal foi determinada de acordo com a AOAC, umidade em estufa a 105 °C, procedimento n 925.09 (32.1.03); proteína bruta ( $N \times 6,25$ ), procedimento n 991.20 (33.2.11), cinzas em mufla a 550 °C, procedimento n 923.03 (32.1.05); lipídios por Soxhlet, procedimento n 963.15 (31.4.02). Os carboidratos foram determinados por diferença. O teor de amilose foi quantificado conforme a metodologia de Schoch (1964), que se baseia na complexação do iodo pelas cadeias de amilose. Os resultados foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup> e realizados em triplicata.

#### Morfologia dos grânulos

Os grânulos de amido foram visualizados por Microscopia Eletrônica de Varredura, com equipamento Tescan – VEGA 3 (Kohoutovice, República Checa).

### Calorimetria exploratória diferencial (Differential Scanning Calorimetry – DSC)

As curvas DSC foram obtidas no equipamento DSC-Q200 (TA-Instruments, EUA). As amostras analisadas foram previamente hidratadas por 60 minutos, na proporção 1:4 (amido:água). A razão de aquecimento foi de 5 °C por minuto e o range de temperatura variou de 45 a 100 °C. O equipamento, com o auxílio do Universal Analysis (TA Instruments, New Castle, EUA), possibilitou a determinação da temperatura de transição relacionada ao rompimento dos grânulos, temperatura inicial ( $T_0$ ) e temperatura de pico da gelatinização ( $T_p$ ) e também da variação de entalpia de gelatinização ( $\Delta H$ ) em função do grau de umidade.

### Determinação das propriedades de pasta

As propriedades de pasta dos amidos foram determinadas utilizando o Rápido Visco Analisador (RVA-4, Newport Scientific, Austrália), no qual são obtidas curvas de viscosidade aparente de uma suspensão de amido submetida à agitação, aquecimento e resfriamento, a taxas constantes. Para tal, foram preparadas suspensões contendo 8% de amido, em base seca, em água destilada, totalizando 28 g em recipiente do próprio equipamento. O perfil de análise utilizado consiste no aquecimento contínuo de 50 até 95 °C; manutenção da temperatura em 95 °C por 6 minutos e resfriamento a 50 °C até completar o tempo de análise.

### Difração de raios X

As amostras de amidos em condições de saturação de umidade foram submetidas à radiação  $Cu\alpha$  (comprimento de onda de 1,542 Å), para determinação do padrão de difração de raios X em difratômetro Rigaku Ultima IV. O índice de cristalinidade relativa (IC) foi estimado como sendo a razão entre a área da região cristalina ( $A_c$ ) e área total coberta pela curva ( $A_c + A_a$ ), composta pela área da região cristalina ( $A_c$ ) e a área da região amorfa ( $A_a$ ).

### Clareza das pastas

A clareza das pastas foi determinada por medidas de transmitância (%) em espectrofotômetro a 650 nm, de suspensões aquosas de amido a 1% (p/v) em água deionizada, de acordo com as metodologias de Demiate e Kotovicz (2011). As suspensões foram aquecidas em banho de água fervente por 15 minutos, com agitação em intervalos regulares e resfriadas a temperatura ambiente antes da realização das leituras.

### Poder de inchamento e solubilidade

Realizou-se a avaliação do poder de inchamento e solubilidade dos grânulos de amido de acordo com as metodologias utilizadas por Aplevicz e Demiate (2007) com algumas adaptações, para as temperaturas de 60, 70, 80 e 90 °C. Suspensões a 1% (p/v) de amido em 40 mL de água deionizada foram preparadas em um tubo de centrifuga, e levadas para o banho de aquecimento na temperatura acima indicada, sob agitação constante, por 30 minutos. Em seguida os tubos foram centrifugados (Centrifuga MPW-351, Med. Instruments, Polônia) por 10 minutos. Coletou-se a fase sobrenadante e secou-se em estufa a 60 °C por 24 h, para a determinação da fração solúvel. A fração decantada no tubo foi pesada para a quantificação do inchamento dos grânulos. A fração solúvel, ou solubilidade (S) foi calculada conforme a Equação 1, onde PRE é o peso do resíduo da evaporação e PA o peso da amostra. O inchamento (In), por sua vez, foi determinado pela Equação 2, onde PRC é o peso do resíduo de centrifugação.

$$S = \frac{PRE}{PA} * 100 \text{ Eq (1)}$$

$$In = \frac{PRC}{PA-PRC} \text{ Eq (2)}$$

### Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento (sinérese)

A sinérese das pastas de amido de foi determinada de acordo com Cereda e Wosiacki (1985). Preparou-se uma suspensão de amido a 10% (p/p), aquecida a 97°C por 10 minutos até completa gelatinização. As amostras foram armazenadas em tubos Falcon, refrigerados no primeiro ciclo a 4 °C por 24 h e congelados a -18 °C por 72 h, sendo posteriormente descongelados a 45 °C por 3 horas, em estufa com circulação de ar, e centrifugadas por 30 minutos. Para o segundo e terceiro ciclo foi realizado o congelamento e descongelamento nas mesmas condições, e a cada ciclo a perda de água foi quantificada gravimetricamente e expressa em porcentagem em relação ao peso inicial da suspensão.

