

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO

**CONTEÚDO E DIGESTIBILIDADE DO AMIDO DE
ARROZ VERMELHO E FEIJÃO VERDE**

ISAIANE MEDEIROS

NATAL/RN
2016

ISAIANE MEDEIROS

**CONTEÚDO E DIGESTIBILIDADE DO AMIDO DE
ARROZ VERMELHO E FEIJÃO VERDE**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Nutrição da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
como requerimento final para obtenção do grau
de Nutricionista.*

Orientadora: Prof^a Dr^a Nély Holland

NATAL/RN
2016

ISAIANE MEDEIROS

CONTEÚDO E DIGESTIBILIDADE DO AMIDO DE ARROZ VERMELHO E FEIJÃO VERDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Nutrição da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito final para obtenção do grau de
Nutricionista

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dra. Nély Holland
Orientadora

Prof^ª Dra. Bruna Leal Lima Maciel

Prof^ª Dra. Renata Alexandra Moreira das Neves

Natal, _____ de _____ de 2016

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Eliete e Elson, por mesmo distantes se fazem presentes o tempo todo me apoiando, e a minha irmã, Isadora, por ter paciência e me entender nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo que Ele me tem proporcionado, por conduzir todos os meus passos me dando forças para seguir em frente com todos os objetivos de vida.

Aos meus pais e irmã por se fazerem presentes, mesmo que distante, por terem sempre me conduzido ao caminho da bondade e do amor, por todos os ensinamentos ao longo desses anos, por me esperarem com paciência e compreenderem minha ausência durante algumas férias, e por ser exemplo de luta diária.

À Pablo, meu primo, quem mesmo não conhecendo sobre o assunto do projeto me ajudou durante o período de construção deste trabalho com suas opiniões e cuidados.

À tia Adailce e Miranda pela segurança, tranquilidade e cuidado que me passaram durante os três anos de morada em sua casa.

À professora Nély Holland, pelas orientações e paciência ao longo desses mais de dois anos de graduação. Agradeço também por todas as oportunidades a mim concedidas, pela confiança depositada e pela construção perfeccionista deste projeto, minha sincera gratidão.

Às professoras Bruna e Renata por aceitarem participar da banca julgadora e, principalmente, pelas valiosas contribuições na apresentação do projeto de TCC.

À Larissa, minha companheira de pesquisa e amiga, pelo companheirismo e dedicação no decorrer desses anos de trabalho árduo, sempre me incentivando e ajudando nas análises.

À Jéssica, técnica do laboratório de Análise de Alimentos, quem me acompanhou e ajudou desde o início das análises.

O Senhor é a minha luz e a minha salvação;

A quem temerei?

O Senhor é a força da minha vida;

De quem me recearei?

(Salmo 27:1)

“Há sempre algo para nos tirar a paz...

Mas há sempre Deus para nos devolvê-la...”

(Carmem dos Santos)

MEDEIROS, Isaiane. **Conteúdo e digestibilidade do amido de arroz vermelho e feijão verde**. 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Curso de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

RESUMO

No Rio Grande do Norte, dentre os pratos típicos, encontram-se o arroz de leite preparado com arroz vermelho e o feijão verde. Estas preparações são ricas em amido, fonte de energia quando digerido, e de amido resistente (AR), fração não digerida, com propriedades benéficas similares as fibras alimentares. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o conteúdo e digestibilidade *in vitro* do amido de preparações de arroz vermelho e feijão verde. As amostras de arroz vermelho e feijão verde foram obtidas no mercado de Natal/RN e preparadas de acordo com o costume local. O arroz vermelho foi cozido com água (AA) e com água e leite (AL). As amostras cozidas de arroz e feijão verde (FV) foram secas em estufa com ventilação a 75°C por cerca de 18 horas e triturados em moinho. Foram realizadas análises de determinação de amido total, determinação de amilose, e digestibilidade *in vitro* do amido. Os conteúdos para amido total de AL, AA e FV foram de 81,44; 77,61 e 75,51 g/100g, respectivamente, porém não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as três preparações. Verificou-se um conteúdo de amilose de 9,89 g/100g para AL, 13,66 g/100g para AA superiores ($p < 0,05$) ao do FV com 5,60 g/100g. O FV apresentou valor inicial de digestibilidade *in vitro* de 83,16% de amido hidrolisado aos 30 minutos, superior ao das preparações de arroz, sendo para o AA de 71,28% e o AL de 61,41%. Quando comparadas as três preparações aos 30 minutos (amido rapidamente digerido) e 120 minutos (amido lentamente digerido), verifica-se que o FV apresentou valor de digestibilidade do amido superior ($p < 0,05$) ao do AL, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) aos 180 minutos (AR) entre as preparações. Em relação às preparações e os tempos de digestibilidade verifica-se que o FV apresentou valores mais próximos, com uma digestibilidade mais rápida e com um aumento somente aos 180 minutos, porém não apresentou diferença significativa, assim como o AL. Para a preparação de AA houve diferença significativa entre o tempo 30 e tempos 150 e 180, ou seja, o AA parece ter apresentado um retardo na digestibilidade do amido durante os tempos analisados. Para o AR teórico, verificou-se que o AL, AA e FV apresentaram, respectivamente, 22,69, 10,72 e 5,43 g/100g. Portanto, o conteúdo de amido total foi um pouco maior para as preparações de arroz que a de FV. O AA e o AL apresentaram maior conteúdo de amilose que o FV. Esse maior conteúdo de amilose do arroz vermelho pode ter influenciado em uma maior retrogradação do amido e esta ocasionou menor digestibilidade deste, em comparação ao FV, resultando em maior conteúdo de AR. O consumo de alimentos regionais como o feijão verde e arroz vermelho deve ser incentivado, por serem fontes de nutrientes e devido à contribuição, principalmente do arroz vermelho, em relação à presença de AR na dieta. Contudo, são necessários mais estudos acerca do tema e os mesmos deveriam se expandir para ensaios *in vivo* para melhor comprovação dos efeitos benéficos.

Descritores: Arroz vermelho; Feijão verde; Digestibilidade; Amido resistente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Grãos de arroz vermelho.....	14
Figura 2 - Grãos de feijão verde.....	16
Figura 3 - Estrutura química de amilose (a) e amilopectina (b).....	18
Figura 4 - Processo de gelatinização do amido.....	19
Figura 5 - Processo de retrogradação do amido.....	20
Figura 6 - Diagrama dos efeitos benéficos do amido resistente.....	24
Figura 7 - Fluxograma da determinação de amido total.....	27
Figura 8 - Fluxograma da determinação do conteúdo de amilose.....	29
Figura 9 - Fluxograma da digestibilidade <i>in vitro</i> do amido.....	31
Tabela 1. Amido total e amilose, em base seca, de preparações de arroz vermelho e feijão verde.....	33
Tabela 2. Digestibilidade <i>in vitro</i> das preparações estudadas, expressa em amido digerido.....	35
Figura 10 – Curvas das porcentagens de amido hidrolisado de arroz de leite, arroz cozido na água e feijão verde.....	36
Tabela 3. Amido resistente de preparações de arroz vermelho e feijão verde.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 HÁBITOS ALIMENTARES POTIGUARES: ARROZ VERMELHO E FEIJÃO VERDE.....	13
3.1.1 Arroz vermelho	13
3.1.2 Feijão verde	15
3.2 AMIDO.....	17
3.3 AMIDO RESISTENTE	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 MATERIAIS	25
4.1.1 Preparo do arroz de leite e feijão verde.....	25
4.2 MÉTODOS	26
4.2.1 Análises químicas.....	26
4.2.1.1 <i>Determinação de Amido Total.....</i>	26
4.2.1.2 <i>Determinação de Amilose.....</i>	28
4.2.1.3 <i>Digestibilidade in vitro do amido.....</i>	30
4.2.1.4 <i>Determinação de amido resistente</i>	32
4.2.1.5 <i>Análise estatística.....</i>	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6. CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

Desde há muitos anos o arroz e o feijão vêm figurando como alimentos base para a alimentação de diversas populações no mundo, dentre elas a brasileira, sendo o consumo diário *per capita* no país cerca de 160,30g e 182,90g, respectivamente (BRASIL, 2011). Segundo CONAB (2013), a produção mundial de arroz na safra 2011/2012 foi de 466,19 milhões de toneladas, sendo o Brasil o maior consumidor comparando com países do Mercosul que são produtores e o segundo maior produtor e consumidor mundial de feijão, atrás apenas da Índia. “O mercado mundial de feijão movimenta, por ano, aproximadamente 20 milhões de toneladas da leguminosa” (CTSBF, 2012).

O arroz é o principal representante do grupo dos cereais no Brasil. O consumo mais frequente é na mistura com o feijão. Mas, sendo um alimento extremamente versátil, é também consumido em preparações com legumes, verduras, ovos e carnes, como em vários tipos de risoto, arroz à grega, arroz de cuxá, arroz carreteiro, galinhada, Maria Izabel e arroz de leite. O arroz também é ingrediente de doces tradicionais brasileiros como o arroz-doce (BRASIL, 2014). Segundo Walter; Marchezan; Avila (2008), esse componente alimentar é uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo teores menores de proteínas, minerais, vitaminas, lipídeos e fibras.

De acordo com Wander et al. (2007), as leguminosas quando cozidas, contém 6% a 11% de proteína. Os feijões contém ainda carboidratos complexos (amido) e são ricos em fibra alimentar, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio e outros minerais, bem como em compostos bioativos (inibidores de proteases). Contêm pequenas quantidades de lipídios, quase todos do tipo insaturados.

Dentre os pratos típicos do Rio Grande do Norte (RN), encontram-se o arroz de leite, que pode ser feito com arroz vermelho, e o feijão verde, preparações as quais contém proteínas, mas que se destacam na presença de carboidratos, como o amido. Este é classificado como homopolissacarídeos e pode ser composto por duas cadeias, a amilose e a amilopectina.

O amido quando digerido é fonte de energia e quando não digerido é conhecido como amido resistente (AR) o qual exerce funções semelhantes às fibras alimentares, como substrato de fermentação pra diversas bactérias intestinais, pois produzem gases e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), sendo por isso considerado agente prebiótico.

Alguns aspectos físico-químicos do amido podem afetar a sua digestibilidade em um alimento. De um modo geral, os principais fatores que podem interferir no aproveitamento deste polissacarídeo incluem: a sua origem botânica, a relação amilose/amilopectina, o grau de cristalinidade, a forma física e o tipo de processamento do amido, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (SKRABANJA; KREFT, 1998). A digestibilidade *in vitro* do amido pode mostrar o quanto ele é digerível e o período de tempo que isso ocorre, constituindo importante quantificação de amido lentamente digerível (ALD) e AR, os quais resultam em baixos índices glicêmicos (IG) (THARANATHAN; MAHADEVAMMA, 2003). O consumo desses alimentos de baixos IG pode prevenir diabetes, doenças cardíacas, doenças cardiovasculares, obesidade e até mesmo alguns tipos de câncer (RIZKALLA; BELLISLE; SLAMA, 2002).

Nos dias atuais, vem se observando uma modificação dos hábitos alimentares potiguares, como a substituição do arroz vermelho pelo arroz branco polido no preparo do arroz de leite. Portanto, torna-se importante um maior conhecimento da digestibilidade do amido de preparações do arroz vermelho e feijão verde, tradicionais do RN, a fim de verificar possíveis, componentes bioativos, como a presença de ALD e AR, visto que estudos nessa área são escassos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o conteúdo e digestibilidade *in vitro* do amido de preparações de arroz vermelho e feijão verde.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o conteúdo de amido e amilose de arroz vermelho e feijão verde cozidos;
- Determinar a digestibilidade *in vitro* do amido das preparações;
- Determinar o teor de amido resistente das preparações;
- Verificar a influência da preparação do arroz vermelho no conteúdo de amido e amilose.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HÁBITOS ALIMENTARES POTIGUARES: ARROZ VERMELHO E FEIJÃO VERDE

As práticas alimentares no Rio Grande do Norte distinguem-se intrarregionalmente, apesar de ser evidente a preponderância dos hábitos oriundos do sertão sobre a culinária tradicional, especialmente aquela apresentada na cidade do Natal, como típica potiguar, representada pela carne de sol e paçoca e seus acompanhamentos convencionais como arroz de leite, feijão verde e farofa d'água, além da macaxeira ou batata doce. Entretanto, apesar da preservação de práticas alimentares vinculadas aos valores arraigados e tradicionais, estas não constituem o hábito atual da maioria da população residente no RN, em especial nos maiores centros urbanos (MORAIS; SILVA, 2002).

