



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ARROZ POLIDO INSTANTÂNEO**

**Ana Angélica Resende**

Orientadora: MSc. Alessandra Costa Vilaça

**Ouro Branco**

**Dezembro/2015**

# DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ARROZ POLIDO INSTANTÂNEO

**Ana Angélica Resende**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em cumprimento às exigências do Curso de Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João Del Rei.

Orientadora: MSc. Alessandra Costa Vilaça

**Ouro Branco**

**Dezembro/2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ARROZ POLIDO INSTANTÂNEO**

**Ana Angélica Resende**

A Banca Examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC:

---

**MSc.Alessandra Costa Vilaça – Orientadora**

---

**Dr. Edson Romano Nucci– examinador 1**

---

**Dr. Ênio Nazaré de Oliveira Júnior – examinador 2**

Ouro Branco, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## RESUMO

Vários métodos de processamento de arroz instantâneo são utilizados atualmente. Em comum, todos eles possuem as etapas de pré-cozimento do arroz e subsequente desidratação dos grãos até um teor de umidade máximo de 15%. Atualmente, as pessoas vêm cada vez mais buscando maneiras de agilizar e facilitar seu dia a dia sem que se perca a qualidade nutricional de sua alimentação. Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um arroz instantâneo, selecionando as condições de operação de secagem dos grãos através do estudo da cinética de secagem e quantificando o tempo de cozimento do produto final, além de realizar as análises físico-químicas e microbiológicas, a fim de comparar o produto obtido com o arroz polido *in natura*. A umidade inicial do arroz depois de pré-cozido foi de 50,15%. O arroz instantâneo atingiu uma umidade de 10,03%, a qual está na faixa de umidade de derivados de cereais de até 15% exigido pela legislação e, após a reidratação do arroz instantâneo, houve um aumento da umidade para 70,37%. As análises físico-químicas (proteína solúvel, umidade, cinzas e extrato etéreo) e microbiológicas (coliformes totais e fecais) realizadas obtiveram valores próximos dos valores aos quais foi comparado. E, por fim, o processo de secagem desenvolvido possibilitou a obtenção de arroz instantâneo com tempo de cozimento de aproximadamente 5 minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arroz instantâneo, secagem, umidade, análises.

## Sumário

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>                        | <b>2</b>  |
| 2.1. Tipos de Arroz .....                                    | 2         |
| 2.2. Produção/beneficiamento .....                           | 5         |
| 2.3. Estrutura e Composição do grão de arroz.....            | 8         |
| 2.3.1. Características e propriedades do Amido do arroz..... | 10        |
| 2.3.2. Amilose.....                                          | 11        |
| 2.3.3. Amilopectina .....                                    | 12        |
| 2.4. Gelatinização do Amido.....                             | 13        |
| 2.5. Retrogradação.....                                      | 13        |
| 2.6. Amido Resistente .....                                  | 14        |
| 2.7. Legislação vigente .....                                | 16        |
| 2.8. Cinética de secagem.....                                | 16        |
| 2.9. Análises Físico-Química.....                            | 21        |
| 2.9.1. Umidade .....                                         | 21        |
| 2.9.2. Proteína Solúvel.....                                 | 22        |
| 2.9.3. Extrato Etéreo .....                                  | 23        |
| 2.9.4. Fibra Bruta.....                                      | 24        |
| 2.9.5. Cinzas .....                                          | 25        |
| 2.10. Análises Microbiológicas .....                         | 25        |
| 2.10.1. Bolores e Leveduras .....                            | 25        |
| 2.10.2. Análise de Coliformes totais e fecais .....          | 26        |
| <b>3. Material e Métodos .....</b>                           | <b>27</b> |
| 3.1. Processamento do Arroz Instantâneo.....                 | 28        |
| 3.2. Análises Físico-Químicas.....                           | 29        |

|      |                                       |    |
|------|---------------------------------------|----|
| 3.3. | Análises Microbiológicas .....        | 29 |
| 4.   | Resultados e Discussão.....           | 29 |
| 4.1. | Cinética de secagem.....              | 29 |
| 4.2. | Análises Físico-Químicas .....        | 35 |
| 4.3. | Análises Microbiológicas .....        | 37 |
| 5.   | Considerações Finais.....             | 39 |
| 6.   | Sugestões para trabalhos futuros..... | 40 |
| 7.   | Referências .....                     | 41 |

## **ANEXOS**

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>ANEXO I .....</b>                     | <b>45</b> |
| <b>1. Análises Físico-Químicas .....</b> | <b>45</b> |
| 1.1. Umidade .....                       | 45        |
| 1.2. Proteína solúvel .....              | 45        |
| 1.3. Extrato Etéreo.....                 | 49        |
| 1.4. Cinzas.....                         | 50        |
| <b>ANEXO II .....</b>                    | <b>52</b> |
| <b>2. Análises Microbiológicas.....</b>  | <b>52</b> |
| 2.1. Bolores e leveduras .....           | 52        |
| 2.2. Coliformes totais e fecais .....    | 52        |

## 1. Introdução

Um dos alimentos mais cultivados e mais importantes no que se diz respeito a nutrição mundial, o arroz faz parte dos hábitos alimentares dos brasileiros há mais de um século e é consumido basicamente na forma de grãos descascados e polidos. Além de fornecer um excelente balanceamento nutricional, o arroz é uma cultura rústica, o que faz com que também seja considerada a espécie de maior potencial para o combate da fome no mundo (BARATA, 2005).

O arroz *Oryza Sativa* L. pertence a divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, tribo *Oryzeae*, família *Poaceae*, subfamília *Oryzoideae* e ao gênero *Oryza*. Esta espécie ao longo dos tempos foi se adaptando às variadas condições agroecológicas e atualmente apresenta três subespécies com base na distribuição geográfica, na morfologia da planta, do grão e da região onde é cultivada. As principais subespécies são a Índica, que é cultivada em regiões tropicais como por exemplo o Brasil, Índia e Filipinas; a Japônica, que é cultivada nas regiões temperadas do Japão e a Javânica que por sua vez, é cultivada nas regiões equatoriais da Indonésia (WEBER, 2012 ; SILVA, 2011).

O arroz é um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem. O cultivo de arroz é considerado extremamente importante, não só por ser uma cultura que se adapta a diferentes condições de solo e clima, mas também porque nenhuma outra atividade econômica alimenta e sustenta tantas pessoas no mundo. Além disso, desempenha um papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social. Em países em desenvolvimento como a Ásia e Oceania onde se concentra cerca de 70% da população subnutrida mundial, o arroz é de fundamental importância, por ser o alimento básico de toda essa população (EMBRAPA, 2005).

Na década de 80 o consumo de arroz obteve um forte progresso e o Brasil se tornou o principal produtor de arroz da América Latina, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB. Durante a safra 2014/15, mesmo com a redução de 3,3% da área plantada no Brasil, o incremento de 6,2% da produtividade fez com que a produção total de arroz alcançasse 12.448,6 mil toneladas, um aumento de 2,7% em relação à safra 2013/14 (CONAB, 2015).