### Análise Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistica versão 13.2 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, EUA). Foi verificada a normalidade e a homogeneidade das variâncias das amostras. Na sequência foi aplicada ANOVA e o teste de Fisher, para discriminação de médias, ao nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS FEIJÕES

Os valores da composição química das farinhas de feijão em base seca (BS) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química das amostras de feijão Carioca cultivar Campos Gerais cultivadas na região dos Campos Gerais – PR

Amostra	Proteína (g 100g <sup>-1</sup> )	Fibra Bruta (g 100g <sup>-1</sup> )	Cinzas (g 100g <sup>-1</sup> )	Lipídeos (g 100g <sup>-1</sup> )	Umidade (g 100g <sup>-1</sup> )
A1	18,1±0,61 <sup>cd</sup>	3,0±0,28 <sup>c</sup>	3,9±0,22 <sup>a</sup>	1,18±0,02 <sup>de</sup>	11,4±0,22 <sup>c</sup>
A2	20,7±1,30 <sup>a</sup>	3,6±0,25 <sup>b</sup>	3,8±0,03 <sup>a</sup>	1,28±0,01 <sup>bc</sup>	16,1±0,12 <sup>a</sup>
A3	19,6±0,29 <sup>ab</sup>	3,2±0,30 <sup>bc</sup>	3,7±0,10 <sup>ab</sup>	1,25±0,01 <sup>c</sup>	13,8±0,10 <sup>b</sup>
A4	19,2±0,33 <sup>b</sup>	3,2±0,27 <sup>bc</sup>	3,6±0,03 <sup>b</sup>	1,16±0,02 <sup>e</sup>	14,0±1,33 <sup>b</sup>
A5	17,9±0,45 <sup>cd</sup>	3,2±0,51 <sup>c</sup>	3,7±0,06 <sup>ab</sup>	1,23±0,04 <sup>cd</sup>	10,9±0,10 <sup>cd</sup>
A6	17,1±0,15 <sup>d</sup>	4,0±0,46 <sup>a</sup>	3,6±0,05 <sup>b</sup>	1,32±0,06 <sup>b</sup>	9,9±0,39 <sup>e</sup>
A7	18,9±0,26 <sup>bc</sup>	3,7±0,18 <sup>b</sup>	3,7±0,04 <sup>ab</sup>	1,37±0,02 <sup>a</sup>	10,7±0,02 <sup>d</sup>
p-valor	<0,0001	<0,0001	0,005	<0,0001	<0,0001

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A composição centesimal média do feijão cru, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) revela teores de 14% de umidade, 20% de proteína, 1,3% de lipídeos, 18,4% de fibra alimentar e 3,5% de cinzas. De acordo com os dados obtidos, o teor de proteína de feijão foi condizente com TACO (2011), com variação de 17,1 a 20,7%, evidenciando o alto teor de proteína desta leguminosa. O valor biológico, entretanto, é baixo quando consumido isoladamente, devido à baixa digestibilidade quanto ao reduzido teor e biodisponibilidade de aminoácidos sulfurados (EMBRAPA, 2010). A variabilidade no teor de proteína se dá em função do genótipo, do ambiente de cultivo e da interação genótipos por ambientes (BURATTO, 2009). A umidade do grão variou de 9,9 a 16,1%. A temperatura de armazenamento do feijão é um fator essencial para garantir a sua qualidade, uma vez que ela controla a taxa de atividade de água, sendo que em temperaturas baixas, a atividade metabólica do produto diminui, mesmo que a umidade seja grande, o que inibe o crescimento de microrganismos (RIGUEIRA et al., 2009). O teor de fibra bruta das amostras variou de 3,0 a 4,0%, sendo um resultado condizente com a literatura que cita uma média do teor de fibra bruta em cultivares de feijão preto de 4,37% (ELIAS et al., 2007). As diferenças

encontradas entre os feijões cultivados na região dos Campos Gerais sugerem que os valores da composição nutricional podem variar de acordo com o local de plantio e fatores ambientais.

### COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS AMIDOS

A constituição do amido, consiste praticamente de carboidratos (polissacarídeos), todavia, substâncias como minerais, proteínas e lipídeos estão presentes em sua composição. Os teores destas substâncias variam de acordo com a composição da planta e com o método e condições de extração e purificação aplicado. Embora em pequenas quantidades, estas substâncias interferem nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido (LEONEL; CEREDA, 2002). Deste modo, a pureza do amido pode ser expressa de acordo com os teores de cinzas, lipídeos e proteínas da matéria-prima proveniente do processo de extração. O resultado da composição centesimal do amido de feijão, está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da composição centesimal do amido das amostras de feijão Carioca cultivar Campos Gerais cultivadas na região dos Campos Gerais – PR

Amostra	Teor de Amido (g 100g <sup>-1</sup> )	Umidade (g 100g <sup>-1</sup> )	Cinzas (g 100g <sup>-1</sup> )	Proteína (g 100g <sup>-1</sup> )	Lipídeos (g 100g <sup>-1</sup> )
A1	92,74 ± 1,10 <sup>a</sup>	8,26 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,09 <sup>ab</sup>	0,32 ± 0,02 <sup>e</sup>
A2	92,20 ± 1,23 <sup>a</sup>	8,27 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>d</sup>	1,26 ± 0,11 <sup>ab</sup>	0,75 ± 0,01 <sup>b</sup>
A3	93,13 ± 0,63 <sup>a</sup>	8,25 ± 0,19 <sup>b</sup>	0,11 ± 0,02 <sup>ab</sup>	1,06 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,88 ± 0,02 <sup>a</sup>
A4	97,35 ± 0,70 <sup>b</sup>	8,19 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>bc</sup>	0,91 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,00 <sup>de</sup>
A5	95,36 ± 0,23 <sup>ba</sup>	8,4 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,00 <sup>bc</sup>	0,92 ± 0,10 <sup>ab</sup>	0,38 ± 0,02 <sup>de</sup>
A6	94,40 ± 2,99 <sup>ba</sup>	8,79 ± 0,21 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>cd</sup>	1,32 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,46 ± 0,03 <sup>c</sup>
A7	97,07 ± 0,80 <sup>b</sup>	8,42 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,03 ± 0,00 <sup>d</sup>	1,09 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,46 ± 0,03 <sup>cd</sup>
p-valor	0,034	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O teor total de amido variou de 92,20 a 97,35%. Os teores de proteínas, lipídeos e cinzas interferem nas características físico-químicas e também nas propriedades tecnológicas do amido (HOOVER et al., 2010). Um amido de alta pureza deve apresentar baixos teores de lipídeos e cinzas em sua composição e ausência de proteína aderida aos grânulos. Em cereais, a fração de lipídeos associada ao grânulo de amido pode alterar as propriedades deste polissacarídeo, interferindo na fixação de cor, no desenvolvimento de aromas e complexações