O arroz de leite, um dos pratos mais famosos da região Nordeste, é tradicionalmente preparado com arroz vermelho cozido no leite (PEREIRA, 2004). O arroz vermelho, apesar de ser considerado invasor em lavouras de arroz branco, constitui um dos principais pratos da culinária de algumas regiões brasileiras como nos Vales dos Rios Piancó e do Peixe no Estado da Paraíba. Também é componente básico da dieta das populações que habitam grande parte do semiárido nordestino. É geralmente plantado em pequena escala por agricultores familiares e comercializado na feira livre das cidades (PEREIRA, 2004).

Quanto ao feijão verde, segundo Freire Filho et al. (2005b), é colhido quando as vagens estão bem intumescidas e começam a sofrer uma leve mudança de tonalidade, podendo ser comercializado na forma de vagens ou de grãos debulhados. De acordo com Freire Filho et al. (2005b), o consumo de feijão verde é uma tradição na região Nordeste brasileira, compondo vários pratos típicos e, por isso, tem se tornado uma importante fonte de emprego e renda em torno das cidades de médio e grande porte da região.

3.1.1 Arroz vermelho

Embora haja registros da existência de algumas espécies de arroz no período pré-colonial, tratava-se de um tipo de arroz selvagem, coletado pelos índios tupis, que não lhe davam muita importância (RIBEIRO, 1987). A introdução do cultivo do arroz deu-se, num primeiro momento, no norte do país, no Pará, em Pernambuco e, principalmente, no

Maranhão. Posteriormente, expandiu-se para o restante do país, até o Rio Grande do Sul (MACIEL, 2004).

A denominação “arroz vermelho” deve-se à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, devido ao acúmulo de tanino (OGAWA, 1992) ou de antocianina (PANTONE; BEKER, 1991). A manifestação da coloração vermelha do pericarpo do grão é proveniente de um par de genes (Rd e Rc) com dominância simples (PEDROSO, 1985). Segundo Walter (2009), “os grãos de arroz vermelho (Figura 1) apresentam geralmente menor comprimento, maior espessura e forma meio-alongada”. De acordo com Pereira (2004), “outra característica dos grãos é de se apresentarem pegajosos após o cozimento”.

Figura 1 - Grãos de arroz vermelho.



Fonte: foto de autoria própria (2015).

O arroz vermelho é um dos principais componentes da dieta das populações que habitam grande parte do semiárido nordestino brasileiro, sendo cultivada, principalmente, como lavoura de subsistência (MENEZES et al., 2011). De acordo com Pereira (2004), no Brasil, o arroz é cultivado principalmente na Região Nordeste nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia e Alagoas, e alguns municípios de Minas Gerais. Segundo IBGE (2012), esse componente alimentar da cesta básica brasileira tem apresentado uma produção relativamente estável nos últimos anos. Em 2012, foram produzidas 11.549.881 toneladas, -14,3% que o ano anterior, portanto uma queda significativa da safra.

Quanto ao aspecto nutricional, de acordo com Walter (2009), os grãos de arroz vermelho se destacam por apresentarem maior teor de proteínas, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco em relação ao arroz branco. Segundo Juliano (1993), os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Dentre estes, além do amido, que corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibras. Enquanto o endosperma é composto principalmente por

amido, o farelo e o gérmen apresentam principalmente fibras, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (JULIANO, 1993).

A concentração de amido no arroz pode variar devido a fatores genéticos e ambientais, como observado por Frei; Siddhuraju; Becker (2003), que obtiveram teores de amido entre 72 e 82% em arroz integral de diferentes cultivares. O processamento também influencia o percentual de amido, sendo este maior no arroz branco polido (87,58%) e no parboilizado polido (85,08%) comparado ao integral (74,12%), devido à remoção do farelo. Além das variações na concentração, são observadas diferenças na taxa e extensão da digestão do amido, que podem ser influenciadas pela variação na proporção amilose:amilopectina, processamento do grão, propriedades físico-químicas, tamanho de partícula e presença de complexos lipídio/amilose (GODDARD et al., 1984), afetando significativamente algumas respostas metabólicas importantes no organismo.

O arroz apresenta pequena quantidade de açúcares livres, localizados principalmente nas camadas externas do grão, sendo sua concentração afetada pela variedade, grau de polimento e processamento. Os principais açúcares no arroz são sacarose (aproximadamente 90%), glicose e frutose (MATSUO et al., 1995).

Além do arroz vermelho, o feijão verde também se destaca pela importante composição nutricional como os carboidratos do tipo amido.

3.1.2 Feijão verde

Segundo Kaplan (1965), o feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, é uma leguminosa originária de regiões da antiga cultura Inca, apresentando um alto teor proteico na composição centesimal.

Além de fazerem parte da alimentação dos europeus, os feijões estavam presentes, e com intensidade, na África, em geral os do gênero *Vigna*, como o feijão frade. No Brasil, predominou o gênero *Phaseolus*, de fácil cultivo, que passou a ser produzido de norte a sul, embora houvesse preferências regionais quanto ao tipo carioca, branco, vermelho, preto e outros (MACIEL, 2004). Segundo o IBGE (2012), a produção nacional de feijão obtida em 2012, considerando-se as três safras do produto, totalizou 2.794.854 toneladas, registrando uma diminuição de 18,6% frente ao ano anterior.

Se, em um primeiro momento, o feijão foi acompanhado por farinhas, em especial a de mandioca, a partir do século XVIII, quando a produção de arroz fica consolidada, a farinha é deslocada, mas ainda assim não se ausenta. De fato, a farinha de

mandioca é, ainda hoje, em algumas regiões, o segundo elemento do binômio e, mesmo onde o arroz se impôs, ela permaneceu como um terceiro elemento, dando ligadura aos dois outros (MACIEL, 2004).

O feijão comum constitui importante fonte proteica na dieta de enorme parcela da população mundial, em especial nos países onde o consumo de proteína animal é limitado, por razões econômicas ou religiosas e culturais. No Brasil é a principal leguminosa fornecedora de proteínas, fazendo parte da dieta diária das classes socioeconômicas menos favorecidas. Apesar do seu grande consumo, as proteínas presentes nesse alimento são de baixo valor biológico. Além de poder ocorrer produção de substâncias tóxicas e antinutricionais quando cru ou mal processado, mas esses efeitos podem ser amenizados durante a cocção do grão (ANTUNES et al., 1995).

De acordo com Maciel (2004), o feijão é conhecido em alguns lugares como "carne de pobre" pelo fato de ser um alimento rico em proteínas, carboidratos complexos, vitaminas, minerais e fibras. Essa leguminosa apresenta em sua constituição todos os aminoácidos essenciais, sendo rico inclusive em lisina. No entanto, ele é limitante em aminoácidos sulfurados – metionina e cisteína. Segundo Fonseca Marques; Borá (2000), por isso, a combinação com cereais, como o arroz limitante em lisina e presença de metionina, se faz necessária para que se obtenha uma alimentação adequada no que diz respeito aos requisitos nutricionais para aminoácidos.

Dentre os diferentes tipos de feijão, encontra-se o feijão verde (Figura 2), muito apreciado na região nordeste. De acordo com Freire Filho et al. (2007), a produção de feijão verde tem um grande potencial para a expansão do consumo, como também para processamento industrial. Todo o comércio é realizado em forma de vagem ou de grãos debulhados, sem nenhum processamento.

Figura 2 - Grãos de feijão verde.



Fonte: foto de autoria própria (2015).

O conceito de feijão verde não está bem claro e, por vezes, é difícil saber a qual tipo de feijão o autor está se referindo. Na verdade, o feijão verde corresponde às vagens em

torno do início da maturidade, ou seja, um pouco antes ou pouco depois do estágio em que as vagens param de acumular fotossintatos e iniciam o processo de desidratação natural. Esse estágio é fácil de ser reconhecido porque as vagens estão bem entumescidas e começam a sofrer uma leve mudança de tonalidade, quer sejam de cor verde ou de cor roxa. Nesse ponto o feijão é colhido e usado para o consumo ou comercializado na forma de vagem ou de grãos debulhados (FREIRE FILHO et al., 2005a). Esta leguminosa de nomenclatura de acordo com a região do país, podendo ser chamada de feijão de corda, feijão verde, feijão pardo, feijão de vara, feijão fradinho ou feijão macassar (EMBRAPA, 1984).

O feijão verde apresenta um importante papel na nutrição humana, por constituir uma fonte de proteínas, carboidratos, um alto teor de fibras alimentares, vitaminas do complexo B, minerais, polifenóis e baixa quantidade de lipídeos (IADEROZA, 1989; OLUWATOSIN, 1998). Dentre os carboidratos presentes no feijão, destacam-se o amido. Segundo Rosin; Lajolo; Menezes (2002) verificaram conteúdos de amido em feijão de 42,32g em 100g.

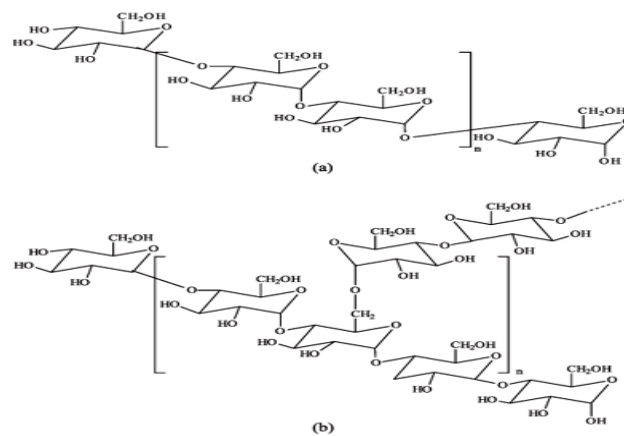
3.2 AMIDO

O conceito de carboidratos complexos tem sido modificado pelas recentes descobertas relacionadas aos seus efeitos fisiológicos e nutricionais. Neste grupo de nutrientes incluem-se o amido e os polissacarídeos não-amido, os quais possuem diferenças em suas estruturas químicas e em seus efeitos fisiológicos (LOBO; SILVA, 2003).

O amido é responsável por grande parte dos produtos processados na indústria e constitui a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana, cerca de 80-90% de todos os polissacarídeos da dieta (EERLINGEN; DELCOUR, 1995; FRANCO et al., 2002; LOBO e SILVA, 2003). Segundo Beninca (2008), o amido é, de todos os polissacarídeos, o único presente nos tecidos vegetais em pequenas unidades individuais denominadas de grânulos. Os grânulos de amido diferem entre si na forma, tamanho e outras características estruturais e tecnológicas de acordo com a fonte botânica (FRANCO et al., 2002).

“O amido é composto de amilose, essencialmente linear, e amilopectina, altamente ramificada” (ZHANG; SOFYAN; HAMAKER, 2008) (Figura 3). A amilose é um composto quase que completamente de ligações α (1-4) de D - glucopirranose, as moléculas tendem a formar estruturas helicoidais, existindo evidências de que a amilose apresenta-se como uma dupla hélice em solução e que pode existir nesse estado nos grânulos de amido (FENIMAN, 2004).

Figura 3 - Estrutura química de amilose (a) e amilopectina (b)



Fonte: Corradini et al. (2005).