No final dos anos 50, nos Estados Unidos, houve uma demanda por refeições fora do lar devido ao aumento da mão de obra feminina no mercado de trabalho, ao maior tempo de deslocamento nos centros urbanos, à diminuição do tempo gasto nas relações familiares e ao avanço das relações trabalhistas o que fez crescer o mercado de *food service* (refeições preparadas fora do lar). A importância desse segmento na economia brasileira manifesta-se em números grandiosos, exigindo o desenvolvimento, planejamento e a aceleração da profissionalização, reestruturando a cadeia de suprimentos e a racionalização dos custos (SILVA JÚNIOR, 2009).

O mercado de *food service* engloba várias categorias, entre elas, produtos desidratados e alimentos dirigidos à rápida e fácil manipulação. A demanda por produtos com nomenclaturas como “instantâneos”, “semiprontos” ou “prontos para o consumo” incentivam indústrias alimentícias a desenvolverem produtos nesse setor.

Sendo assim, como atualmente o dia a dia das pessoas está cada vez mais corrido e a busca para facilitar e agilizar o dia a dia sem que haja perda da qualidade nutricional bem como o hábito da boa alimentação, direcionou esta pesquisa a desenvolver um processo para obtenção de um arroz instantâneo, selecionando as condições de operação de secagem dos grãos através do estudo da cinética de secagem e quantificando o tempo de cozimento do produto final além de caracterizar as partículas do grão de arroz através da realização de análises físico-químicas e microbiológicas, a fim de comparar o produto obtido com o arroz polido *in natura*.

## **2. Revisão Bibliográfica**

O objetivo desta revisão bibliográfica é abordar através da revisão de literatura, temas referentes ao arroz e seus cultivares, sua produção e beneficiamento, sua estrutura, sua composição nutricional e as formas de beneficiamento do grão.

### **2.1. Tipos de Arroz**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), classifica o arroz em dois grupos conhecidos como em casca e beneficiado (Figura 1). O arroz em casca é o produto fisiologicamente desenvolvido, maduro, que não passa por

qualquer preparo industrial ou processo tecnológico e o arroz beneficiado é o produto maduro que se encontra desprovido da casca (MAPA, 2009).



**Figura 1:** Grão beneficiado e grão com casca.

Fonte: NITZKE e BIEDRZYCKI, 2004

Os dois grandes grupos são subdivididos segundo a Instrução Normativa N° 6, de 16 de Fevereiro de 2009 do MAPA, como a seguir:

Subgrupos do arroz em casca:

- a) Arroz natural: o produto que antes do beneficiamento não passa por qualquer preparo industrial ou processo tecnológico;
- b) Arroz parboilizado: o produto que foi submetido ao processo de parboilização;

Subgrupos do arroz beneficiado:

- a) Arroz integral: o produto do qual somente a casca foi retirada;
- b) Arroz polido ou branco: o produto que, ao ser beneficiado, se retiram o germe, o pericarpo e a maior parte da camada interna (aleurona);
- c) Arroz parboilizado integral;
- d) Arroz parboilizado polido.

O arroz, ainda possui diversas variedades no mercado além das já citadas acima temos o arroz cateto ou Japonês, arbóreo, basmati ou indiano, vermelho, negro e selvagem, como pode ser observado na Figura 2:



**Figura 2:** Variedade de arroz

Fonte: Adaptado, Arroz, 2015

O arroz Cateto ou Japonês é base da culinária japonesa. Seus grãos são curtos, curvados e um pouco transparentes. Em seu processamento ele mantém a sua casca e o gérmen, concentrando assim o seu valor nutricional. Apresenta também sua versão "integral", que conserva maiores quantidades de vitaminas do complexo B e minerais (MENEZES, 2011).

O arroz arbóreo possui grão mais arredondado e concentra bastante amido. Durante seu processamento a casca é retirada e não passa por nenhum processo que conserve seus nutrientes, assim, o arroz arbóreo tem o mesmo valor nutricional do arroz polido (MENEZES, 2011).

O arroz basmati ou indiano os grãos deste tipo de arroz são bem mais longos e ficam ainda mais compridos quando cozidos. Durante seu processamento o arroz é amadurecido antes de ir para a venda, reduzindo assim a umidade do grão. Tem os mesmos níveis nutricionais do arroz branco, mais seu gosto é bem mais forte e sua capacidade de reter água também é maior (MENEZES, 2011).

O arroz vermelho pertence à família do arroz cateto e é um ótimo aliado no tratamento contra o colesterol, já que possui mais fibras do que o arroz polido. Sua

casa é avermelhada, porém o interior do grão é branquinho. Pode ser encontrado nas versões integral, colorida e mais clara, semiperolada (MENEZES, 2011).

O arroz negro é uma das variedades mais exóticas do grão devido a sua cor e aroma. Traz em sua composição 20 % a mais de proteína, 30% a mais e fibra, menor teor de gordura e menor valor calórico do que o arroz integral (MENEZES, 2011).

Arroz selvagem é uma gramínea aquática. Os grãos são escuros (marrons e pretos) e o seu comprimento é três vezes maior que o do arroz comum, tendo em seu interior um aspecto claro e macio. É pobre em gorduras e rico em proteínas e fibras, além de ser uma boa fonte de potássio, fósforo e vitaminas (MENEZES, 2011).

## **2.2. Produção/beneficiamento**

O sistema de plantio no Brasil é feito em três principais sistemas: o sistema de Cultivo Convencional, o sistema de Plantio Direto e o sistema Pré-Germinado. Os sistemas de plantio se diferenciam basicamente no método de semeadura, manejo na preparação do solo e o manejo hídrico (EMBRAPA, 2005).

O sistema convencional é um sistema bastante conhecido e envolve os preparos primários e secundários do solo, onde o preparo primário consiste na eliminação da cobertura vegetal e o rompimento de camadas do solo mais compactas, normalmente realizadas com arados de disco ou de aiveca e grade aradora. No preparo secundário as operações realizadas são operações subsequentes ao preparo primário, englobando o nivelamento de terras, eliminação de daninhas e incorporação de inseticidas, por exemplo, proporcionando um ambiente favorável à plantação e desenvolvimento das plântulas (BRONDANI *et al*, 2006; EMBRAPA, 2005).

No sistema de plantio direto, o solo é preparado de maneira antecipada no intuito de corrigir imperfeições no solo e é recomendado que se faça o entaipamento com taipas de perfil baixo e base larga e o controle de daninhas é feito antes e depois do plantio direto por herbicidas. O sistema de plantio direto utiliza menor mobilidade de solo quando comparado ao sistema convencional. Já o sistema Pré-

Germinado, como o próprio nome já diz, é caracterizado por usar sementes pré-germinadas e em solo previamente inundado, sendo esta a primeira fase. O solo é inundado até a formação de uma lama e o alisamento e nivelamento do solo é feito após a inundação, sendo esta a segunda fase (BRONDANI *et al*, 2006; EMBRAPA, 2005).

A colheita do arroz é feita quando o teor de umidade do grão está entre 18% e 23%. A cadeia produtiva na produção de arroz vai do pós-colheita, até a industrialização do arroz e estão presentes nesta etapa o transporte, recepção, pré-limpeza, secagem, armazenagem e o beneficiamento. Inicialmente, após a colheita do arroz, grandes quantidades de impurezas são encontradas junto ao arroz e como a umidade do mesmo nesta etapa do processo é bastante elevada, o transporte até a unidade de secagem deve ocorrer imediatamente após a operação de colheita e todo material que chega à unidade de conservação deve ser submetido às análises de umidade, impurezas, rendimento e defeitos (EMBRAPA, 2005).