(BULÉON, 1998). De acordo com a Tabela 2 os teores de lipídeos apresentaram valores menores que 1%, sendo condizentes com Marquezi e colaboradores (2016), que obtiveram teores entre 0,52% e 0,9% de lipídeos, para o amido de feijão BRS Campeiro e BRS Embaixador, respectivamente. Neste estudo, a quantidade deste constituinte pode ser considerada baixa, tendo em vista que todos os amidos apresentaram um teor menor que 1% (MOORTHY, 2001). Assim, pode-se comprovar que o método e as condições de extração empregados foram capazes de garantir a obtenção de amido de alta pureza.

### TEOR DE AMILOSE

Segundo Lajolo e colaboradores (1996) a amilose é responsável pelo fenômeno de retrogradação. Habitualmente nos grânulos de amido, encontra-se um teor de amilose de 24 a 65%; com variação de acordo com a quantidade, tamanho, forma e modo de associação do grânulo. Na Tabela 3 pode-se observar o teor de amilose do amido extraído dos feijões.

Tabela 3 - Resultados expressos em base seca do teor de amilose do amido extraído dos feijões

Amostra	Amilose Total (g 100g <sup>-1</sup> )
A1	41,76 ± 1,33
A2	45,40 ± 3,36
A3	43,46 ± 3,02
A4	45,18 ± 1,75
A5	43,9 ± 2,49
A6	45,38 ± 0,22
A7	44,39 ± 0,16
p-valor	0,2886

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O conteúdo de amilose foi elevado, variando de 41,76 a 45,40%. Os resultados do teor de amilose não apresentaram diferença significativa entre as amostras. Marquezi e colaboradores (2016) encontraram valores entre 44,97 a 51,11% de amilose para amidos de diferentes cultivares de feijão.

### CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS AMIDOS

#### CLARIDADE DAS PASTAS

A claridade de pastas é uma característica de qualidade que influencia a aceitabilidade de um produto. A claridade de pastas relaciona-se com a tendência

à retrogradação do amido. Maiores teores de amilose no amido proporcionam pastas mais opacas enquanto teores menores resultam em pastas mais claras e mais transparentes. Outros fatores como, pH, presença de sais e o procedimento de solubilização também afetam a claridade das pastas (CEREDA, 2002). Os valores da claridade das pastas, em transmitância (%), para amidos obtidos de feijões cultivados na região dos Campos Gerais – PR, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da claridade das pastas, em transmitância (%), para amidos obtidos de feijões cultivados na região dos Campos Gerais – PR

Amostra	Transmitância (%)
A1	4,25 ± 0,17 <sup>a</sup>
A2	3,25 ± 0,13 <sup>b</sup>
A3	3,45 ± 0,21 <sup>b</sup>
A4	4,50 ± 0,16 <sup>a</sup>
A5	4,68 ± 0,17 <sup>a</sup>
A6	4,33 ± 0,39 <sup>a</sup>
A7	4,50 ± 0,34 <sup>a</sup>
p-valor	<0,0001

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os amidos apresentaram pastas com transmitância inferior a 5%. Figueroa et al., (2015) obteve pastas com claridade inferior a 4%, Bedin (2014) obteve pastas com transmitância de 6,09% para o feijão Carioca, 44% para o de batata doce e 38% para o de mandioca. Esta variação pode ser justificada pela composição dos vegetais e por suas propriedades tecnológicas, sobretudo a tendência a retrogradação e a proporção amilose:amilopectina (NOVELO-CEN; BETANCUR-ACONA, 2005; WATERSCHOOT et al., 2015).

#### PODER DE INCHAMENTO E SOLUBILIDADE

O poder de inchamento e solubilidade dos grânulos de amido depende do arranjo das moléculas de amilose e amilopectina. Os resultados obtidos para a solubilidade e o poder de inchamento dos grânulos nas temperaturas de 60, 70, 80 e 90 °C para os amidos de feijão são encontrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados do poder de inchamento e solubilidade dos grânulos de amido

Amostra	Inchamento (g/g)			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
A1	2,46 ± 0,13	2,70 ± 0,82	5,24 ± 1,21	11,41 ± 1,08 <sup>a</sup>
A2	2,86 ± 0,08	3,54 ± 0,23	5,99 ± 0,24	11,68 ± 0,77 <sup>a</sup>
A3	2,94 ± 0,19	3,61 ± 0,13	5,69 ± 0,51	10,75 ± 0,33 <sup>ab</sup>
A4	3,12 ± 0,29	3,34 ± 0,09	5,39 ± 0,25	10,98 ± 0,37 <sup>ab</sup>
A5	2,98 ± 0,26	3,39 ± 0,27	5,94 ± 0,18	9,20 ± 0,11 <sup>b</sup>
A6	3,08 ± 0,09	3,34 ± 0,11	5,78 ± 0,18	11,31 ± 0,15 <sup>ab</sup>
A7	2,96 ± 0,22	3,24 ± 0,14	6,99 ± 0,06	10,30 ± 0,25 <sup>ab</sup>
p-valor	0,129	0,318	0,142	0,030