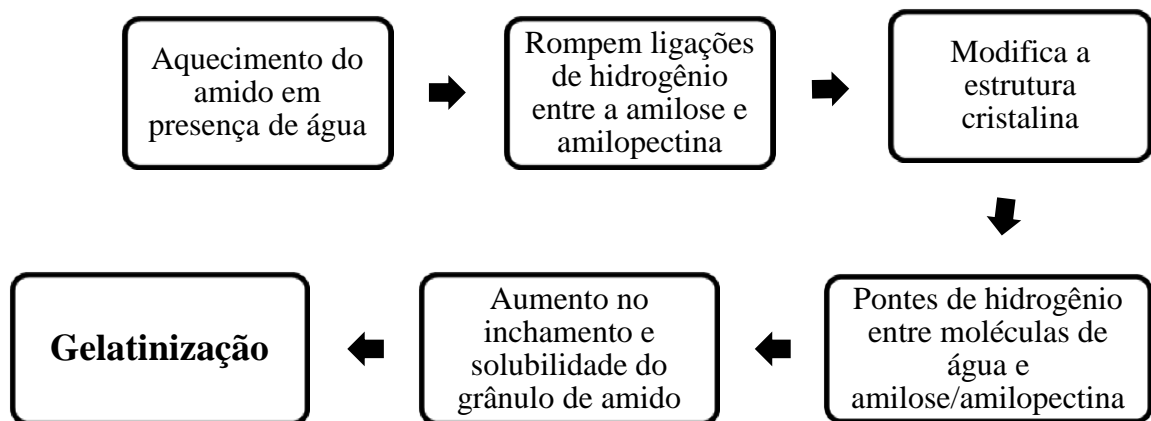
A amilopectina foi descrita por Zambrano; Camargo (2001) como uma grande molécula altamente ramificada. As moléculas de amido desenvolvem-se a partir de uma única unidade de α - D - glucopiranosil que são adicionadas sequencialmente, doadas pelas moléculas de adenosina difosfato glicose para produzir uma cadeia de unidades D - glucopiranosil unidas por ligações α (1-4). A ramificação da amilopectina se dá logo após uma cadeia linear de 40 a 50 unidades de glicose através de uma ligação α (1-6) e, depois disto, ambos os terminais não redutores podem continuar sendo alongados. Esses pontos de ligação das ramificações constituem 4 a 5% do total de ligações.

De acordo com Barros (1984), os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas compostas de macromoléculas arranjadas na direção radial. Quando a amilose e amilopectina estão associadas paralelamente, suas cadeias são mantidas juntas por ligações de hidrogênio, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas. Segundo Neto (2003), para que as macromoléculas formem cristais é preciso que exista um alto nível de organização molecular. Embora as regiões cristalinas ajam como reforçadoras da estrutura do amido, o excesso de cristalinidade pode resultar na fragilidade.

A estrutura cristalina depende do tipo e grau de associação intermolecular existente entre a amilose e a amilopectina (SINGH et al., 2003). Essa estrutura é destruída gradual e irreversivelmente durante o processo de gelatinização (HERNÁNDEZ-MEDINA et al., 2008), por isso, a temperatura de gelatinização é característica para cada tipo de amido e depende fundamentalmente da transição vítrea da fração amorfa do amido. Segundo Singh et al. (2003), quando as moléculas de amido são aquecidas em presença de água, a estrutura cristalina é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e

amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, o que causa um aumento no inchamento e na solubilidade do grânulo (Figura 4). Esse poder de inchamento e solubilidade varia de acordo com a fonte do amido, fornecendo evidências da interação entre as cadeias de amido dentro dos domínios amorfos e cristalinos. A extensão destas interações é influenciada pela proporção amilose:amilopectina e pelas características dessas moléculas (distribuição e peso molecular, grau e comprimento de ramificações e conformação).

Figura 4 - Processo de gelatinização do amido.



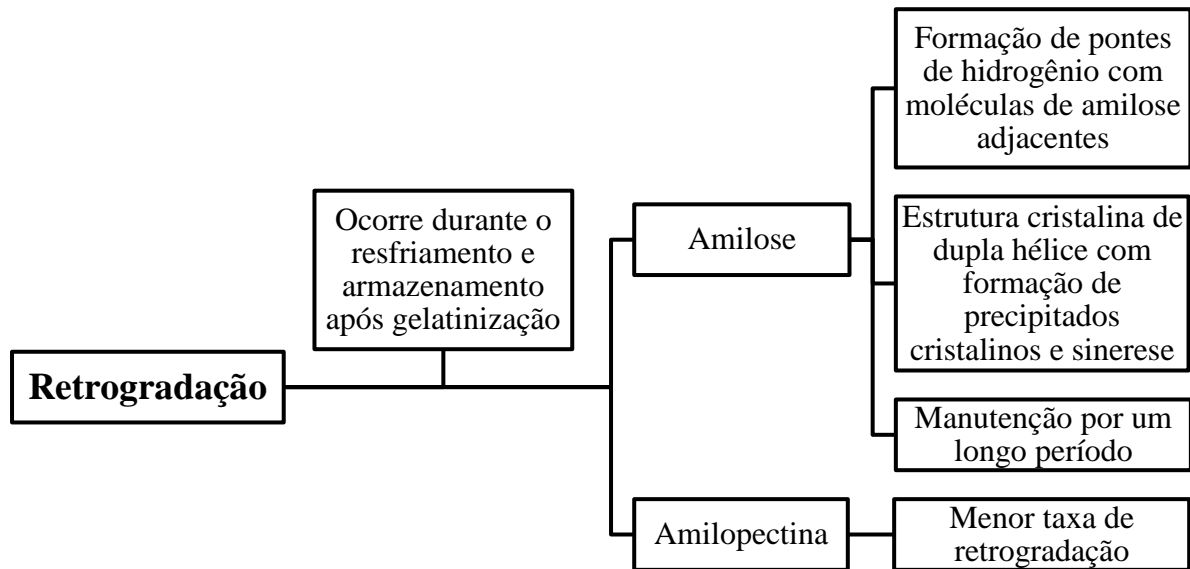
Atributo bem conhecido da amilose é sua habilidade de formar um gel depois do grânulo de amido ter sido cozido, isto é, gelatinizado. Este comportamento é evidente em certos amidos que contém maiores teores de amilose: amido de milho, trigo, arroz e particularmente amido de milho com alto teor de amilose, isolado de plantas híbridas de milho (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

Durante a cocção a amilopectina absorve muita água e é, em grande parte, responsável pela expansão do grânulo de amido. Assim, os grânulos ricos em amilopectina são mais fáceis de serem dissolvidos em água a 95° C que os que contêm muita amilose, estabelecendo a gelatinização dos grânulos. Devido ao aumento esférico as moléculas de amilopectina não têm tendência à recristalização e, portanto, possuem elevado poder de retenção de água (LEONEL; SARMENTO; CEREDA, 2002). Com a gelatinização, o amido torna-se mais facilmente acessível à ação das enzimas digestivas (LOBO; SILVA, 2003).

Quando é armazenado e resfriado, o amido gelatinizado pode sofrer um fenômeno denominado de retrogradação (Figura 5). Com o passar do tempo, as moléculas do amido vão perdendo energia e as ligações de hidrogênio tornam-se mais fortes, assim, as cadeias começam a reassociar-se num estado mais ordenado. Essa reassociação culmina com a formação de simples e duplas hélices, resultando no enredamento ou na formação de zonas

de junção entre as moléculas, formando áreas cristalinas. Como a área cristalizada altera o índice de refração, o gel vai se tornando mais opaco à medida que a retrogradação se processa (ELIASSON, 1996). A amilose que foi exsudada dos grânulos inchados forma uma rede por meio da associação com cadeias que rodeiam os grânulos gelatinizados (DENARDIN; SILVA, 2009).

Figura 5 - Processo de retrogradação do amido.



As características de retrogradação da amilose e amilopectina são cineticamente diferentes. A amilose retrograda mais rapidamente, tendo forte tendência a reassociar-se por meio da formação de pontes de hidrogênio com outras moléculas de amilose adjacentes, formando estruturas cristalinas de duplas hélices quando a solução esfria e se mantém por longo período de tempo (PARKER; RING, 2001; THARANATHAN, 2002). A forte interação das cadeias entre si promove a saída da água do sistema, sendo essa expulsão chamada de sinerese (DENARDIN; SILVA, 2009).

A amilose apresenta endoterma de fusão de 140°C a 180°C, e a presença de ácidos graxos livres ou lipídios favorece a formação de complexos de inclusão. Por outro lado, a amilopectina retrograda numa taxa muito menor durante um longo período de tempo, e sua endoterma de fusão é menor, aproximadamente, 45°C a 60°C (PARKER; RING, 2001; THARANATHAN, 2002).

Quanto à digestibilidade, pode-se relacionar a retrogradação, principalmente da amilose, com menor disponibilidade de nutrientes às enzimas digestivas. Esse evento torna a digestão e a absorção, especialmente do amido, menor e/ou mais lenta, resultando em menor

resposta glicêmica, situação desejável em diversos indivíduos, como aqueles com sobrepeso ou problemas de glicemia (BJÖRCK et al., 1994).

O amido é classificado em função da sua estrutura físico-química e da sua susceptibilidade à hidrólise enzimática (LOBO, SILVA, 2003). Segundo Englyst; Kingman; Cummings (1992), de acordo com a velocidade com a qual o alimento é digerido *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível (ARD), quando, ao ser submetido à incubação com amilase pancreática e amiloglicosidase em uma temperatura de 37°C, converte-se em glicose em 20 minutos; lentamente digerível (ALD), se, nas condições anteriores, é convertido em glicose em 120 minutos; e amido resistente (AR), que resiste à ação das enzimas digestivas. De acordo com Lehmann; Robin (2007), AR induz um rápido aumento dos níveis de glicose no sangue e de insulina após a ingestão; ALD prolonga a liberação de glicose, evitando assim hiperglicemia relatada em doenças; AR reduz a disponibilidade de amido para a digestão e produz ácidos graxos de cadeia curta no intestino grosso através de fermentação, o que é benéfico para a saúde do cólon e proteção contra câncer colorretal.

3.3 AMIDO RESISTENTE

O AR é definido em termos fisiológicos como a soma do amido e o produto de sua degradação não sendo digerido no intestino delgado de indivíduos saudáveis. Deste modo, esta fração do amido apresenta comportamento semelhante ao da fibra alimentar e tem sido relacionada a efeitos benéficos locais (prioritariamente no intestino grosso) e sistêmicos, através de uma série de mecanismos (LOBO; SILVA, 2003).

O amido resistente é constituído por três tipos de amido: o tipo 1, representa o grânulo de amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas, pertencendo a este grupo grãos inteiros ou parcialmente moídos de cereais, leguminosas e outros materiais contendo amido, nos quais o tamanho ou a sua composição impede ou retarda a ação das enzimas digestivas; o tipo 2 refere-se aos grânulos de amido nativo, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido às características intrínsecas da estrutura cristalina dos seus grânulos; e o tipo 3 consiste em polímeros de amido retrogradado (principalmente de amilose), produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização (ENGLYST; KINGMAN; CUMMINGS, 1992). Os três tipos de AR podem coexistir em um mesmo alimento. Assim, uma refeição contendo feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) apresenta os tipos 1 e 3 (NOAH et al., 1998).

Um quarto tipo de AR tem sido evidenciado quando o amido sofre modificações em sua estrutura química. Com o advento de sistemas de processamento mais sofisticados, tem sido possível obter produtos derivados do amido que podem atender necessidades específicas da indústria de alimentos. Esses produtos incluem os amidos substituídos quimicamente com grupamentos ésteres, fosfatos e éteres, bem como amidos com ligações cruzadas, sendo estes também resistentes à digestão no intestino delgado (BJÖRK; GUNNARSSON; OSTERGARD, 1989; CHAMP; KOZLOWSKI; LECANNU, 2001).

Segundo Menezes; Lajolo (1995), a integridade da parede celular exerce uma importante função na utilização do amido, atuando como uma barreira física que dificulta o entumescimento, a completa gelatinização dos grânulos e a ação das enzimas digestivas sobre o amido. Outros estudos também evidenciaram a influência da parede celular na digestão do amido (LIVESEY et al., 1995; NOAH et al., 1998).

A quantidade de água, o tempo e a temperatura de armazenamento são variáveis que influenciam no processo de cristalização e afetam diretamente os rendimentos do AR (ESCARPA et al., 1996).