Antes da etapa de secagem, os grãos de arroz passam obrigatoriamente por uma etapa de pré-limpeza que tem como finalidade promover a separação das impurezas presentes. Normalmente nesta etapa, são utilizadas peneiras e a secagem é realizada imediatamente depois da pré-limpeza e pode ser realizada por diversos métodos, desde os métodos naturais, até os métodos artificiais que empregam combinações de temperatura e fluxo de ar, tempo e formas de movimentação dos grãos e de contato ar/grão (EMBRAPA, 2005).

A etapa subsequente do processo produtivo do arroz é o armazenamento dos grãos, o qual pode ser realizado em sacaria, no sistema convencional, ou a granel, em silos ou em armazéns graneleiros. O armazenamento em sacaria, para ser eficiente em conservabilidade, requer grãos secos, locais bem ventilados e pilhas com 4,5 - 5,5 metros de altura e 19 metros de comprimento, no máximo, por razões de segurança e operacionalidade. A armazenagem a granel é mais adequada para grandes quantidades e como citada anteriormente, esta é feita em silos ou em graneleiros (EMBRAPA, 2005).

Grãos relativamente pequenos, como os de arroz, exibem comportamento diferente dos de outras espécies de cereais, de grãos maiores, principalmente por apresentarem maior tendência à compactação e oferecerem maior resistência à

passagem do ar, durante a aeração e por isso, diariamente, durante o período de armazenamento, a temperatura deve ser controlada, por termometria (EMBRAPA, 2005).

Antes de estar adequado ao consumo, o grão de arroz passa por processos de beneficiamento, os quais se iniciam com a separação da casca do resto do grão. Posteriormente, ocorre o polimento que nada mais é do que separar o farelo do grão propriamente dito, que tem o intuito de melhorar o sabor e a aparência do grão, porém o aspecto nutricional fica em falta, pois este processo de polimento, ocasiona perdas das vitaminas, minerais e das fibras dietéticas que são importantes na nutrição humana (MAPA, 2009).

De acordo com as normas oficiais estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1998), através da portaria nº 269, de 17 de novembro de 1988 o arroz polido pode ser enquadrado em cinco tipos como demonstra a Tabela 1:

**Tabela 1:** Arroz Beneficiado Polido - Limites máximos de tolerância expressos em percentual por peso.

| Tipo     | Matérias Estranhas | Defeitos Graves   | Defeitos Gerais | Total               | Quirera  |
|----------|--------------------|-------------------|-----------------|---------------------|----------|
|          | Impurezas          | Mofados e Ardidos | Agregados       | Quebrados e Quirera | (Máximo) |
| <b>1</b> | 0,25               | 0,25              | 4,00            | 10,00               | 0,50     |
| <b>2</b> | 0,50               | 0,50              | 8,00            | 20,00               | 1,00     |
| <b>3</b> | 1,00               | 1,00              | 14,00           | 30,00               | 2,00     |
| <b>4</b> | 1,50               | 2,00              | 22,00           | 40,00               | 3,00     |
| <b>5</b> | 2,00               | 4,00              | 34,00           | 50,00               | 4,00     |

Fonte: MAPA (2009).

Nesta concepção, os defeitos serão quantificados pelos totais de defeitos graves e gerais, nos termos da Portaria Nº 269/88. Defeitos gerais estão definidos como sendo os grãos danificados, manchados, picados, amarelos, rajados,

gessados e não parabolizados e os defeitos graves estão definidos como as matérias externas, impurezas, grãos mofados, ardidos, pretos e não gelatinizados.

### 2.3. Estrutura e Composição do grão de arroz

A estrutura do arroz consiste na casca, epicarpo, mesocarpo, camada média, testa, aleurona, camadas de farelo, endosperma, germe ou embrião e gluma ou película. Essa estrutura pode ser observada na Figura 3:

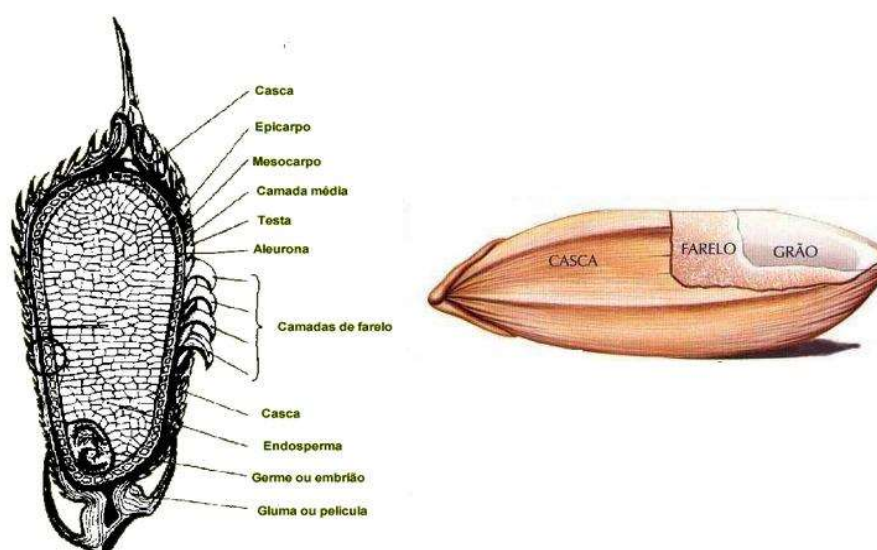


**Figura 3:** Estrutura do grão de arroz.

Fonte: NITZKE e BIEDRZYCKI, 2004.

Quanto à sua composição, o arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas (WALTER, 2009; WEBER 2012).

O conteúdo de proteínas no arroz é considerado baixo, em média 7%, e a qualidade da proteína depende de seu conteúdo em aminoácidos. Embora em baixas quantidades como dito anteriormente, a proteína do arroz é classificada como as proteínas mais nobres encontradas nos cereais e a fração proteica apresenta a melhor composição de aminoácidos para o metabolismo. Assim como são observadas variações no teor total de proteínas, também existem diferenças na composição em aminoácidos das proteínas entre o arroz integral e o polido. Além

dos aminoácidos proteicos, o arroz também apresenta pequena quantidade de aminoácidos livres, entre eles, predominam aspartato e glutamato, que correspondem a aproximadamente 60% do total. A boa qualidade das proteínas do arroz se dá pelo fato de que o arroz contém os oito aminoácidos essenciais ao homem (WALTER, 2009 ; SILVA, 2011).

A composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças. Essas diferenças se caracterizam através das variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento, produzindo assim, grãos com características nutricionais diferenciadas. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Sendo assim, o polimento dos grãos resulta em uma redução da quantidade de nutrientes, exceto o amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido (WALTER, 2009 ; WEBER 2012).

Além do amido, que corresponde à aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, os carboidratos são os principais constituintes do arroz e também estão presentes açúcares livres e fibra. 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 (WALTER, 2009).

A fração de fibra alimentar presente no grão de arroz corresponde aos polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal, como a celulose, hemicelulose, amido resistente e pectinas. A concentração dessa fração de fibra é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro. Desta forma, nota-se também que no caso do arroz polido a concentração dessas fibras é baixa (WALTER, 2009).