Amostra	Solubilidade (%)			
	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
A1	2,50 ± 0,11 <sup>ab</sup>	2,68 ± 0,02 <sup>ab</sup>	4,31 ± 0,04 <sup>c</sup>	10,58 ± 0,04 <sup>a</sup>
A2	1,86 ± 0,14 <sup>cd</sup>	2,62 ± 0,26 <sup>ab</sup>	5,30 ± 0,12 <sup>a</sup>	10,63 ± 0,00 <sup>a</sup>
A3	2,23 ± 0,13 <sup>bc</sup>	2,42 ± 0,09 <sup>ab</sup>	4,90 ± 0,06 <sup>ab</sup>	8,80 ± 0,60 <sup>b</sup>
A4	2,94 ± 0,16 <sup>a</sup>	3,17 ± 0,11 <sup>a</sup>	4,27 ± 0,15 <sup>c</sup>	10,73 ± 0,13 <sup>a</sup>
A5	1,78 ± 0,10 <sup>cd</sup>	2,12 ± 0,09 <sup>b</sup>	4,53 ± 0,11 <sup>bc</sup>	8,54 ± 0,68 <sup>b</sup>
A6	1,60 ± 0,06 <sup>d</sup>	2,52 ± 0,23 <sup>ab</sup>	4,85 ± 0,14 <sup>b</sup>	9,99 ± 0,43 <sup>ab</sup>
A7	1,10 ± 0,05 <sup>e</sup>	2,40 ± 0,35 <sup>ab</sup>	4,30 ± 0,04 <sup>c</sup>	10,06 ± 0,22 <sup>ab</sup>
p-valor	<0,0001	0,022	<0,0001	0,003

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O poder de inchamento e a solubilidade mostram comportamento similar, pois ambos dependem do arranjo das moléculas de amilose e amilopectina nos grânulos de amido. Estes parâmetros variam de acordo com a fonte do amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos (SINGH et al., 2003). Observa-se que os amidos de feijão apresentaram menores valores para poder de inchamento e solubilidade na temperatura de 60 °C, porque não foi atingida a temperatura para completa gelatinização. E conforme a elevação de temperatura ocorreu um aumento gradual destas propriedades. As maiores variações de solubilidade com a elevação da temperatura foram apresentadas nas amostras A7 e A2, onde ocorreu um aumento de 8,96% e 8,77%, respectivamente, comparando-se as temperaturas de 60 °C e 90 °C. Para o poder de inchamento as maiores variações ocorreram para as amostras A1 e A2. Variações nesses parâmetros podem ocorrer devido a diferenças no teor de amilose, conteúdos lipídicos e interação entre as cadeias de

amilose e amilopectina (HOOVER; RATNAYAKE, 2002; RUPOLLO et al., 2011; OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011).

O teor de amilose proporciona a formação de zonas compactas e amorfas, as quais necessitam de maior energia térmica para serem quebradas, causando a saída de amilose e entrada de água no grânulo, resultando em seu inchamento. Na temperatura de 60 °C o poder de inchamento é limitado, mas a partir da temperatura de 70 °C torna-se mais pronunciado. Segundo Hoover e colaboradores (2010), o poder de inchamento e o teor de amilose lixiviada à 60 °C não são elevados em leguminosas amiláceas.

### RESISTÊNCIA A CICLOS DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO (SINÉRESE)

O comportamento das pastas e géis aos ciclos de congelamento e descongelamento é um aspecto importante na qualidade dos amidos, pois indica a resistência às mudanças físicas que ocorrem durante o congelamento e descongelamento, principalmente quando aplicados em alimentos que passam por processos de refrigeração ou congelamento (MUADKLAY; CHAROENREIN, 2008).

A liberação de água dos géis ou pastas de amido ocorre através de resfriamento ou congelamento e descongelamento, em um fenômeno denominado sinérese (HOOVER; RATNAYAKE, 2002). A estabilidade das pastas ou géis de amido pode ser afetada pela velocidade de congelamento, o número de ciclos, o modo de preparo da amostra, a origem botânica do amido, o conteúdo de amilose e a concentração do amido (APLEVICZ; DEMIATE, 2007; HOOVER et al., 2010).

Quando géis ou pastas de amido são submetidos ao congelamento ocorre a formação de cristais de gelo com separação de fases. A velocidade do congelamento interfere na formação de cristais maiores ou menores, afetando a estrutura do gel. Durante o descongelamento o amido não absorve a água, havendo formação de duas fases: uma aquosa e outra esponjosa, formada pelas cadeias de amilose e amilopectina (APLEVICZ; DEMIATE, 2007; WATERSCHOOT et al., 2015). As amostras de amido de feijão Carioca, após terem sido gelatinizadas,

foram submetidas a três ciclos de congelamento e descongelamento. Os resultados são expressos em porcentagem e podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados de sinérese obtida para as diferentes amostras de amido de feijão gelatinizadas e submetidas a três ciclos de congelamento e descongelamento