Segundo Eerlingen; Deceuninck; Delcour (1993), ao estudarem a influência do comprimento da cadeia de amilose na formação do AR, o seu rendimento aumenta com o grau de polimerização da amilose. E segundo Corradini et al. (2005), o amido contendo maior quantidade de amilose apresenta maior facilidade de cristalização.

Rosin (2000) estudou o efeito do armazenamento de vários alimentos (arroz polido e integral, batata, ervilha, lentilha, macarrão, grão de bico, milho, polenta, feijão e pão francês) em condições de temperatura reduzida (-20°C), encontrando aumentos significativos na formação do AR em períodos de 7 e 30 dias. Isso ocorre devido os polímeros da amilopectina retrogradada, limitados pela sua estrutura ramificada, são menos firmemente ligados que os da amilose retrogradada, conferindo a esta última uma maior resistência à hidrólise enzimática (COLONNA; LELOUP; BULÉON, 1992).

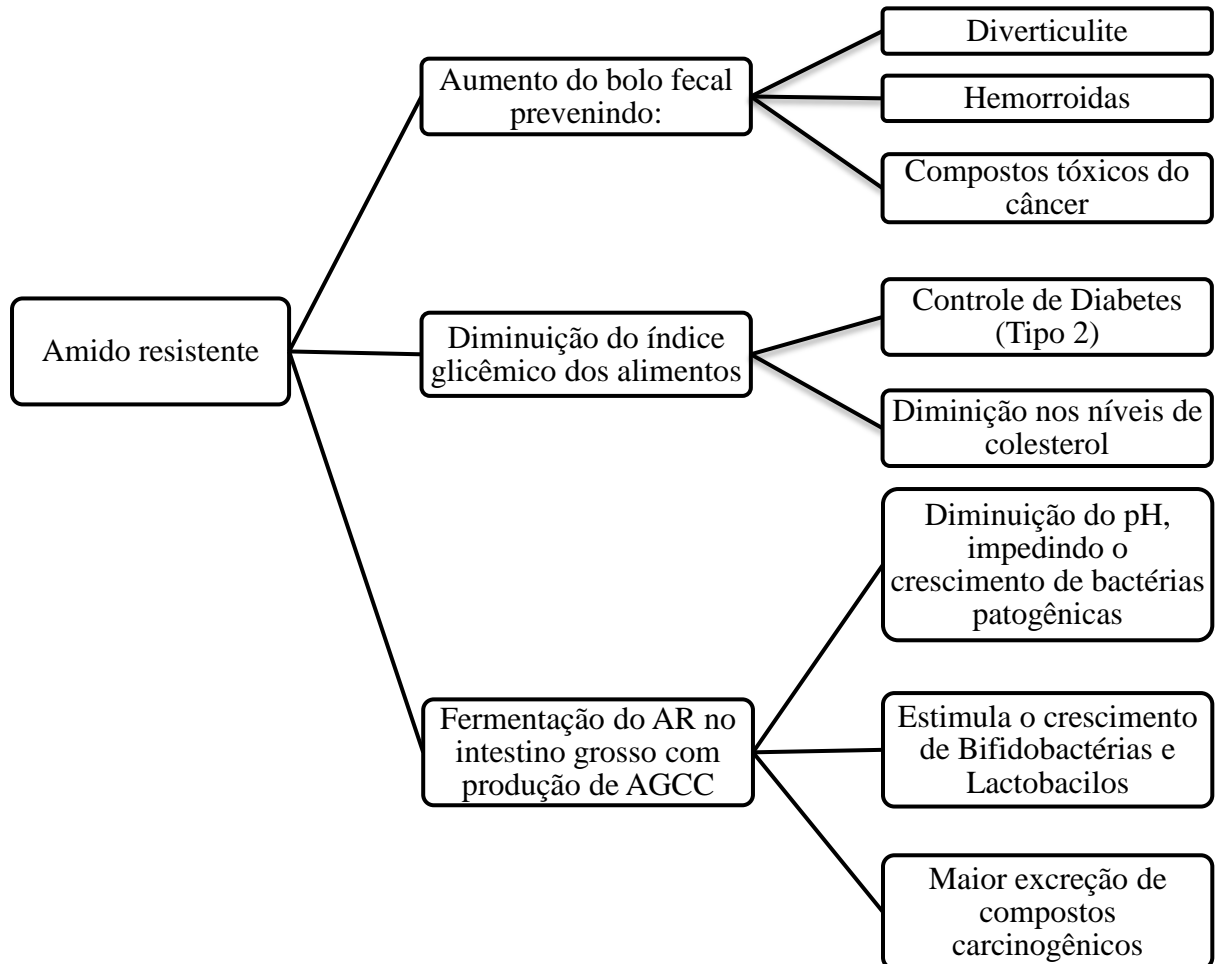
O AR por não ser digerido no intestino delgado, é utilizado como substrato para fermentação por bactérias anaeróbicas do cólon (EMANUELI; SILVA; WALTER, 2005). Segundo Mazo et al. (2009), essas bactérias são de grande importância para a nossa saúde, pois elas sintetizam vitaminas do complexo B como, B1, B6, B12, ácido fólico, ácido nicotínico e biotina; aumentam a absorção de minerais, aumentam a resposta imunológica estimulando a produção de imunoglobulinas A, diminui a proliferação de microrganismos patogênicos por produzir ácido acético e diminuir o pH local.

De acordo com Anesto; Reig (2002); Gibson (2004), o resultado da fermentação bacteriana é, portanto, principalmente a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e de ácido lático que reduzem o pH do intestino grosso, conseqüentemente, isto gera um ambiente que impede o crescimento de determinadas espécies bacterianas potencialmente patogênicas e estimula o crescimento de mais bifidobactérias e lactobacilos. Com o pH do meio ácido, também há um aumento da excreção de compostos carcinogênicos minimizando os efeitos destes sobre a mucosa intestinal.

Segundo Emanuelli; Silva; Walter (2005), o AR por ter sua ação semelhante à fibra, tem a capacidade de aumentar o bolo fecal, isto é importante na prevenção de constipação, diverticulite, hemorroidas, além de diminuir compostos tóxicos provocados pelas células cancerígenas.

De acordo com Basso et al. (2011), da mesma forma como as fibras, o amido resistente contribui para a queda dos índices glicêmicos (IG) dos alimentos, proporcionando uma menor resposta glicêmica, e conseqüentemente uma menor resposta insulínica, auxiliando no tratamento de diabetes do tipo 2. Assim, alimentos lentamente digeridos ou com baixo IG, como no caso do AR, têm sido associados ao melhor controle do diabetes, e, em longo prazo, podem até mesmo diminuir o risco de desenvolver doenças crônicas.

Portanto, o conteúdo de AR, assim como fatores que influenciam na sua formação têm sido estudados em diversos alimentos, tais como arroz, milho, macarrão, pão, batata, ervilha, feijão, lentilha, grão de bico (ROSIN; LAJOLO; MENEZES, 2002). Alimentos regionais e de grande consumo, como o arroz vermelho e feijão verde, necessitam ser também mais detalhadamente conhecidos quanto à digestibilidade do amido que os constituem. Na Figura 6 pode-se observar um resumo dos benefícios do amido resistente.

Figura 6 - Diagrama dos efeitos benéficos do amido resistente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

O arroz vermelho polido (*Oryza sativa*) e o feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) foram obtidos no mercado de Natal/RN. As amostras de arroz vermelho foram cozidas com água (AA) e com água e leite (AL) e a de feijão verde (FV) de acordo com Araújo; Guerra (2007). Após a cocção, o arroz e o feijão foram secos em estufa com ventilação a 75°C por cerca de 18 horas, triturados em moinho e armazenados em frascos higienizados, os quais foram devidamente fechados. As análises químicas do presente trabalho foram realizadas, em triplicata, no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição – UFRN, em Natal.

4.1.1 Preparo do arroz de leite e feijão verde

O arroz de leite e o feijão verde foram preparados no Laboratório de Técnica Dietética do Departamento de Nutrição - UFRN, localizado no município de Natal. Para o preparo do arroz de leite, 200 g de arroz vermelho foram colocados para cozinhar com 900 mL de água em fogo brando. Depois dos grãos estarem parcialmente cozidos, foram adicionados 500 mL de leite e 3,0 g de sal. Após fervura, a panela permaneceu tampada até a incorporação de todo o leite. Para a amostra de arroz cozido somente na água, 100 g de arroz vermelho foram colocados para cozinhar com 500 mL de água em fogo brando. Após fervura, a panela permaneceu tampada até o cozimento completo do arroz.

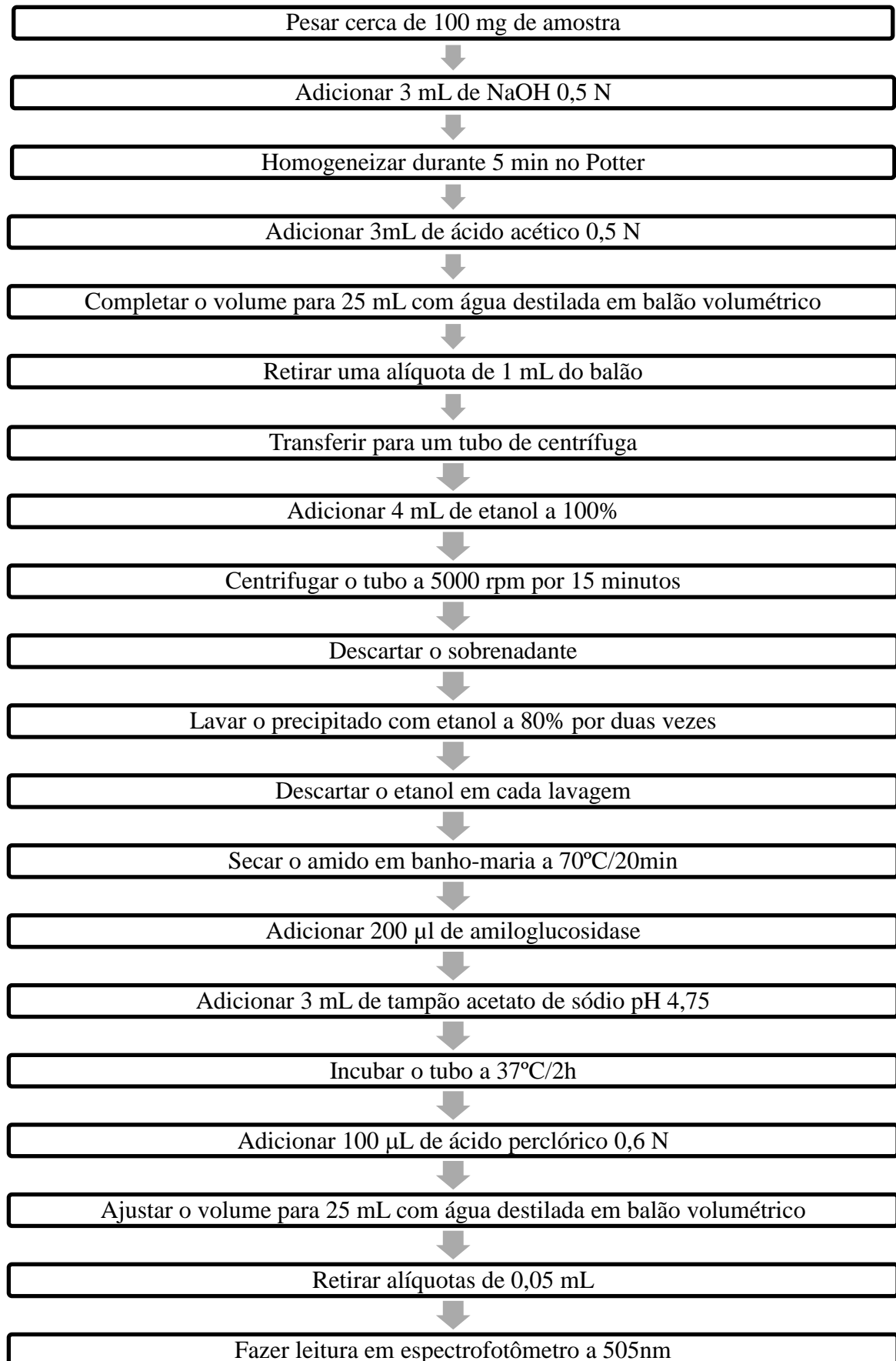
Para o preparo do feijão verde, 600 g de feijão verde foram cozidos com 1200 mL de água. Passados 15 minutos de fervura, foram acrescentados 54 g de cebola, 14 g de coentro e 6,0 g de sal. Mais 15 minutos foram necessários para o cozimento dos grãos, totalizando 30 minutos de cocção em panela sem pressão e em fogo alto. Transcorrido esse tempo, o feijão cozido foi colocado em uma peneira por 5 minutos, a fim de separar o caldo. O coentro e a cebola foram retirados, para que não ocorresse interferência nas análises químicas.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Análises químicas