A concentração de minerais difere nas frações do grão. O conteúdo mineral é grandemente influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e pelo processamento. De forma geral, os minerais apresentam-se em maior concentração nas camadas externas do grão, com aproximadamente 72% no farelo e 28% no grão polido. Entretanto, alguns minerais apresentam distribuição mais uniforme, como sódio e cálcio, permanecendo no arroz branco

polido 63% do sódio e 74% do cálcio do arroz integral. Embora o arroz integral tenha maior concentração de minerais do que o polido, isso não significa necessariamente maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, visto que a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de maiores teores de fibra e ácido fítico no arroz integral (WEBER 2012; WALTER, 2009).

O conteúdo médio de lipídeos presentes no arroz branco polido é de cerca de 1% da fração de nutrientes encontrados e concentra-se no farelo, que contém cerca de 20% de lipídeos em sua composição (WALTER, 2009).

**Tabela 2:** Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral e branco polido.

| <b>Constituinte</b>    | <b>Arroz Integral</b> | <b>Arroz Branco Polido</b> |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| <b>Amido total</b>     | 74,12                 | 87,58                      |
| <b>Proteínas</b>       | 10,46                 | 8,94                       |
| <b>Lipídeos</b>        | 2,52                  | 0,36                       |
| <b>Cinzas</b>          | 1,15                  | 0,30                       |
| <b>Fibra total</b>     | 11,76                 | 2,87                       |
| <b>Fibra insolúvel</b> | 8,93                  | 1,05                       |
| <b>Fibra solúvel</b>   | 2,82                  | 1,82                       |

Fonte: WALTER, 2009

### 2.3.1. Características e propriedades do Amido do arroz

A composição química do arroz branco ou polido, como visto anteriormente, tem como principal constituinte, o amido, que é o principal polissacarídeo de armazenamento das plantas superiores e fonte de energia essencial para muitos organismos, além de interferir diretamente na textura e consistência dos alimentos. Sua estrutura macroscópica tem conformação helicoidal linear, em que camadas dos polissacarídeos amilose e amilopectina associadas entre si por ligações de hidrogênio são depositadas radialmente em torno de um ponto central, denominado hilo (SILVA, 2011; DENARDIN, 2009).

A composição de amilopectina é cerca de duas a cinco vezes maior que a composição de amilose no grão e por serem estruturas complementares, o aumento ou diminuição de amilose refletem inversamente no teor de amilopectina. Um teor de amilose intermediário a alto resultará em grãos mais agradáveis ao consumidor, uma vez que apresentarão grãos mais macios, secos e soltos após o cozimento, mesmo quando reaquecidos (SILVA, 2011; DENARDIN, 2009).

Além das moléculas de amilose e de amilopectina (cerca de 90% da composição total), os grânulos de amido apresentam constituintes minoritários não carboidratos como lipídios, que compõem entre 0,5 a 2% do amido, proteínas que podem representar até 6%, que são basicamente enzimas de síntese ou degradação do amido que podem se tornar ativas em determinadas condições influenciando diretamente na funcionalidade do amido. E por fim, cerca de 1% da composição total do amido é referente a minerais, tais como cálcio, magnésio, fosforo, potássio e sódio (CUEVAS, 2008).

### 2.3.2. Amilose

A amilose é um polímero essencialmente linear, formado por unidades de  $\alpha$ -D-glicose unidas por ligações  $\alpha$ -1,4, com poucas ligações  $\alpha$ -1,6 (em torno de 0,1 a 2,2%), como pode ser observado na Figura 4. A forma com que a amilose está presente no amido varia entre a forma de complexos amilose-lipídeos e amilose livre. Desta forma, muitas das propriedades da amilose podem ser explicadas pela sua habilidade em formar diferentes estruturas moleculares (DENARDIN, 2009).

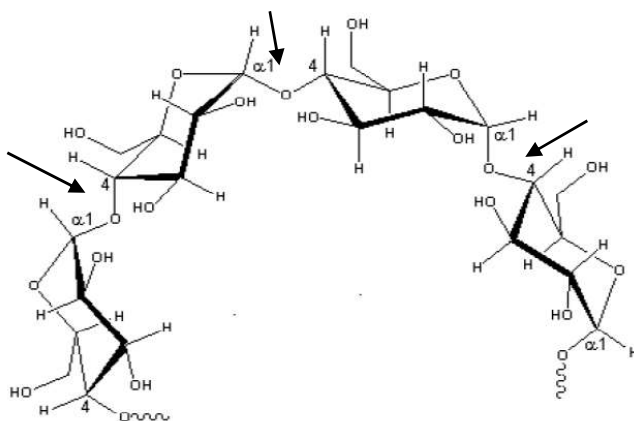


**Figura 4:** Estrutura da amilose.

Fonte: Adaptado DENARDIN, 2009

A quantidade de amilose presente no grão determina como o arroz será quando cozido, ou seja, quanto maior for o teor de amilose, menos pegajoso e mais firme os grãos de arroz se tornarão após o cozimento (CUEVAS, 2008).

### 2.3.3. Amilopectina

A amilopectina é o componente ramificado do amido. Ela é formada por cadeias de resíduos de  $\alpha$ -D-glicose unidos em  $\alpha$ -1,4, e suas ramificações unidas por ligações  $\alpha$ -1,6 como pode ser observado na Figura 5. A amilopectina é, estruturalmente e funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o granulo. As ramificações aumentam à medida que o granulo de amido aumenta, até que preencha os espaços vazios, em consequência, formam regiões concêntricas alternadas amorfas e cristalinas. Acredita-se que a amilose esteja localizada dentro do granulo, entre as cadeias de amilopectina e aleatoriamente entre as regiões amorfas e cristalinas (DENARDIN, 2009).

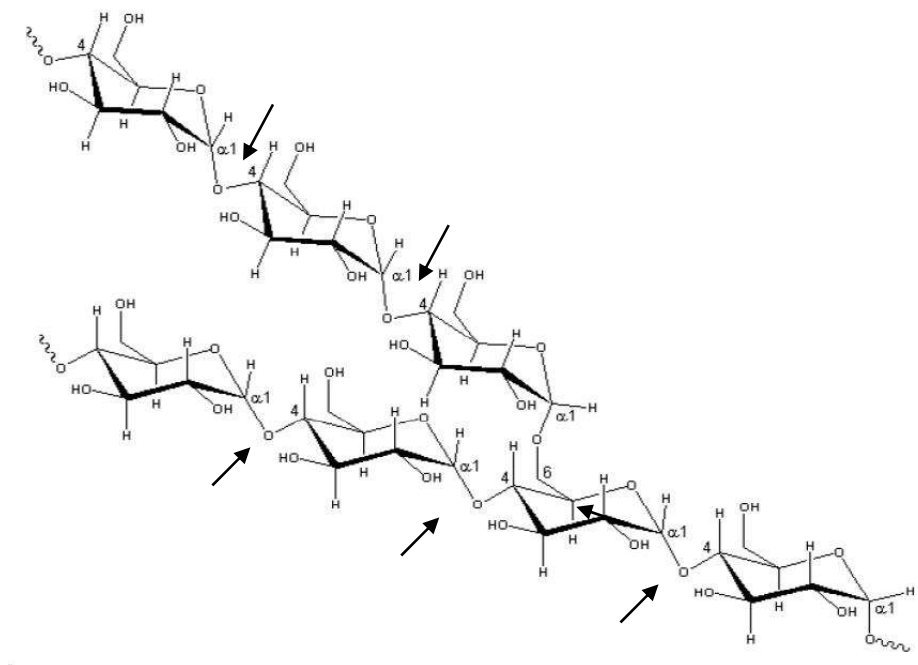


**Figura 5:** Estrutura da amilopectina.

Fonte: Adaptado DENARDIN, 2009

Assim sendo, a amilopectina está organizada em níveis diferentes e cada nível contribui para o efeito global de amilopectina nas propriedades de cozimento do arroz (CUEVAS, 2008).