Amostra	Ciclo 1 (%)	Ciclo 2 (%)	Ciclo 3 (%)	Amostra
A1	50,25 ± 0,76	57,46 ± 0,51	47,30 ± 1,04 <sup>b</sup>	
A2	50,21 ± 0,47	55,44 ± 1,11	55,74 ± 0,17 <sup>a</sup>	
A3	49,66 ± 1,70	54,68 ± 2,20	57,53 ± 2,63 <sup>a</sup>	
A4	51,34 ± 0,00	53,93 ± 1,04	54,84 ± 1,48 <sup>a</sup>	
A5	52,84 ± 2,17	55,56 ± 1,94	57,03 ± 2,47 <sup>a</sup>	
A6	53,71 ± 0,13	54,26 ± 0,82	57,03 ± 0,42 <sup>a</sup>	
A7	52,62 ± 1,39	53,99 ± 0,15	56,87 ± 1,19 <sup>a</sup>	
p-valor	0,073	0,222	0,003	

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Exceto a amostra A1, os amidos de feijão apresentaram aumento gradual de sinérese com o aumento dos ciclos. Pode-se afirmar que o ciclo 2 apresentou uma maior liberação de água em relação ao ciclo 1 para todas as amostras. Assim como o ciclo 3, que apresentou variações maiores de liberação de água para as amostras.

Em comparação a outros estudos, observa-se que de um modo geral, os amidos de feijão e outras leguminosas amiláceas apresentam maiores percentuais de sinérese que amidos de cereais (HOOVER et al., 2010). A liberação de água para o amido de feijão (*Phaseolus lunatus*) foi maior em relação ao de mandioca (*Manihot esculenta*) na pesquisa realizada por Novelo-Cen e Batancur-Ancona (2005). De acordo com Hoover e Ratnayake (2002) As diferentes fontes de amido mostram comportamentos diferentes em relação à estrutura da amilose, interferindo nos percentuais de liberação de água dos géis de amido.

#### PROPRIEDADES DE PASTA

As propriedades de pasta foram avaliadas no Rápido Visco Analisador (RVA-4). Os resultados da análise feita no Rápido Visco Analisador (RVA4), para os parâmetros de viscosidade máxima, breakdown (resistência a agitação mecânica), setback (tendência a retrogradação), temperatura de gelatinização e a viscosidade no final da análise, após o resfriamento estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da análise viscoamilográfica em RVA

Amostra	Viscosidade (cP)					Temp de Pasta (°C)
	Máx.	Mín.	Quebra	Final	Retr.	
A1	1923 ± 53,7 <sup>a</sup>	1506,5 ± 61,5 <sup>ab</sup>	416,5 ± 7,8	2563,5 ± 71,4	1057 ± 9,9	79,95 ± 0,0 <sup>bc</sup>
A2	1979,5 ± 30,4 <sup>a</sup>	1719,5 ± 3,5 <sup>a</sup>	260 ± 33,9	2375,5 ± 481,5	656 ± 485,1	80,35 ± 0,1 <sup>c</sup>
A3	1799 ± 179,6 <sup>ab</sup>	1463,5 ± 150,6 <sup>ab</sup>	335,5 ± 29,0	2383,5 ± 234,1	920 ± 83,4	81,5 ± 0,4 <sup>a</sup>
A4	1540 ± 9,9 <sup>b</sup>	1360,5 ± 3,5 <sup>b</sup>	179,5 ± 6,4	2318 ± 31,1	957,5 ± 27,6	80,25 ± 0,4 <sup>c</sup>
A5	1568 ± 42,4 <sup>b</sup>	1324 ± 66,5 <sup>b</sup>	635 ± 528,0	2392 ± 17	1068 ± 83,4	80,4 ± 0,1 <sup>c</sup>
A6	1542,5 ± 85,6 <sup>b</sup>	1332,5 ± 57,3 <sup>b</sup>	210 ± 28,3	2287,5 ± 137,9	955 ± 80,6	80,4 ± 0,0 <sup>c</sup>
A7	1973 ± 14,1 <sup>a</sup>	1720 ± 36,8 <sup>a</sup>	253 ± 22,6	2923 ± 21,2	1203 ± 15,6	79,2 ± 0,1 <sup>b</sup>
p-valor	0,001	0,002	0,395	0,165	0,283	0,000

Nota: máx.-máxima; mín.-mínima; retr.- retrogradação; temp.- temperatura; p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A análise de propriedades de pasta fornece curvas de viscosidade aparente para uma suspensão de amido submetido à agitação, aquecimento e resfriamento, a uma taxa de temperatura controlada (HECK et al., 2011), permitindo avaliar as características da pasta formada, em consequência das modificações estruturais das moléculas de amido, e de outros componentes (LUSTOSA, LEONEL, 2010).

Os amidos de leguminosas possuem temperatura de pasta elevada, ausência de pico de viscosidade, aumento da viscosidade durante o período em que a temperatura permanece constante a 95 °C e alta retrogradação (HOOVER et al., 2010).

A viscosidade máxima revela o pico de inchamento dos grânulos de amido, sendo importante para a avaliação da fluidez da pasta. Depende da estrutura dos grânulos de amido e da proporção de amilose e amilopectina. Este parâmetro é importante pois pode interferir tanto nos equipamentos a serem utilizados e/ou dimensionados numa linha de produção quanto nas características do produto final em que o amido é empregado. Através dos gráficos pode-se observar que os amidos de feijão apresentaram diferentes comportamentos de viscosidade. As

divergências nos valores ocorrem devido ao poder de inchamento dos grânulos, cristalinidade, teor de amilose e a organização das cadeias de amilose e amilopectina no grânulo (RUPOLLO et al., 2011; OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011).