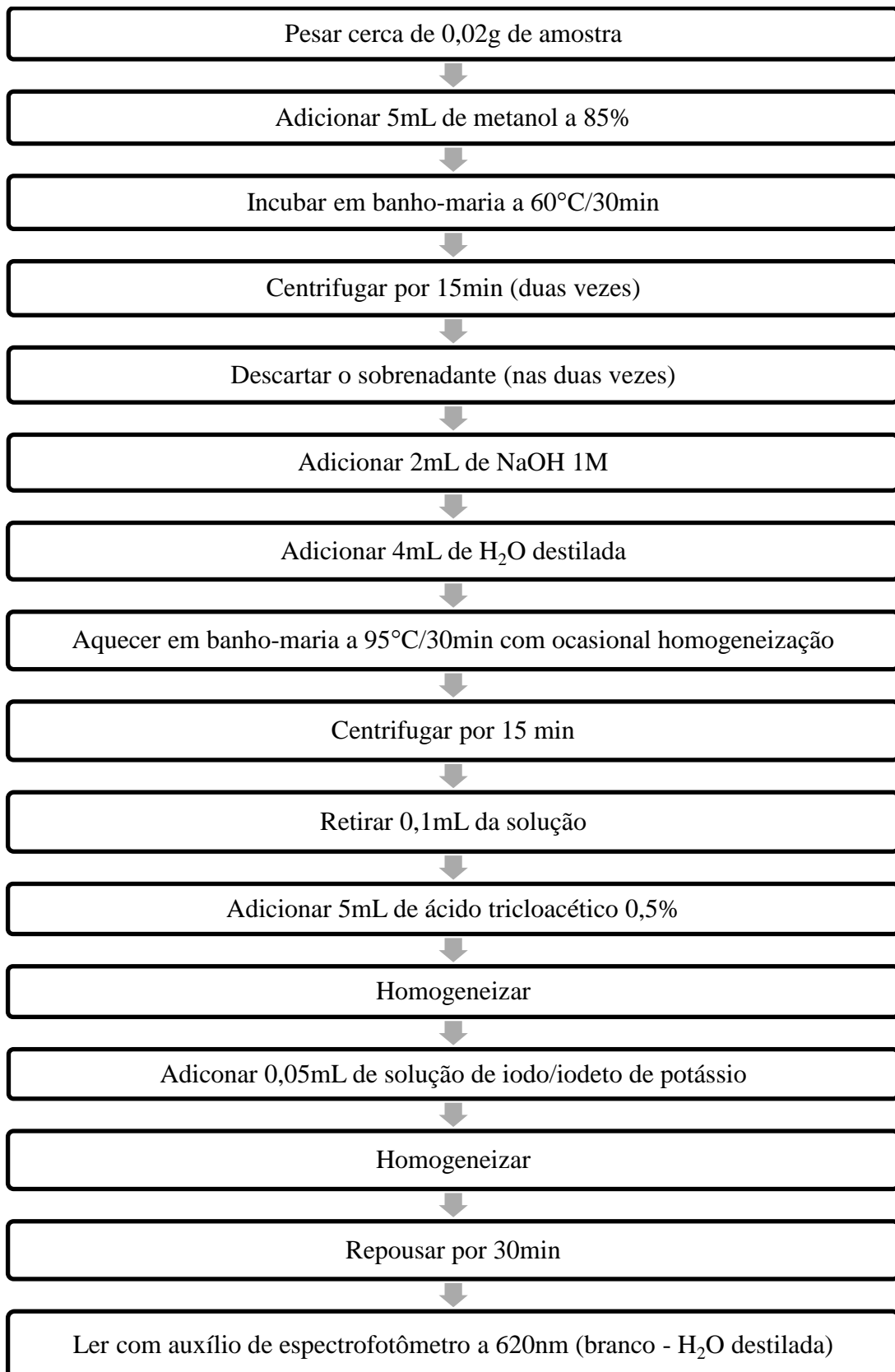
4.2.1.1 Determinação de Amido Total

Foi realizada de acordo com Cordenunsi; Lajolo (1995), como verifica-se na Figura 7. Pesou-se cerca de 100 mg de amostra, em triplicata, adicionou-se 3 mL de NaOH 0,5 N e homogeneizou-se durante 5 minutos no Potter. A mistura foi neutralizada com 3 mL de ácido acético 0,5 N. O volume foi completado para 25 mL com água destilada em um balão volumétrico. Retirou-se uma alíquota de 1 mL do balão e transferiu-se para um tubo de centrífuga. Foram adicionados 4 mL de etanol a 100% para precipitação do amido. Centrifugou-se o tubo a 5000 rpm por 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e lavou-se o precipitado com etanol a 80% por duas vezes. O etanol foi descartado em cada uma das lavagens. O amido foi seco em banho-maria a 70°C por 20 minutos. Após esse tempo, foram adicionados 200 µl de amiloglicosidase e 3 mL de tampão acetato de sódio pH 4,75. O tubo foi incubado a 37°C por 2 horas. Posteriormente, para parar a reação adicionou-se 100 µl de ácido perclórico 0,6 N. O volume foi ajustado a 25 mL com água destilada. Alíquotas de 0,05 mL foram determinadas com o Kit glicose oxidase. A glicose foi convertida em amido multiplicando-se por 0,9.

Figura 7 - Fluxograma da determinação de amido total.

4.2.1.2 Determinação de Amilose

A amilose foi determinada de acordo com Chrastil (1987), como o fluxograma da Figura 8. Para a extração de lipídios pesou-se cerca de 0,02g de amostra e adicionou-se 5 mL de metanol 85%. Os tubos foram aquecidos em banho-maria a 60°C por 30 minutos. Posteriormente, foi realizada uma centrifugação por 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e repetiu-se a extração. A seguir foram adicionados 2 mL de hidróxido de sódio 1 mol/L e 4 mL de água destilada. Os tubos foram tampados e aquecidos por 30 minutos em banho-maria a 95°C, com ocasional homogeneização, e uma posterior centrifugação por 15 minutos. A solução (0,1mL) foi adicionada a 5 mL de ácido tricloroacético 0,5% e homogeneizada antes de adicionar 0,05 mL de solução iodo / iodeto de potássio 0,01 mol / L (1,27g I₂ / L + 3 g KI / L), sendo novamente homogeneizada. A cor azul foi lida em espectrofotômetro a 620 nm após 30 minutos a 25 ± 1°C contra água destilada. A curva padrão foi obtida usando 0 – 100% de amilose.

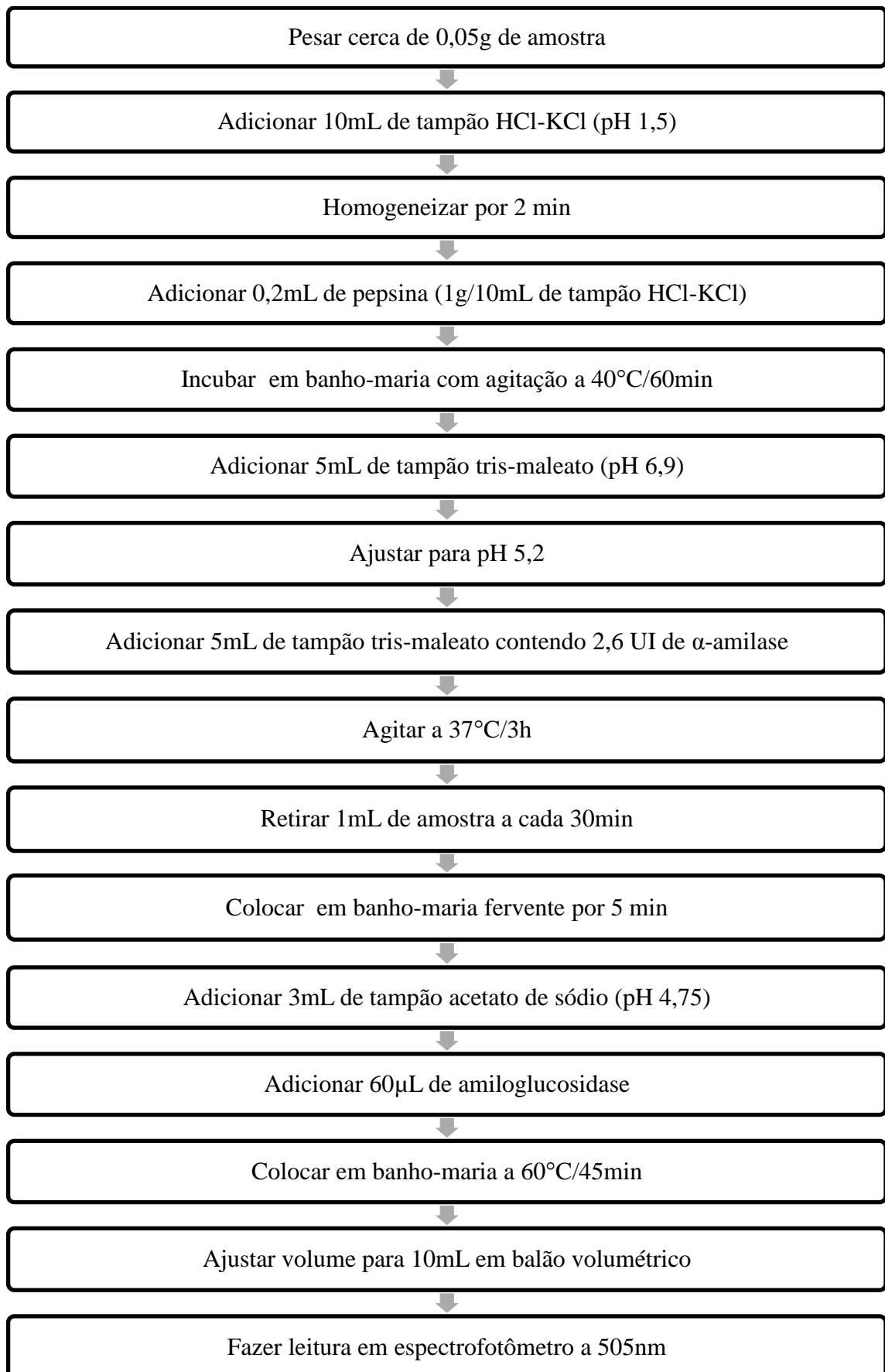
Figura 8 - Fluxograma da determinação do conteúdo de amilose.

4.2.1.3 Digestibilidade *in vitro* do amido

A digestibilidade do amido foi realizada de acordo com o método de Goñi; Garcia-Alonso e Saura-Calixto (1996), como se pode verificar na Figura 9. Foram adicionados 10 mL de tampão HCl – KCl pH 1,5 a 50 mg do alimento. A seguir adicionou-se 0,2 mL de solução contendo 1 g de pepsina em 10 mL de tampão HCl – KCl e incubado a 40°C por 1 hora em um banho-maria com agitação. O volume foi completado a 25 mL com tampão Tris-Maleato pH 6,9, adicionados 5 mL de uma solução de α -amilase em tampão Tris-Maleato contendo 2,6 UI e incubada a 37°C em um banho-maria com agitação. A cada 30 minutos, 1 mL de amostras foi retirada de cada tubo desde 0 a 3 horas. Estas alíquotas foram colocadas em um tubo a 100°C e energicamente agitadas por 5 minutos para inativar a enzima e refrigerada até o final do tempo de incubação. Então 3 mL de tampão acetato de sódio 0,4 M pH 4,75 foram adicionados a cada alíquota, e 60 μ L de amiloglucosidase foram usados para hidrolisar o amido digerível em glicose após 45 minutos a 60°C em um banho-maria com agitação. O volume foi ajustado a 10 mL com água destilada. Alíquotas de 0,05 mL em duplicata foram determinadas com o Kit glicose oxidase. A glicose foi convertida em amido multiplicando-se por 0,9.