#### **2.4. Gelatinização do Amido**

Na presença de excesso de água, o amido, sofre uma fase de transição conhecida como gelatinização. Essa gelatinização ocorre quando a água se difunde ao grânulo, causando o inchamento do mesmo devido à hidratação da região amorfa, e consequente perda da cristalinidade (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015).

A gelatinização ocorre inicialmente na região amorfa, favorecida pelas fracas ligações de hidrogênio presente neste domínio e em seguida se estende à região cristalina. A presença de amilose faz com que o ponto de fusão na região cristalina seja reduzida, desta forma, o processo de gelatinização é representado por temperaturas de transição, que são variadas para cada espécie de amido. Semelhante a água, outros solventes são também utilizados para promover a gelatinização (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015).

Contudo, quando o grânulo de amido é aquecido na faixa de temperatura de gelatinização, a molécula perde a orientação devido à quebra das estruturas cristalinas presente no grânulo, assim, o grânulo se rompe, liberando cadeias curtas de amilose gerando espaços vazios dentro do grânulo. Esses espaços vazios formados, subsequentemente são ocupados pela água, o que fornece ao sistema, um meio cheio de amilose dispersa e grânulos inchados compostos principalmente por amilopectina e água (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015).

#### **2.5. Retrogradação**

A interação molecular produzida após a gelatinização e o arrefecimento da pasta é conhecido como retrogradação. Durante a retrogradação, as moléculas de amilose associam-se a outras unidades de glicose para formar uma dupla hélice, enquanto as moléculas de amilopectina recrystalizam através da associação de suas pequenas cadeias. Após a retrogradação, o amido apresenta menor grau de gelatinização quando comparado ao amido nativo, pois sua estrutura cristalina foi

enfraquecida. Inicialmente, o teor de amilose exerce uma forte influência sobre o processo de retrogradação, sendo que uma grande quantidade de amilose está associada a uma forte tendência de retrogradação. Enquanto que, a amilopectina e materiais intermédios só influenciam o processo de retrogradação durante o armazenamento sob refrigeração; cada polímero tem uma diferente taxa de recristalização (ALCÁZAR-ALAY ; MEIRELES, 2015).

Algumas pesquisas mostraram que os componentes da pasta (arroz e água), tais como proteínas influenciam as propriedades de retrogradação através de emulsificação. Por exemplo, proteínas podem formar complexos com o amido, o que acaba retardando o processo de retrogradação durante o armazenamento (ALCÁZAR-ALAY ; MEIRELES, 2015).

A retrogradação é importante uma vez que evita que a textura do arroz seja dura, o que é desejável para o processo. Estudos comprovam também que o congelamento do arroz depois da etapa de cozimento em excesso de água auxilia na retrogradação do amido ajudando a manter sua textura (REWTHONG *et al*, 2011).

## **2.6. Amido Resistente**

O amido é quantitativamente a maior fonte de energia na dieta humana. A digestibilidade do amido é atribuída à interação de vários fatores, incluindo a fonte vegetal, o tamanho dos grânulos, a relação de amilose/amilopectina, grau de associação molecular entre os componentes, grau de cristalinidade, cadeia de amilose comprimento e presença de complexos amilose-lipídeos no grânulo de amido (LOBO; SILVA, 2003).

Por apresentar somente ligações  $\alpha$ -glicosídicas, o amido é potencialmente digerível pelas enzimas amilolíticas secretadas no sistema digestivo humano. Mas no entanto, o amido apresenta digestibilidade variada, podendo até não ser digerida pelo organismo. De acordo com a velocidade com a qual o alimento é digerido, o amido pode ser classificado em: amido rapidamente digerível, amido lentamente digerível e amido resistente.

O amido rapidamente digerível, quando submetido a incubação com amilase pancreática e amiloglucosidase em uma temperatura de 37°C, converte-se em glicose em aproximadamente 20 minutos. O amido lentamente digerido, quando submetido às mesmas condições anteriores, é convertido em glicose em aproximadamente 120 minutos. E é chamado de amido resistente, o amido que resiste à ação das enzimas digestivas após 120 minutos (POLESI, 2009).

Entre os fatores que influenciam a formação do amido resistente estão a gelatinização e a retrogradação do amido. Durante o processamento 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 amido resistente. Quando associadas a lipídios que são ácidos gordos, o amido forma complexos que reduzem a digestibilidade do amido, porque a sua presença diminui hidrólise enzimática por amilase (POLESI, 2009; LOBO; SILVA, 2003).

Com a gelatinização, o amido torna-se mais facilmente acessível à ação das enzimas digestivas, já quando ocorre a retrogradação do amido, e durante o esfriamento e/ou envelhecimento, a amilopectina retrogradada, é limitada pela sua estrutura ramificada, sendo menos firmemente ligadas que os da amilose retrogradada, conferindo a esta última uma maior resistência à hidrólise enzimática. Estudos realizados sobre a influência do comprimento da cadeia de amilose na formação do amido resistente, revelaram que o seu rendimento aumenta com o grau de polimerização da amilose (POLESI, 2009 ; LOBO; SILVA, 2003).

O mecanismo de interação entre a amilose e os lipídios atribui-se à formação de associações por inclusão do lipídio no interior da cadeia de amilose, que adota uma conformação em dupla hélice com estrutura parcialmente cristalina. Este complexo compete com a cristalização da amilose, deixando menor quantidade deste polissacarídeo livre para a formação de pontes de hidrogênio com outras cadeias de amilose (POLESI, 2009 ; LOBO; SILVA, 2003).

A formação do amido resistente é de interesse nutricional, uma vez que como não é digerido no intestino delgado, esse tipo de amido se torna substrato para a fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon, razão pela qual é considerado agente probiótico. Esta fermentação por sua vez possui efeitos benéficos na saúde,

como o favorecimento da vasodilatação, aumento da absorção de água e sais, diminuição do risco de câncer de cólon, inibição da síntese de colesterol, melhor controle do diabetes devido ao baixo índice glicêmico e redução nos índices de colesterol LDL. E desta forma, essa fração compartilha muita das características e benefícios atribuídos à fibra alimentar no trato gastrointestinal (POLESI, 2009).

## **2.7. Legislação vigente**

Para o arroz instantâneo no Brasil, ainda não há nenhuma legislação específica. A regulamentação técnica do Arroz vigente no Brasil é a Instrução Normativa Nº 6, como já citada ao longo desta revisão bibliográfica. Sua primeira versão foi criada em 2009 e em 2012 sofreu algumas modificações (CIENTEC, 2015).