Os amidos apresentaram valores de viscosidade final maiores que o pico máximo, devido à elevada tendência a retrogradação. O breakdown é o resultado da diferença entre a viscosidade máxima e mínima da pasta, ocorrendo a quebra de viscosidade, possibilitando avaliar a estabilidade do amido a altas temperaturas, onde seus grânulos se rompem sob agitação. A amostra A1 apresentou o maior valor para este parâmetro, sendo a mais estável a altas temperaturas, enquanto a amostra A4 apresentou o menor valor, sendo a mais sensível a altas temperaturas. O setback é o parâmetro usado para prever a tendência a retrogradação, por meio da diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima de pasta; permite, portanto, avaliar a tendência de aumento da viscosidade durante o resfriamento.

#### CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

A Tabela 8 apresenta as propriedades térmicas medidas em DSC para os amidos de feijão cultivado na região dos Campos Gerais - PR.

Tabela 8 - Resultados dos parâmetros analisados em DSC

Amostra	Inchamento (g/g)			
	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH (J.g <sup>-1</sup> )
A1	68,7 ± 0,05 <sup>ab</sup>	75,4 ± 0,1 <sup>a</sup>	81,3 ± 0,1 <sup>ab</sup>	9,3 ± 0,1 <sup>ab</sup>
A2	67,3 ± 0,1 <sup>bc</sup>	75,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	81,2 ± 0,2 <sup>ab</sup>	10,1 ± 0,7 <sup>a</sup>
A3	69,2 ± 0,6 <sup>a</sup>	75,5 ± 0,1 <sup>a</sup>	80,0 ± 0,2 <sup>c</sup>	8,2 ± 0,4 <sup>ab</sup>
A4	68,0 ± 0,1 <sup>ab</sup>	74,5 ± 0,1 <sup>c</sup>	82,1 ± 0,6 <sup>a</sup>	8,6 ± 0,2 <sup>ab</sup>
A5	66,0 ± 0,4 <sup>c</sup>	75,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	81,6 ± 0,0 <sup>a</sup>	9,5 ± 0,5 <sup>ab</sup>
A6	68,1 ± 0,1 <sup>ab</sup>	74,1 ± 0,1 <sup>d</sup>	81,6 ± 0,1 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,4 <sup>b</sup>
A7	68,1 ± 0,0 <sup>ab</sup>	75,1 ± 0,1 <sup>b</sup>	80,5 ± 0,1 <sup>bc</sup>	8,5 ± 0,4 <sup>ab</sup>
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir da análise por DSC pode-se verificar o fluxo de calor necessário para que ocorra a gelatinização dos grânulos de amido, que é representado através de picos endotérmicos em uma faixa característica para cada fonte botânica (IONASHIRO, 2014; LEVER et al., 2014), bem como a energia e as temperaturas envolvidas no processo.

O processo de gelatinização teve início em temperaturas próximas 66 °C, os picos de gelatinização ocorreram em torno de 74 °C e o término do evento em temperaturas de até 82 °C. Diversos fatores influenciam a temperatura de gelatinização, tais como a organização molecular da amilopectina, a formação de complexos lipídicos, o grau de cristalinidade e a proporção de regiões cristalinas no interior do grânulo (APRIANITA, 2014; BEDIN, 2014). Foram observadas variações de entalpia de gelatinização, onde a amostra 2 apresentou o maior  $\Delta H$ , enquanto a amostra 6 apresentou menor valor para este parâmetro. Esta variação pode ser justificada pela proporção de amilose e amilopectina, capacidade de difusão e absorção de água (HOOVER et al., 2010; AMBIGAIPALAN et al., 2011).

### DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Os padrões de raios X, podem ser classificados de acordo com os picos de maior intensidade. Esta classificação baseia-se, de modo geral, em três grupos, tipo A, B e C. Os amidos de cereais se enquadram no tipo A, enquanto amidos de tubérculos e cereais com alto valor de amilose pertencem ao grupo B, e os de leguminosas, como o feijão, são classificados como tipo C (HOOVER et al., 2010; RUPOLLO et al., 2011). Para determinação do índice de cristalinidade relativa foram calculadas a área total e a área dos picos dos difratogramas de raio X (área total e área cristalina). Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados do índice de cristalinidade relativa (IC) dos amidos de feijão

Amostra	IC (%)
A1	30,26 ± 0,59 <sup>ab</sup>
A2	27,77 ± 0,66 <sup>bc</sup>
A3	26,75 ± 0,98 <sup>c</sup>
A4	32,32 ± 0,98 <sup>a</sup>
A5	26,83 ± 1,67 <sup>c</sup>
A6	27,93 ± 1,55 <sup>bc</sup>
A7	25,00 ± 1,59 <sup>c</sup>
p-valor	<0,0001

Nota: p-valor: nível de significância de 95%. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre as amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