A taxa de digestão de amido foi expressa como a porcentagem de amido hidrolisado a diferentes tempos (30, 60, 90, 120 e 180 min.), calculado da seguinte maneira:

$$\% \text{ de amido hidrolisado} = \frac{\text{valor de amido digerido}}{\text{valor de amido total}} \times 100$$

Figura 9 - Fluxograma da digestibilidade *in vitro* do amido.

4.2.1.4 Determinação de amido resistente

Os valores teóricos de amido resistente estão descritos pela diferença entre o conteúdo de amido total e o conteúdo de amido digerido aos 180 minutos.

4.2.1.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e realizado o teste de Tukey para verificar se houve diferença entre as diferentes preparações ao nível 5% de significância ($p < 0,05$). As análises foram realizadas pelo programa GraphPadPrism versão 5.03.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para conteúdo de amido total e amilose estão expressos na Tabela 1. Verificou-se maior conteúdo de amido total para arroz de leite (AL) comparando-o ao arroz cozido na água (AA) e feijão verde (FV), apesar de não ocorrer diferença significativa ($p > 0,05$). As preparações de arroz apresentaram conteúdos de amilose superiores ao do feijão verde ($p < 0,05$), destacando-se o AA.

Tabela 1. Amido total e amilose, em base seca, de preparações de arroz vermelho e feijão verde.

Preparações	Amido Total	Amilose
	(g/100g)	(g/100g)
Arroz de leite	81,44 ^a ± 4,53	9,89 ^b ± 0,64
Arroz cozido na água	77,61 ^a ± 3,30	13,66 ^a ± 1,62
Feijão verde	75,51 ^a ± 2,45	5,60 ^c ± 0,24

Letras diferentes (a, b, c) em uma mesma coluna diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si.

Bednar et al. (2001) observaram conteúdos de amido total para arroz variando de 86,2 a 95,1% e feijão de 42,6 a 49,9%, estando portanto o valor para o arroz próximo ao do presente trabalho e o do feijão abaixo.

Em um trabalho de Rosin; Lajolo; Menezes (2002) com onze alimentos brasileiros foi verificado um conteúdo de amido total para o arroz polido e brotos de feijão de 87,36 e 42,32g/100g, respectivamente, valores próximos aos dos autores citados anteriormente e ao do presente trabalho em relação ao arroz, porém abaixo ao do observado para o feijão verde.

Por outro lado Ovando-Martínez et al. (2011) verificaram amido de duas diferentes variedades de feijão, com e sem irrigação, e estes variaram de 88,56 a 95,28%, sendo o maior valor para os feijões irrigados. Tais valores foram superiores aos do presente trabalho. Tem-se observado uma grande variação nos resultados de amido de acordo com os diferentes métodos utilizados.

Itagi et al. (2016) estudaram os efeitos do melhoramento de arroz vermelho cru, parboilizado e parboilizado reticulado para o consumo de ratos diabéticos e entre as análises desenvolvidas pôde-se observar uma variação do conteúdo de amido total de 81,4 a 84,5%, valores próximos ao observado pelo estudo. Contudo, observou-se um teor de amido mais baixo após o processo de reticulação (amido modificado quimicamente), levando a uma menor resposta glicêmica após o consumo dessa preparação.

Pesquisas conduzidas ao longo dos anos demonstram a existência de fatores que podem afetar sobremaneira a composição e o valor nutricional dos alimentos, tais como, variação genotípica, processamento, condições climáticas, uso de fertilizantes e armazenamento (SINGH et al., 1999). As características morfológicas de amidos provenientes de diferentes fontes vegetais variam de acordo com o genótipo e com a cultura (SINGH et al., 2003). Portanto, a diferença entre as variedades das espécies dos alimentos pode levar a esses distintos resultados.

O conteúdo de amilose observado por Rosin; Lajolo e Menezes (2002) foi de 23% para arroz polido e arroz integral e 28% para feijão (variedade não especificada), valores estes muito superiores ao do presente trabalho.

Walter; Silva; Denardin (2005) determinaram o conteúdo de amilose em cinco cultivares de arroz branco e parboilizado. Os resultados obtidos variaram em média de 17,4 a 27,6% para conteúdo de amilose, valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Salgado et al. (2005) objetivaram determinar as características físico-químicas do grânulo de amido do feijão caupi verde seco em estufa, entre as análises se destaca a determinação do conteúdo de amilose de 5,51 g/100g, valores de amilose semelhante ao presente trabalho.

Estudo realizado por Chrastil (1987) com o objetivo de determinar amilose em amidos de farinhas de arroz, por método colorimétrico, verificou valor médio de 12,53% para essa molécula de amido, resultado próximo ao encontrado na presente pesquisa.

O conteúdo de amilose exerce influência na digestibilidade do amido (FREI; SIDDHURAJU; BECKER, 2003), podendo ser afetada também por fatores intrínsecos, como a presença de complexos amido-lipídio e amido-proteína, de inibidores da α -amilase e de polissacarídeos não amiláceos; bem como por fatores extrínsecos, como tempo de mastigação (determina a acessibilidade física do amido contido em estruturas rígidas), tempo de trânsito do alimento da boca até o íleo terminal, concentração de amilase no intestino, quantidade de amido presente no alimento e a presença de outros componentes que podem retardar a hidrólise enzimática (THARANATHAN, 2002).

Na Tabela 2 e Figura 10 podem ser observados os valores de digestibilidade *in vitro* do amido (% hidrólise em relação ao amido total) das preparações de arroz de leite, arroz cozido na água e feijão verde, respectivamente.

Quando comparadas as três preparações aos 30 min (ARD) e 120' (ALD), verifica-se que o FV apresentou valor de digestibilidade do amido superior ($p < 0,05$) ao do AL, não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) aos 180 min (AR) entre as preparações. Em relação às preparações e os tempos de digestibilidade verifica-se que o FV apresentou valores mais próximos, com uma digestibilidade mais rápida e com um aumento somente aos 180 minutos, porém não apresentou diferença significativa, assim como o AL. Para a preparação de AA houve diferença significativa entre o tempo 30 e tempos 150 e 180, ou seja, o AA parece ter apresentado um retardo na digestibilidade do amido durante os tempos analisados.

Tabela 2. Digestibilidade do amido de arroz de leite, arroz cozido na água e feijão verde em diferentes tempos.

Tempo (min.)	Arroz de leite (g/100g)	Arroz cozido na água (g/100g)	Feijão verde (g/100g)
30	50,01 ^{b, A} ± 0,53	55,32 ^{ab, B} ± 1,64	62,79 ^{a, A} ± 1,63
60	55,71 ^{a, A} ± 8,60	59,95 ^{a, AB} ± 3,82	61,63 ^{a, A} ± 1,09
90	66,05 ^{a, A} ± 0,54	61,49 ^{a, AB} ± 0,55	60,86 ^{a, A} ± 2,18
120	56,09 ^{b, A} ± 1,61	60,33 ^{ab, AB} ± 1,09	61,63 ^{a, A} ± 0,00
150	60,65 ^{a, A} ± 4,84	64,19 ^{a, A} ± 0,00	63,55 ^{a, A} ± 0,54
180	58,75 ^{a, A} ± 0,00	66,89 ^{a, A} ± 1,63	70,08 ^{a, A} ± 8,69

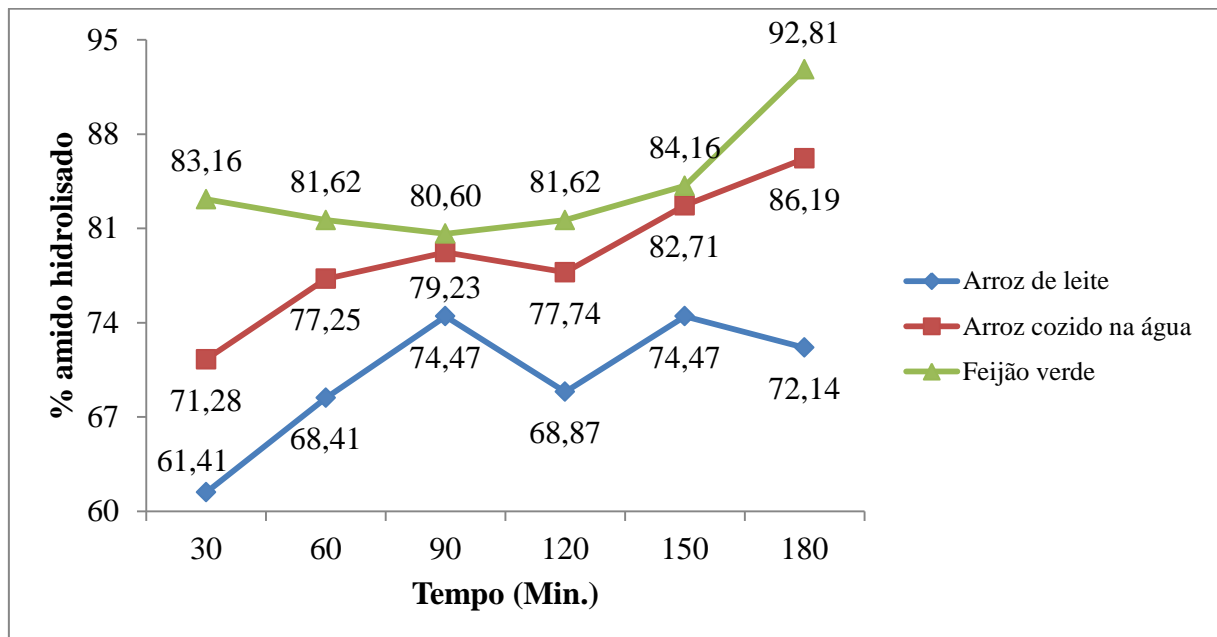
Letras diferentes (a, b) em mesma linha diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si para as diferentes preparações.

Letras diferentes (A, B) em uma mesma coluna diferem significativamente ($p < 0,05$) entre si para os diferentes tempos de uma mesma preparação.

Walter; Silva; Denardin (2005) também verificaram o conteúdo de digestibilidade, em arroz branco e parboilizado, obtendo resultados variando em média de 73,9 a 82,4%, valores esses próximos aos observados nas preparações de arroz vermelho e de 1,5 a 4,2% de AR correspondendo a valores inferiores aos encontrados no presente trabalho.

De acordo com Storck; Silva; Fagundes (2004) determinaram o conteúdo de amido digestível de 88,0 a 82,2% entre nove cultivares de arroz, valores esses superiores aos observados na curva de amido hidrolisado de AL e próximos aos de AA. Os autores também avaliaram o conteúdo de AR o qual variou de 3,05 (arroz branco) a 4,17% (arroz parboilizado).

Figura 10 – Digestibilidade do amido de arroz de leite, arroz cozido na água e feijão verde em diferentes tempos.



Em estudo realizado por Salgado et al. (2007) que objetivou estimar a digestibilidade do amido, a partir do método utilizado no presente trabalho, de feijão macassar (*Vigna unguiculata L. Walp*) verde e maduro *in natura* e cozidos, pôde-se observar resultados diferentes ao deste estudo no que diz respeito a quantidade de amido total hidrolisado após 90 minutos de 37,40 g/100g \pm 4,20 para o feijão macassar verde processado, porém um conteúdo próximo de AR (3,15 g/100g) para o feijão macassar verde cozido. Os autores verificaram que após o processamento ocorreu uma considerável redução dos percentuais de AR das amostras *in natura*. Estes autores também avaliaram o índice glicêmico desses alimentos e viram que a

cozimento também levou ao aumento do índice glicêmico, em decorrência do aumento da fração de amido acessível à ação enzimática.