No entanto, em outros países, o termo “Instant Rice” que significa Arroz Instantâneo, possui uma legislação própria que diz que o arroz instantâneo é o arroz processado industrialmente a fim de reduzir o tempo de cozimento. Neste sentido, atribui-se a essa redução no tempo de cozimento, um período de até 5 minutos ou até a quarta parte do tempo de cocção do produto original para ser denominado instantâneo e diferencia-se do arroz de cozimento rápido pelo tempo de cozimento mais curto e pelo processo de obtenção, uma vez que o procedimento industrial para o arroz instantâneo consiste em submeter o arroz polido a um pré-cozimento, seguido de desidratação (CIENTEC, 2015).

Devido ao fato de que os grãos após este processo de pré-cozimento e desidratação ficam muito sensíveis à fragmentação, na maioria das vezes o produto é apresentado em pequenas porções de 125g e 250g (CIENTEC, 2015).

## **2.8. Cinética de secagem**

Na Instrução Normativa Nº 6, de 16 de Fevereiro de 2009, a umidade está definida como sendo o percentual de água encontrada na amostra do produto, isenta de matérias estranhas e impurezas, determinado por um método matemático. Na presente pesquisa determinou-se pelo Método da Estufa (MAPA, 2009).

Quanto ao percentual de umidade, ainda segundo a Instrução Normativa N° 6, é tecnicamente recomendado para o arroz em casca, de qualquer dos subgrupos de ocorrência, um percentual de até 13%. Já o percentual de umidade tecnicamente recomendado para comercialização do arroz beneficiado, das variedades especiais de arroz e de qualquer dos subgrupos de arroz beneficiado, bem como da mistura de arroz polido e parboilizado, deverá ser de até 14% e poderá ser comercializado, desde que não esteja ocasionando fatores de risco à saúde humana (MAPA, 2009).

Quando cozidos, os grãos de arroz formam aglomerados, o que acaba dificultando o processo de secagem, uma vez que, os grãos da camada externa acabam secando mais rapidamente em relação aos grãos da camada interna. Desta maneira, torna-se necessário durante o processo, amenizar tais aglomerados, separando-os de maneira mecânica. Outra maneira de tentar diminuir a quantidade de aglomerados é congelar o arroz após a etapa de cozimento em excesso de água ou lavar o arroz cozido antes da etapa de secagem (AMORNSIN, 2003; REWTHONG *et al*, 2011)

Uma alta taxa de secagem produz uma camada endurecida na superfície dos grãos de arroz individuais, impedindo assim, que a umidade deixe os grãos de arroz. Uma pressão é gerada pelo vapor d'água dentro do grão, e quando a pressão aumenta, o vapor rompe a camada endurecida, gerando fissuras. As fissuras podem ocorrer entre os grãos individuais e na superfície periférica dos aglomerados de arroz, pois os grãos no meio dos aglomerados não secam direito (AMORNSIN, 2003).

A cinética de secagem, ou seja, a rapidez com que o alimento perde umidade, é controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis temperatura, velocidade e umidade relativa do ar. E a taxa de secagem, ou seja, a “velocidade” com que a secagem acontece. A taxa de secagem pode ser calculada pela derivada da umidade em base seca em relação ao tempo, como mostrado pela Equação 1 (PARK *et al*, 2007).

$$Taxa = \frac{dX}{dt} \quad (1)$$

Onde X é o teor de umidade em base seca (Kg água/Kg matéria seca, t é o tempo (segundo).

Numericamente, como se verifica na Equação 2, a taxa pode ser calculada pela diferença entre as umidades (base seca) no instante de tempo que se deseja considerar (PARK *et al*, 2007).

$$Taxa = \frac{dX}{dt} \rightarrow \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_{n+1} - X_n}{t_{n+1} - t_n} \quad (2)$$

Onde  $t_{n+1}$  e  $t_n$  são as leituras do tempo para o instante  $n + 1$  e para o instante  $n$  respectivamente.

Na Figura 6, são mostradas as curvas (a) de evolução do teor de água do produto ( $X$ ), da velocidade de secagem ( $dX/dt$ ), também chamada de taxa de secagem, ao longo do tempo, e (c) da evolução da temperatura ( $T$ ) do produto para um experimento utilizando ar de propriedades constantes.

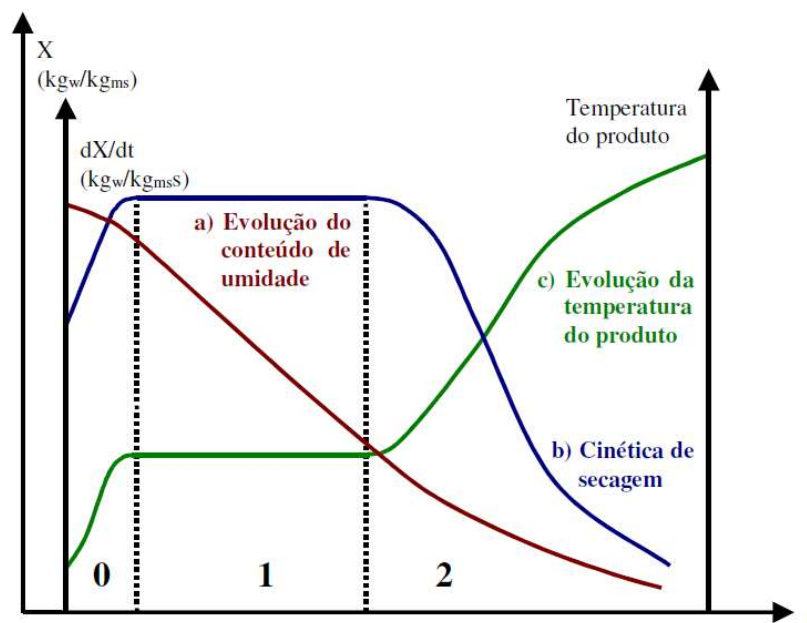


**Figura 6:** Exemplo típico de curvas de secagem

Fonte: PARK *et al*, (2007)

No Período 0, o produto é geralmente mais frio do que o ar, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto ( $p$ ) não tem força e, por consequência, a

transferência de massa e a velocidade de secagem também não tem força. O calor chegando em excesso acarreta uma elevação da temperatura do produto ocorrendo um aumento de pressão e da velocidade de secagem e a duração deste período é insignificante em relação ao período total de secagem (PARK *et al*, 2007).

O Período 1 é aquele no qual a taxa de secagem é constante, ou seja, a velocidade com que a água abandona o produto é constante. Durante este período, como no anterior, a quantidade de água disponível dentro do produto é grande. A temperatura do produto, é também constante. Este período continua enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície (PARK *et al*, 2007).

Por fim, o Período 2 consiste no período de velocidade (taxa) decrescente de secagem. Desde o momento em que a água começa a ser deficiente na superfície, a velocidade de secagem diminui, a temperatura do produto aumenta e tende assintoticamente à temperatura do ar. No final deste período o produto estará em equilíbrio com o ar ( $X = X_{eq}$ ) e a velocidade de secagem é nula (PARK *et al*, 2007).

Os métodos de cálculo da taxa de secagem são aplicados de modo diferente dependendo do período: o período à taxa constante de secagem ou o período à taxa decrescente de secagem. No primeiro caso são as transferências de calor e de massa na interface ar-produto que governam a secagem e fixam a velocidade de secagem, enquanto que no segundo caso são as transferências internas que são limitantes e a taxa de secagem diminui. De onde passa-se do período constante para o período decrescente é chamado de ponto crítico (PARK *et al*, 2007).