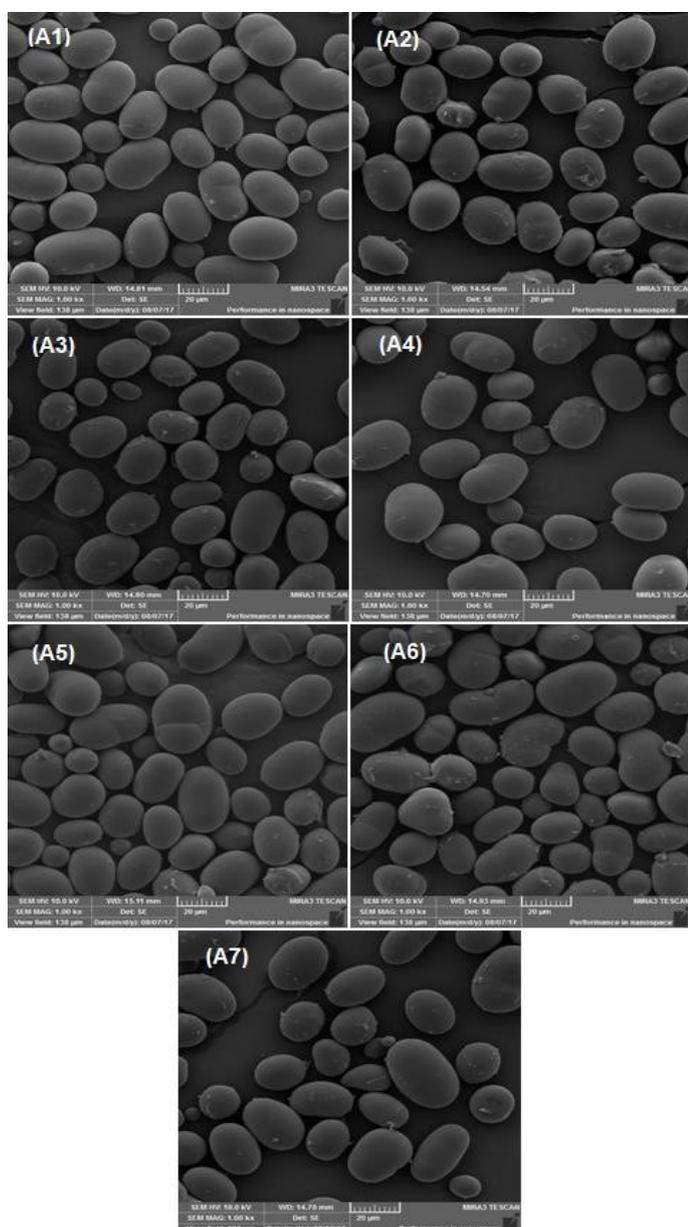
Pode-se afirmar que o amido de feijão da amostra 4 obteve o maior índice de cristalinidade e o menor valor foi apresentado pela amostra 7. Além disto, observa-se que houve diferença significativa entre as amostras para o índice de

crystalinity. Este índice é determinado de acordo com o tamanho e quantidade de cristais (AMBIGAIPALAN et al., 2011).

### MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Através das microimagens obtidas pelo MEV (Figura 1) pode-se observar que os grânulos de amido apresentam superfícies lisas, formas e tamanhos variados, contudo, pode-se perceber algumas fissuras nos grânulos.

Figura 1 - Imagens da microscopia eletrônica de varredura para os amidos de feijão Carioca cultivar Campos Gerais cultivadas na região dos Campos Gerais – PR (Ampliação de 1.000x)



Em um estudo análogo realizado por Ambigaipalan et al. (2011) foi possível observar comportamento similar, onde, também se observou a presença de fendas nos grânulos de amido de feijão de fava (*Vicia faba*), alegando-se que o alto teor de amilose reflete na integridade do grânulo, podendo gerar algumas quebras.

Segundo Hoover et al. (2010), grande parte dos grânulos de amido de leguminosas apresentam formatos ovais, elípticos, esféricos e irregulares e com superfícies lisas.

### CONCLUSÕES

De modo geral, a composição das diferentes amostras de feijão Carioca, revelou alto valor nutritivo, quanto ao teor proteico e de fibra alimentar. Além disto a cultivar Campos Gerais apresentou um baixo conteúdo de lipídeos, o que sugere a possibilidade de se desenvolver produtos à base de feijão ricos em proteínas e fibras e com baixo teor de gordura, podendo utilizar a farinha de feijão como complemento da farinha de trigo, desenvolvendo produtos de panificação com alto valor nutritivo.

A partir da extração do amido do feijão Carioca, obteve-se um amido de alta pureza, devido ao baixo teor de cinzas, de lipídeos e de proteínas. Os resultados das propriedades de pasta revelaram alta tendência a retrogradação e baixo valor de quebra de viscosidade.

Os grânulos dos amidos de feijão apresentaram semelhanças quando visualizados por microscopia eletrônica de varredura. O poder de inchamento e a solubilidade mostram comportamento similar, os amidos de feijão apresentaram menores valores para poder de inchamento e solubilidade na temperatura de 60 °C, porque não foi atingida a temperatura para completa gelatinização e de acordo com a elevação de temperatura, para 70 °C, 80 °C e 90 °C ocorreu um aumento gradual destas propriedades.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela estrutura fornecida. A CAPES pelo suporte financeiro.

# Physical-chemical characterization of carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the technological properties of its starch fraction

## ABSTRACT

Common beans, derived from *Phaseolus vulgaris* L., are a source of protein, carbohydrates, fiber, vitamins and minerals. However, the composition of these macronutrients varies according to cultivation area, soil, irrigation, fertilization and storage conditions. The main components of beans include starch, the energy reserve polysaccharide of most plants. Despite its high nutritional value, application as an agroindustrial raw material for the elaboration of new products is still limited. The objective of this study was to characterize Carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivated in the Campos Gerais region considering physical and chemical aspects and to characterize their starch physically and chemically. The proximate composition of beans cultivated in Campos Gerais - PR confirmed their nutritional importance, especially in terms of protein content. The evaluated technological properties were paste clarity, resistance to freezing and thawing cycles, expansion, swelling power and solubility, visco-amylographic (RVA) and thermal (DSC) properties. Starches had a maximum solubility index of 12.3 % at 90 °C. The pastes presented clarities close to 5 % transmittance, and syneresis around 55 %.