Du et al. (2014) ao avaliarem as propriedades físico-químicas e a digestibilidade do amido de vários tipos de feijão, verificaram a relação entre as características do grânulo e o conteúdo de AR. O feijão vermelho, por exemplo, apresentou baixo teor de AR, sendo este resultado atribuído ao conteúdo reduzido de amilose e ao pequeno tamanho do grânulo do amido dessa leguminosa, que pareceu favorecer a ação enzimática. Estes autores também verificaram que o cozimento das leguminosas conduziu à maior acessibilidade das enzimas às moléculas de amido, levando a uma diminuição do conteúdo de AR e amido lentamente digerido após a cocção, em comparação aos grãos crus.

De acordo com Raigond; Ezekiel; Raigond (2015), a classificação dos carboidratos dietéticos é baseada nas propriedades químicas e fisiológicas. Com base nas ações de enzimas, taxa e extensão da digestão, o amido pode ser classificado em três tipos, amido rapidamente digerível (ARD), amido lentamente digerível (ALD) e amido resistente (AR). Os dois últimos com comprovados benefícios ao organismo humano, como o retardo do surgimento de síndrome metabólica, diabetes e doenças cardiovasculares (COOK et al, 2003; HU et al., 2004; GIUGLIANO; CERIELLO; ESPOSITO, 2006), além de atuarem como prebiótico, reduzir doenças inflamatórias intestinais, constipação, afetar as funções imunes a partir da produção de citocinas pró-inflamatórias e expressão de receptores em linfócitos T e B os quais são necessários para o início da resposta imunológica (SEGAIN et al., 2000; SOTNIKOVA; MARTYNOVA; GORBACHEVA, 2002).

Bernabé, Srikao e Schlüter (2011) avaliaram o conteúdo de AR, a digestibilidade do amido e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) a partir da fermentação *in vitro* do amido de cereais, leguminosas, tubérculos e frutas ricas em amido. Os resultados da fermentação mostraram que quanto maior o conteúdo de AR, maior a produção de AGCC. Além disso, os autores concluíram que a resposta glicêmica aos alimentos ricos em amido depende de vários fatores além do conteúdo de AR, como a morfologia dos grânulos, relação amilose/amilopectina, grau de ramificação da amilopectina, dentre outros. Ao analisarem o inhame, por exemplo, verificaram elevada resposta glicêmica após o consumo deste tubérculo, mesmo ele apresentando grandes quantidades de AR, devido ao tamanho reduzido dos seus grânulos, que facilita o acesso enzimático. No entanto, ainda assim, após a fermentação do AR deste tubérculo no intestino grosso, quantidades consideráveis de AGCC foram produzidas. De acordo com Pereira (2007), tais AGCC possuem efeitos benéficos ao organismo humano, estando relacionados com a redução dos níveis plasmáticos de colesterol

e triacilgliceróis, controle da diabetes, redução do risco de câncer de cólon e outras doenças intestinais.

A amilose, porção linear do amido, é a responsável pela retrogradação do amido, a qual resultará na formação do amido resistente. Segundo Polesi (2011), diversos fatores interferem no conteúdo de AR retrogradado, tais como a temperatura de armazenamento e processamento, a forma física do grânulo, o grau de gelatinização e, sobretudo, conteúdo de amilose, cuja influência é mais pronunciada do que a amilopectina, visto que as ramificações da estrutura desta requerem mais tempo de armazenamento para formar AR.

Na Tabela 3, pode-se verificar conteúdos de AR para as três preparações.

Tabela 3. Amido resistente de preparações de arroz vermelho e feijão verde

Preparações	AR	AR*
	(g/100g)	(g/100g)
Arroz de leite	22,69	6,95
Arroz cozido na água	10,72	9,61
Feijão verde	5,43	2,78

*Valores obtidos por Avelino (2016) para arroz vermelho integral e por Medeiros (2015) para feijão verde.

Quando ocorre o aquecimento do amido na presença de água em excesso promove expansão e solubilidade dos grânulos. Ao longo do tempo, o calor faz com que os grânulos continuem a se expandir e a amilose passa a ser lixiviada para a fase aquosa entre os grânulos, causando aumento crescente da viscosidade da amostra. A ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e solubilização das moléculas de amido em conjunto definem o processo de gelatinização, tornando o amido mais susceptível à ação das enzimas digestivas. Com o resfriamento do amido, após sua gelatinização, as cadeias perdem energia e as pontes de hidrogênio tornam-se mais fortes, fazendo com que as moléculas de amilose apresentem tendência a se associar por pontes de hidrogênio com moléculas de amilose adjacentes, formando estrutura ordenada e mais resistente, caracterizando o processo de

retrogradação, conferindo uma alta resistência à hidrólise enzimática caracterizada pela formação de AR do tipo 3 (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

De acordo com Frei; Siddhuraju e Becker (2003) os alimentos amiláceos com elevados níveis de amilose são associados a menor resposta glicêmica e esvaziamento mais lento do trato gastrointestinal que aqueles com baixos níveis deste polímero, decorrente da relação proporcional de amilose com AR.

A formação de AR é fortemente influenciada por fatores intrínsecos como a quantidade de amilose e interações do amido com outros constituintes dos alimentos e por fatores extrínsecos como processamento, temperatura, quantidade de água e forma física do alimento (KUMARI; UROOJ; PRASAD, 2007).

A utilização do leite na preparação do arroz aumentou o teor de lipídeos de 1,2 a 2,0% e proteínas de 3,3 a 3,9% (dados não publicados, 2014). Segundo Chou; Yen; Li (2014) esses substratos atuam de maneira antagônica podendo interagir com o amido e influenciar na quantificação do AR, diminuindo ou aumentando, respectivamente, o teor do mesmo. Isso pode ter ocasionado a menor taxa de digestibilidade do amido do AL em comparação ao AA e FV.

Estudos mostram que substratos proteicos, ao interagir com o amido formam uma estrutura encapsulada, que dificulta a ação das enzimas digestivas e, conseqüentemente, pode resultar em maior conteúdo de AR (PERERA; MEDA; TYLER, 2010).

Quanto aos lipídeos, Chou; Yen; Li (2014) relataram uma importante influência destes nos processos de gelatinização e retrogradação do amido por meio de interações com a amilose presente no alimento. Há inclusão dos lipídeos no interior da cadeia de amilose formando um complexo que compete com o processo de cristalização do amido. Posteriormente, com a redução da temperatura, o complexo amilose-lipídeo terá resultado em menor quantidade de amilose livre para a formação de pontes de hidrogênio com outras cadeias de amilose, no processo de retrogradação, o que leva à menor formação de AR.

O menor conteúdo de AR em preparações de AL em comparação a de AA (Tabela 3) como verificado por Avelino (2016), comprova uma interferência do leite no conteúdo de amilose levando a menor formação de amido retrogradado e conseqüentemente de AR.

Rosin; Lajolo; Menezes (2002) observaram em relação ao AR que, nas amostras de alimentos cozidos, os cereais apresentaram os menores conteúdos desse tipo de amido. As batatas apresentaram 3,38% de AR e as leguminosas, como o feijão cozido apresentou 4,75% e feijão cozido e estocado 6,99%. Esta tendência também estava presente

nas amostras cozidas e armazenadas a -20°C / 30 dias, exceto para as batatas. Houve um aumento significativo de AR no decorrer do período de análises, podendo ser parcialmente devido à retrogradação do amido gelatinizado que pode ser intensificada por temperaturas baixas de armazenamento.

Basso et al. (2011) avaliaram o efeito do armazenamento a -18°C por sessenta dias sobre a variação nos conteúdos de AR de arroz polido, macarrão parafuso com ovos e feijão preto usualmente consumidos pela população brasileira, bem como a influência sobre a glicemia dos níveis de AR obtidos pelo processamento. A partir dos seus resultados, os autores constataram que quanto maior o tempo de armazenamento a baixa temperatura, menos acessível o amido se tornava, conduzindo ao aumento de AR em todas as amostras. Das três amostras, o feijão preto apresentou o maior conteúdo de amilose (33%), e isto foi relacionado ao maior conteúdo de AR formado neste alimento em comparação aos outros. Estes resultados diferem dos apresentados pelo presente estudo visto que o maior conteúdo de amilose e AR foram do AA. Vale ressaltar que a variabilidade do feijão deste estudo não é a mesma do nosso trabalho.

Como foram verificadas que as características da digestibilidade do amido do arroz vermelho de leite e cozido somente em água, se apresentaram diferenciadas em relação ao feijão verde, e sendo estas preparações da culinária tradicional dos potiguares, são necessários estudos *in vivo* sobre a digestibilidade do amido dessas preparações, assim como dos benefícios do AR no organismo.

6. CONCLUSÕES

O conteúdo de amido total foi um pouco maior para as preparações de arroz que a do feijão verde, porém sem diferença estatística. O arroz cozido na água e o arroz de leite apresentaram maior conteúdo de amilose que o feijão verde. Esse maior conteúdo de amilose do arroz vermelho pode ter influenciado em uma maior retrogradação do amido e esta ocasionou menor digestibilidade deste, em comparação ao feijão verde, resultando em maior conteúdo de amido resistente.

O consumo de alimentos regionais como o feijão verde e arroz vermelho deve ser incentivado, por serem fontes de nutrientes e devido à contribuição, principalmente do arroz vermelho, em relação à presença de amido resistente na dieta. Contudo, são necessários mais estudos acerca do tema e os mesmos deveriam se expandir para ensaios *in vivo* para melhor comprovação dos efeitos benéficos.

REFERÊNCIAS

- ANESTO, J. B.; REIG, A. L. C. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. **Revista Cubana de Alimentos e Nutrição**, n. 16, v. 1, p. 63-68, 2002.
- ANTUNES, P. L.; BILHALVA, A. B.; ELIAS, M. C.; SOARES, G. J. Valor nutricional de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.), cultivares rico 23, carioca, pirata-1 e rosinha-G2. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 12-18, jan./ abr. 1995.
- ARAÚJO, M. O. de; GUERRA, T. M. de M. **Alimentos per capita**. 3. Ed. – Natal, RN: EDUFRN – Editora da UFRN, 2007.
- AVELINO, R. R. S. **Composição centesimal e amido resistente de arroz-vermelho integral**. 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Curso de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2016.
- BARROS, R. B. **Obtenção de amido e seus derivados**. Refinações de Milho Brasil Ltda. 1984. 35p.
- BASSO, C.; SILVA, L. P.; BENDER, A. B. B.; SILVEIRA, F. Elevação dos níveis de amido resistente: efeito sobre a glicemia e na aceitabilidade do alimento. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, n. 70, v. 3, p. 276-282, 2011.
- BEDNAR, G. E.; PATIL, A. R.; MURRAY, S. M.; GRIESHOP, C. M.; MERCHEN, N. R.; FAHEY JR., G. C. Starch and Fiber Fractions in Selected Food and Feed Ingredients Affect Their Small Intestinal Digestibility and Fermentability and Their Large Bowel Fermentability *In Vitro* in a Canine Model. **The Journal of Nutrition**, v. 131, p. 276-286, 2001.
- BELLO-PÉREZ, L.A.; MONTEALVO, M.G.M.; ACEVEDO, E.A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006. cap. 1, p. 17-46.
- BENINCA, C. Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- BERNABÉ, A. M.; SRIKAEAO, K.; SCHLÜTER, M. Resistant starch content, starch digestibility and the fermentation of some tropical starches *in vitro*. **Food Digestion Journal**, v. 2, p. 37-42, 2011.
- BJÖRCK, I.; GRANFELDT, Y.; LILJEBERG, H.; TOVAR, J.; ASP, N. Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59(suppl), p. 699-705, 1994.
- BJÖRK, I.; GUNNARSSON, A.; OSTERGARD, K.A study of native and chemically modified potato starch. **Starch/Stärke**, n. 41, p. 128-134, 1989.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia Alimentar para a População Brasileira** / Ministério da Saúde, Secretaria de

Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014. 156 p.: il.