Há diversas formas de tentar compreender este efeito de redução na taxa. Uma delas é lei de difusão de Fick (Equação 3):

$$\frac{\partial^2 X}{\partial z^2} = \frac{1}{dif} \cdot \frac{\partial X}{\partial t} \quad (3)$$

Onde X é o teor de umidade em base seca (Kg água/Kg matéria seca, t é o tempo (segundo).

Pela lei de Fick, a taxa decrescente de secagem é função do tempo, posição no corpo e da difusividade. Podemos entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as

condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é intrínseca ao material, convencionou-se chamar de difusividade efetiva ( $D_{ef}$ ) (PARK *et al*, 2007).

Em algumas situações, a teoria difusional não é suficiente para prever o comportamento da taxa de secagem devido a interferências no efeito de resistência interna do material. Para estas situações, podemos aplicar alguns modelos empíricos como o modelo de Page (citado por PARK *et al*, 2007) na Equação 4:

$$\frac{X - X_{eq}}{X_o - X_{eq}} = \exp[-G \cdot t^m] \quad (4)$$

Onde  $X_{eq}$  é umidade de equilíbrio ( $X_o$  a umidade inicial,  $X$  é o teor de umidade em base seca,  $t$  o tempo,  $m$  é um parâmetro adimensional de secagem e  $G$  a constante de secagem  $[\text{tempo}]^{-1}$ .

Desta forma, especificamos as condições de contorno, equacionando o problema para que possamos caracterizar comportamento do período decrescente, segundo a teoria difusional de Fick, e assim, avaliamos a difusividade efetiva que rege o comportamento da curva de taxa decrescente. Supondo por exemplo que possamos aproximar as fatias de uma cebola submetida à secagem à forma de uma placa plana, desta forma as condições são especificadas da seguinte maneira (PARK *et al*, 2007):

Umidade inicial uniforme:  $X(z, t) = X(0, t) = X_o$

Umidade máxima no centro:  $\frac{\partial X}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0$

Umidade constante na superfície:  $X(z, t) = X(\ell, t) = X_{eq}$

Onde  $X_{eq}$  é umidade de equilíbrio ( $X_o$  a umidade inicial,  $t$  o tempo e  $z$  a posição na espessura definida do material), neste caso as fatias de uma cebola.

E assim, substituindo as condições de contorno apresentadas na Equação 3 temos:

$$\frac{X - X_{eq}}{X_o - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \cdot \exp \left[ -(2i+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{D_{ef}}{4 \cdot l^2} \cdot t \right] \quad (5)$$

Onde  $D_{ef}$  é o coeficiente de difusão efetivo ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),  $t$  o tempo (s),  $z$  a distância em relação a um ponto de referência (m) e  $l$  é comprimento característico da semi espessura da amostra (m).

A unidade adimensional  $Y$  (adimensional de teor de água) é especificada na Equação 6:

$$Y = \frac{X - X_{eq}}{X_o - X_{eq}} \quad (6)$$

## 2.9. Análises Físico-Química

As análises físico-químicas são de fundamental importância para caracterização de alimentos, para a determinação do atendimento aos critérios estabelecidos nas legislações e para o controle de possíveis fraudes, além de servirem para determinar a quantidade de nutrientes presentes no alimento.

### 2.9.1. Umidade

Baseia-se na perda de umidade e substâncias voláteis a temperatura de  $105^\circ\text{C}$ . O conteúdo de água (umidade) normalmente é determinado pelo método da estufa, que consiste em colocar a amostra depois de pesada em uma estufa à  $105^\circ\text{C}$  até que a amostra atinja um peso constante. Assim, o teor de água pode ser obtido para cada instante de tempo através da equação 7 (PARK *et al*, 2007):

$$M_t = M_w + M_{sc} \quad (7)$$

Onde:

$M_w$  é de água (Kg);  $M_{sc}$  é massa de sólido seco (Kg) e a  $M_t$  é massa total (massa de água + massa de sólido seco em Kg).

A umidade pode ser indicada de duas maneiras, em Base Úmida ( $X_{bu}$ ) (Equação 7) ou em Base Seca ( $X_{bs}$ ) (Equação 8):

$$X_{bu}(\%) = 100x \frac{M_w}{M_t} \quad (8)$$

$$X_{bs} = \frac{M_w}{M_{Ms}} \quad (9)$$

Ou da relação entre elas:

$$X_{bu}(\%) = \frac{X_{bs}}{1 + X_{bs}} \quad (10)$$

### 2.9.2. Proteína Solúvel

As proteínas são os maiores constituintes de toda célula viva, e cada uma delas, de acordo com sua estrutura molecular, tem uma função biológica associada às atividades vitais. Nos alimentos, além da função nutricional, as proteínas têm propriedades organolépticas e de textura. Podem vir combinados com lipídeos e carboidratos. Os peptídeos e as proteínas são moléculas formadas por aminoácidos ligados entre si por ligações peptídicas. Enquanto os peptídeos podem possuir de dois (dipeptídeo) até dezenas (oligopeptídeo) de resíduos, majoritariamente as proteínas contêm um número próximo ou bastante superior a 100 aminoácidos (JÚNIOR ; KILIKAN, 2005).

As proteínas apresentam estruturas secundárias e terciárias bem definidas em soluções aquosas. Muitas também exibem estrutura quaternária e desempenham funções variadas que vão desde as estruturais até as metabólicas, passando pelas de defesa, motilidade ou de reserva. Essa enorme diversidade funcional coloca as proteínas em posição de destaque no campo das aplicações biotecnológicas. Tal conhecimento gerou enorme interesse por estas biomoléculas e por metodologias que levassem à sua produção, isolamento, purificação, identificação e quantificação. E desta forma, elas passaram a ser sistematicamente estudadas e aprimoradas (JÚNIOR ; KILIKAN; 2005).

Em relação às metodologias empregadas, o procedimento mais comum para a identificação de proteína é a determinação de um elemento ou de um grupo pertencente à proteína. Os elementos analisados geralmente são carbono ou nitrogênio, e os grupos são aminoácidos e ligações peptídicas. Entre os métodos de análise de grupos, destacam-se os seguintes: método por biureto, método por fenol, método por espectrofotometria ultravioleta, métodos turbidimétricos, método dye-binding e métodos físicos (MIWA *et al*; 2008).

Na presente pesquisa, o método utilizado para a determinação de proteínas, foi o método por fenol ou mais conhecido como *Follin-Ciocalteau-Lowry*, ou ainda apenas por Método de Lowry.

Este método foi uma das primeiras determinações colorimétricas de proteína, realizada a partir de 1912. O método de Lowry apresenta limite de detecção de 0,7 mg.L<sup>-1</sup> e leituras de absorbância em comprimento de onda 750 nm. Neste método, ocorre redução dos constituintes ativos do reagente *folin-fenol* por meio das cadeias laterais de alguns aminoácidos que contribuem com quatro elétrons ou pela retirada de dois elétrons de cada unidade tetrapeptídica dos peptídeos e proteínas, que é facilitada pela formação do quelato entre o cobre (II) e peptídeos/proteínas. Após a reação acima ocorrer, a solução desenvolve uma cor que será medida num colorímetro e comparada com uma curva padrão (MIWA *et al*; 2008).