**KEYWORDS:** *Phaseolus vulgaris* L., starch, technological properties.

## REFERÊNCIAS

AMBIGAIPALAN, P. et al. Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. **Food Research International**, v. 44, n. 9, p. 2962-2974, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.006>

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilizados em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 478-484, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000300009>

APRIANITA, Aprianita et al. Physicochemical properties of flours and starches derived from traditional Indonesian tubers and roots. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 12, p. 3669-3679, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0915-5>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 17th Ed, Washington, DC, 2002, VII.

BEDIN, A. C. **Caracterização de misturas de amidos de feijão e tuberosas (mandioca e batata-doce) e sua aplicação na obtenção de biofilmes**. 2014, 147 fls. Tese (Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014

BONETT, Lucimar Pereira et al. Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 11, n. 3, 2007.

BOYE, J.; ZARE, F.; PLETCH, A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. **Food Research International**, v. 43, p. 414-431, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>

BURATTO, J. S. Variabilidade genética e efeito do ambiente para teor de proteína em grãos de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p 593- 597, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.910>

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 221 p. (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas).

CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Characterization of pinhão starch. part i. extraction and properties of the starch granules. **Starch/ Stärke**, v. 37, p. 224- 227, 1985. <https://doi.org/10.1002/star.19850370704>

CHIBBAR, R. N.; AMBIGAIPALAN, P.; HOOVER, R. Molecular diversity in pulse seed starch and complex carbohydrates and its role in human nutrition and health. **Cereal Chemistry**, v. 84, p. 342-352, 2010. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-87-4-0342>

DEMIATE, I. M.; KOTOVICZ, V. Cassava starch in the Brazilian food industry. **Food Science and Technology** (Campinas), v. 31, n. 2, p. 388-397, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000200017>

ELIAS, Haroldo Tavares et al. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1443-1449, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001000011>

EMBRAPA (2010). **Agência de Informação Embrapa: Feijão**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 16 jan. 2018.

FIGUEROA, Amanda Mileo et al. Caracterização das propriedades de pasta e térmicas de amidos de feijão Branco, Carioca, Fradinho e Preto. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 4, n. 3, p. 12-16, 2015. <https://doi.org/10.18362/bjta.v4.i3.197>

GOMES, José Carlos et al. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Revista Ceres**, v. 53, n. 309, p. 548-558, 2006.

HECK, Rosane Teresinha et al. Propriedades Viscoamilográficas dos géis de amidos de arroz, pinhão e milho com diferentes teores de goma xantana. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 3, n. 2, 2011.

HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. **Food research international**, v. 43, n. 2, p. 399-413, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.001>

HOOVER, R.; RATNAYAKE, W. S. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. **Food Chemistry**, v. 78, p. 489-498, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00163-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00163-2)

IONASHIRO, M.; CAIRES, F. J.; GOMES, D. J. C. **Giolito: Fundamentos da Termogravimetria e Análise Térmica Diferencial/Calorimetria Exploratória Diferencial**. São Paulo: Giz Editorial, 2014, Ed. 2, 192 p.

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

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000100012>

LEVER, Trevor et al. ICTAC nomenclature of thermal analysis (IUPAC Recommendations 2014). **Pure and Applied Chemistry**, v. 86, n. 4, p. 545-553, 2014. <https://doi.org/10.1515/pac-2012-0609>

MARQUEZI, M. **Características físico-químicas e avaliação das propriedades tecnológicas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2013, 115 fls. Tese (Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARQUEZI, Milene et al. Physical and chemical properties of starch and flour from different common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0516>

MUADKLAY, J.; CHAROENREIN, S. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze-thaw stability of tapioca starch gels. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 7, p. 1268–1272, out.2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.008>

NALEPA, K. C.; FERREIRA, S. M. R. Avaliação da qualidade do feijão preto. **Demetra: Alimentação, Nutrição e Saúde**, v. 8, p. 115-124, 2013. <https://doi.org/10.12957/demetra.2013.5984>

NOVELO-CEN, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Chemical and Functional Properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* Starch Blends. **Starch/ Stärke**, v. 57, p. 431–441, 2005. <https://doi.org/10.1002/star.200500398>

OVANDO-MARTÍNEZ, Maribel et al. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. **Carbohydrate polymers**, v. 85, n. 1, p. 54-64, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.043>

PROLLA, Ivo Roberto Dorneles et al. Cultivar, harvest year, and storage conditions affecting nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Food Science and Technology**, v. 30, p. 96-102, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500016>

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, p.649-655, 2009.

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

<https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300018>

RUPOLLO, Galileu et al. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 3, p. 1403-1409, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.055>

SCHOCH, T. J. Swelling power and solubility of granular starches. In: WHISTLER, R.L. **Methods in Carbohydrate Chemistry: Starch**. New York: Academic Press, 4, 106-109, 1964.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; CANNIATI BRAZACA, S. G. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 4, p. 591-598, 2009.

SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, n.219-231, 2003.

[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00416-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00416-8)

**Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) / NEPA-UNICAMP. Versão II.** Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2. ed. 2011.

WATERSCHOOT, Jasmien et al. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. **Starch-Stärke**, v. 67, n. 1-2, p. 14-29, 2015. <https://doi.org/10.1002/star.201300238>

**Recebido:** 29 set. 2020

**Aprovado:** 01 mar. 2021.

**Publicado:** 08 set. 2021.

**DOI:** 10.3895/rbta.v15n1.12699

**Como citar:**

RONKO, Letícia et al. Caracterização físico-química de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) e das propriedades tecnológicas de sua fração amido. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, v. 15, n. 1, p. 3534-3555, jan./jun. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Letícia Zander Ronko

Rua Abreu de Lima, nº 43 – Uvaranas – Ponta Grossa, Paraná. CEP: 84025-140

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