BRASIL. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil / IBGE**, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro : IBGE, 2011. 150 p.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU, G. In vivo and in vitro methods for resistant starch measurement. In: McCleary V, Prosky L. **Advanced dietary fibre technology**. Oxford: Blackwell Science; 2001. p.106-19.

CHOU, C.; YEN, T.; LI, C. Effects of different cooking methods and particle size on resistant starch content and degree of gelatinization of a high amylose rice cultivar in Taiwan. **Journal of Food, Agriculture e Environment**, v. 12, n. 2, p. 6-10. 2014.

CHRASTIL, J. Improved colorimetric determination of amylose in starches or flours. **Carbohydrate Research**, v. 159, p. 154-158, 1987.

COLONNA, P.; LELOUP, V.; BULÉON, A. Limiting factors of starch hydrolysis. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 46, v. 2 (sup.), p. 17-32, 1992.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.1 – Brasília : Conab**, 2013.

COOK, S; WEITZMAN, M.; AUINGER, P.; NGUYEN, M.; DIETZ, W. Prevalence of a metabolic syndrome phenotype in adolescents. **Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine**, v. 157, p. 821–827, 2003.

CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Starch breakdown during banana ripening: sucrose synthase and sucrose-phosphate syntase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 2, p. 347-351, 1995.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S. de; CARVALHO, A.J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

CTSBF – Comissão Técnica Sul-brasileira de Feijão. Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira. 2. Ed. Florianópolis: Epagri, 2012.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciências Rural**, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.

DU, S.; JIANG, H.; AI, Y.; JANE, J. Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 108, p. 200-205, 2014.

EERLINGEN, R. C.; DECEUNINCK, M.; DELCOUR, J. A. Enzyme-resistant starch II: Influence of amylose chain length on resistant starch formation. **Cereal Chemistry**, v. 70, v. 3, p. 345-350, 1993.

EERLINGEN, R.C.; DELCOUR, J.A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, Londres, v.22, n.2, p.129-138, 1995.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 1996. 664p.

EMANUELLI, T.; SILVA, L. P.; WALTER, M. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, n. 35, v. 4, 2005.

EMBRAPA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO ARROZ E FEIJÃO - Cultura do caupi, *Vigna unguiculata (L) Walp*, descrição e recomendações técnicas de cultivo. **Circular técnico**, n. 18, 1984.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, n. 46, v. 2 (sup.), p. 33-50, 1992.

ESCARPA, A.; GONZALEZ, M. C.; MANAS, E.; GARCIA-DIZ, L.; SAURA-CALIXTO, F. Resistant starch formation: A standardization of a high-pressure autoclave process. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 924-928, 1996.

FENIMAN, C. M. Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita. 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FONSECA MARQUES, M. F.; BORA, P. S. Composición química y análisis de aminoácidos de alubias. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, v.2, p.248-252, 2000.

FRANCO, C. M. L.; DAIÚTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; SARMENTO, S. B. S. Metodologia de análise de amido. In: **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 1 cap.9, p.184-203.

FREI, M.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v.83, p.395-402, 2003.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005a. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p.286-290, jul./set. 2007.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. dos. **Melhoramento genético**. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005b. p. 28-92.

GIBSON, G. R. Fibre and effects on probiotics (the prebiotics concept). **Clinical Nutrition Supplements**, n. 1, p. 25-31, 2004.

GIUGLIANO, D.; CERIELLO, A.; ESPOSITO, K. The effects of diet on inflammation. **Journal of the American College Cardiology**, v. 48, p. 677–685, 2006.

GODDARD, M. S.; YOUNG, G.; MARCUS, R. The effect of amylose content on insulin and glucose responses to ingested rice. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.39, p.388-392, 1984.

GOÑI, L.; GARCIA-DIZ, L.; MANASE, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for food and food products. **Food Chemistry**. v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados em Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.718-726, 2008.

HU, G.; QIAO, Q.; TUOMILEHTO, J.; BALKAU, B.; BORCH-JOHNSEN, K.; PYORALA, K. Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mortality in nondiabetic European men and women. **Archives of Internal Medicine**, v. 164, p. 1066–1076, 2004.

IADEROZA, M.; SALES, A. M., BALDINI, V. L. S.; et al. Atividade de polifeniloxidase e alterações de cor e dos teores de taninos condensados em novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o armazenamento. **Coleção do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.2, p.154-464, 1989.

IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Agropecuária. **Produção Agrícola Municipal**, v. 39, 2012.

ITAGI, H. B. N.; PRADEEP, S. R.; SINGH, V.; SRINIVASAN, K.; JAYADEEP, A. Beneficial influence of phosphorylated parboiled dehulled red rice (*Oryza sativa* L.) in streptozotocin-induced diabetic rats. **Starch/Stärke**, v. 68, p. 568-580, 2016.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993.

KAPLAN, L.; Arqueology and domestication in American *Phaseolus* (beans). **Economy Botany**, n. 19, p. 358, 1965.

KUMARI, M.; UROOJ, A.; PRASAD, N. N. Effect of storage on resistant starch and amylose content of cereal–pulse based ready-to-eat commercial products. **Food Chemistry**, v.102, n. 4, p. 1425-1430, 2007.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M. P. Processamento da araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 151-155, 2002.

LIVESEY, G., WILKINSON, J. A., ROE, M., FAULKS, R., CLARK, S., BROWN, J. C. et al. Influence of the physical form of barley grain on the digestion of its starch in the human small intestine and implications for health. **American Journal of Clinical Nutrition**, n. 61, p. 75-81, 1995.

LOBO, A. R., SILVA, G. M. de L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, n. 16, v. 2, p. 219-226, abr./jun., 2003.

MACIEL, M. E. **Uma cozinha à brasileira**. Estudos Históricos, Rio de Janeiro, n. 33, p. 25-39, jan./jun. 2004.

MATSUO, T.; HOSHIKAWA, K.; et al. **Science of the rice plant. V. II - Physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. 1245p.

MAZO, J. Z.; ILHA, E. C.; ARISI, A. C. M.; SANT'ANNA, E. S. Bifidobacterias: isolamento, identificação e aplicação em alimentos prebióticos. B. ceppa - **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, p. 119-134, n. 27, v. 1, 2009.

MEDEIROS, S. V. **Amido resistente: Efeito do processamento e congelamento do feijão verde**. 2015. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Curso de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MENEZES, B. F. da S.; MOREIRA, L. B.; LOPES, H. M.; PEREIRA, M. B. Caracterização morfoagronômica em arroz vermelho e arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 490-499, out./dez. 2011.

MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. M. Utilização do amido de leguminosas. **Archivos Latinoamericanos of Nutrition**, n. 45, v. 1(sup.), p. 270-272, 1995.

MORAIS, C. M. M.; SILVA, V. L. Alimentação potiguar: do sertão ao litoral. In: FISBERG, M.; WEHBA, J.; COZZOLINO, S. M. F. **Um, dois, feijão com arroz: A alimentação no Brasil de Norte a Sul**. São Paulo: Editora Atheneu, 2002, p. 378-418.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocoloides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n.3, p. 403-406, 2004.

NETO, R. B. Raio-X. In. CANEVAROLO, J. R.; S. V. **Técnicas de Caracterização de polímeros**. São Paulo: Artiber Editora, 2003, p.41-60.

NOAH, L.; GUILLON, F.; BOUCHET, B.; BULÉON, A.; MOLIS, C.; GRATAS, M.; CHAMP, M. Digestion of carbohydrate from white beans (*Phaseolus vulgaris L*) in healthy humans. **Journal of Nutrition**, n. 128, p. 977-985, 1998.

OGAWA, M. Red rice. **Chemistry and Organisms**, Japan, v. 30, n. 6, p. 385-388, 1992.

OLUWATOSIN, O. B. Genetic and enviromental variability in starch, fatty acids and mineral nutrients composition in cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp*). **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 78, p. 1-11. 1998.

OVANDO-MARTÍNEZ, M.; BELLO-PÉREZ, L. A.; WHITNEY, K.; OSORIO-DÍAZ, P.; SIMSEK, S. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris L.*) grown in different localities. **Carbohydrate Polymers**, v.85, p. 54-64, 2011.

PANTONE, D. J.; BAKER, J. B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, Champaign, v.39, n.1, p.42-47, 1991.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 1-17, 2001.

PEDROSO, B. A. Biologia e importância do arroz vermelho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 38, n. 359, p. 37-38, 1985.

PEREIRA, J. A. **O arroz-vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 90 p.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 88-92, 2007.

PERERA, J. A.; MEDA, V.; TYLER, R.T. Resistant starch: A review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. **Food Research International**, v. 43, n. 8, p. 1959-1974, oct. 2010.

POLESI, L. F. Amido resistente: aplicações e métodos de produção. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 211-222, jul./dez., 2011.

RAIGOND, P.; EZEKIEL, R.; RAIGOND, B. Resistant starch in food: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 1968-1978, 2015.

RIBEIRO, B. **O Índio na Cultura Brasileira**. Revan, Rio de Janeiro, 1987.

RIZKALLA, S. W.; BELLISLE, F.; SLAMA, G. Health benefits of low glycaemic index foods, such as pulses, in diabetic patients and healthy individuals. **British Journal of Nutrition**, v. 88 (Suppl3), p. 255-262, 2002.

ROSIN, P. M. **Formação de amido resistente em alimentos armazenados sob baixa temperatura (-20°C) – Estudo *in vitro* e *in vivo*** [dissertação]. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP; 2000.

ROSIN, P. M.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Measurement and characterization of dietary starches. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 367-377, 2002.

SALGADO, S. M.; GUERRA, N. B.; ANDRADE, S. A. C.; LIVERA, A. V. S. Caracterização físico-química do grânulo do amido de feijão caupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 525-530, 2005.

SALGADO, S. M.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B.; SCHÜLLER, A. R. P.; ARAÚJO, A. L. L. Resposta fisiológica *in vitro* do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) starch. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 297-303, out./dez. 2007.

SEGAIN, J. P.; RAINGEARD, DE LA B. D.; BOURREILLE, A.; LERAY, V.; GERVOIS, N.; ROSALES, C. Butyrate inhibits inflammatory responses through NF- κ B inhibition: implications for Crohn's disease. **British Society of Gastroenterology**, v. 47, p. 397-403, 2000.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, n.2, p.219-231, 2003.

SINGH, S.; KALIA, M.; MALHOTRA, S. R. Effect of parboiling, hand-pounding and Machine-milling on Chemical Composition of Rice. **Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 434-435, 1999.

SKRABANJA, V.; KREFT, I. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats an in vitro study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 46, p. 2020-2023, 1998.

SOTNIKOVA, E. V.; MARTYNOVA, E. A.; GORBACHEVA, E. V. Resistant starches and immune system. **Voprosy Pitaniia**, v. 71, n. 5, p. 34–38, 2002.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Categorizing rice cultivars based on differences in chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 333-341, 2005.

THARANATHAN, R. N. Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, p.65-84, 2002.

THARANATHAN, R. N.; MAHADEVAMMA, S. Grain legumes – A boon to human nutrition. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 507–518, 2003.

WALTER, M. Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto. Santa Maria. 2009. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciências Rural**, v. 38, n. 4, Santa Maria, Jul. 2008.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; DENARDIN, C. C. Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 279-285, 2005.

WANDER, A. E.; GAZZOLA, R.; GAZZOLA, J.; RICARDO, T. R.; GARAGORRY, F. L. **Evolução da produção e do mercado mundial de feijão**. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Londrina, 2007.

ZAMBRANO, F.; CAMARGO, C. R. O. Otimização das Condições de Hidrólise Ácida de amido de Mandioca para Obtenção de Substituto de Gordura. Campinas: UNICAMP - FEAD/DTA. Revista Braz. **Journal Food Technology**, n. 4, p.147-154, 2001.

ZHANG, G. Y.; SOFYAN, M.; HAMAKEZ, B. R. Slowly digestible state of starch: Mechanism of slow digestion property of gelatinized maize starch. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 4695-4702, 2008.