### **2.9.3. Extrato Etéreo**

O método se baseia na extração da fração gordurosa e demais substâncias solúveis através de arraste por solvente. Os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos, insolúveis em água, solúveis em solventes orgânicos tais como éter, acetona, entre outros e contêm ácidos graxos essenciais ao organismo e atuam como transportadores das vitaminas lipossolúveis. Estes são classificados em: simples (óleos e gorduras), compostos (fosfolipídios, ceras etc.) e derivados (ácidos graxos, esteróis) (ZENEBON *et al*, 2008).

A determinação de lipídios em alimentos é realizada, na maioria das vezes, pela extração com solventes, por exemplo, éter. Quase sempre se torna mais simples fazer uma extração contínua em aparelho do tipo *Soxhlet*, seguida da remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado. No entanto, como

não havia nos laboratórios este tipo de aparelho, uma montagem alternativa de extração foi elaborada (ZENEBO *et al*, 2008).

O resíduo obtido destas operações, não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente, mas em quantidades relativamente pequenas, que não chegam a representar uma diferença significativa na determinação (ZENEBO *et al*, 2008).

#### **2.9.4. Fibra Bruta**

O método baseia-se na determinação do resíduo orgânico insolúvel da amostra, após uma digestão ácida e outra alcalina. Ao resíduo orgânico obtido em certas condições de extração, dá-se o nome de fibra. Os métodos de tratamento de extração da amostra variam e é de grande importância, para a comparação de resultados (ZENEBO *et al*; 2008).

Fibras alimentares são definidas como sendo os componentes das paredes celulares vegetais incluídas na dieta humana que resistem à ação das secreções do trato gastrointestinal. As fibras podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade em fibras solúveis e insolúveis (ZENEBO *et al*; 2008).

As fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, retardando o esvaziamento e a difusão de nutrientes; incluem as gomas, mucilagens, a maioria das pectinas e algumas hemiceluloses. Já as fibras insolúveis diminuem o tempo de trânsito intestinal, aumentam o peso das fezes, torna mais lenta a absorção da glicose e retardam a digestão do amido; incluem a celulose, lignina, hemicelulose e algumas pectinas (ZENEBO *et al*; 2008).

Embora em concentrações diferentes, a maioria dos alimentos contém uma combinação dos dois tipos de fibras: as solúveis, tendo como principais fontes alimentares as leguminosas e as frutas e as insolúveis que estão presentes nos grãos de cereais, no farelo de trigo, nas hortaliças e nas cascas de fruta (ZENEBO *et al*; 2008).

### **2.9.5. Cinzas**

O método baseia-se na eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil a temperatura de 550°C a 600°C. O resíduo obtido é denominado cinzas. Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento. Geralmente, as cinzas são obtidas por ignição de quantidade conhecida da amostra. Muitas vezes, é vantajoso combinar a determinação direta de umidade e a determinação de cinzas, incinerando o resíduo obtido na determinação de umidade (ZENEBON *et al*, 2008).

## **2.10. Análises Microbiológicas**

A identificação de patógenos ou a simples presença de micro-organismos são indicadores de higiene o que se torna um fator de extrema importância para garantir a qualidade microbiológica dos alimentos produzidos.

### **2.10.1. Bolores e Leveduras**

Os bolores são células cilíndricas e tem valor considerável; eles são usados para produzir o antibiótico penicilina, queijos, e muitos outros produtos. Contudo, eles também são responsáveis pela deterioração de materiais, tais como matéria têxtil e madeira e causam algumas doenças em humanos, animais e plantas. Eles são formados por filamentos denominados hifas que crescem rapidamente à temperatura ambiente e se ramificam. O conjunto de hifas ramificadas é denominado micélio (PELCZAR *et al.*, 1996).

Algumas espécies se propagam unicamente por meio do micélio enquanto outras por meio dos esporos. Em condições favoráveis os esporos germinam, produzindo hifas, as quais invadem sementes, grãos e outros substratos. Quando o substrato proporciona a umidade necessária, os esporos germinam e o desenvolvimento do fungo ocorre. Os bolores revelam notável capacidade de adaptação e crescimento sob condições extremamente variáveis como a umidade e a temperatura (o intervalo ótimo é entre 25°C a 30°C, mas muitas espécies se desenvolvem em temperaturas de refrigeração a 4°C a 5°C ou mesmo abaixo de 0°C), mas outros fatores podem interferir, como pH, taxa de oxigenação, período de

armazenamento, grau de contaminação, condições físicas dos grãos e infecção por insetos entre outros (PELCZAR *et al*, 1996).

As leveduras, se diferenciam dos bolores por se apresentarem, usual e predominantemente, sob forma unicelular, com forma variada, de esférica a ovóide e de elipsóide a filamentosa. Como células simples, as leveduras crescem e se reproduzem mais rapidamente do que os bolores, e assim como eles, são tanto benéficas quanto prejudiciais. Elas são amplamente utilizadas em indústrias de pães, e são essenciais para a produção de bebidas alcoólicas fermentadas (PELCZAR *et al.*, 1981).

A ocorrência de espécies patogênicas em alimentos é praticamente desconhecida, sua importância reside muito mais no fato de serem eventuais agentes de deterioração em alimentos nos quais apresentam condições de desenvolvimento. As condições para a intensa proliferação de levedura nos alimentos são dadas pelos pH ácido, com ótimo na faixa de 4,0 a 4,5 , temperatura ao redor de 25°C a 28°C, embora muitas espécies se desenvolvam sob refrigeração a 4°C e 5°C, e substrato rico em carboidratos, principalmente açúcares simples (PELCZAR *et al.*, 1981).

Contudo, as análises realizadas para determinação da existência ou não de bolores e leveduras nos grãos é realizada através do método de plaqueamento, onde a amostra é macerada e depois inoculada em uma placa contendo um meio que induza a proliferação dos mesmos. Assim, após aproximadamente 6 dias, pôde-se observar o surgimento ou não de colônias de bolores e leveduras.

#### **2.10.2. Análise de Coliformes totais e fecais**

A maioria dos coliformes são encontrados no meio ambiente, essas bactérias possuem limitada relevância higiênica. Devido ao fato de os coliformes serem destruídos com certa facilidade pelo calor, sua contagem pode ser útil em testes de contaminações pós-processamento. Os coliformes apresentam uma classificação em 2 grandes grupos. O grupo Coliformes Totais e o grupo dos Coliformes Fecais (GEUS ; LIMA, 2006).

Os coliformes totais incluem as bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aeróbios facultativos, capazes de

fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C, que apresenta cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato intestinal de humanos e outros animais de sangue quente (GEUS ; LIMA, 2006).

O grupo dos Coliformes fecais são as espécies que são capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24h a 44,5-45,5°C. Esse grupo inclui três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo a cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* de origem não fecal. Por isso que *E. coli* é a mais conhecida, sendo seu habitat o trato gastrintestinal ela é a indicadora de contaminação fecal, em alimentos processados (GEUS; LIMA, 2006).

Assim como a presença de bolores e leveduras, a presença de coliformes nos alimentos é de grande importância para a indicação de contaminação durante o processo de fabricação ou mesmo pós-processamento. Os micro-organismos indicadores são grupos ou espécies que, quando presentes em um alimento, fornecem informações sobre a ocorrência de contaminação fecal, e consequentemente, sobre a presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial de um alimento, além de poder indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento (GEUS e LIMA, 2006).

### **3. Material e Métodos**

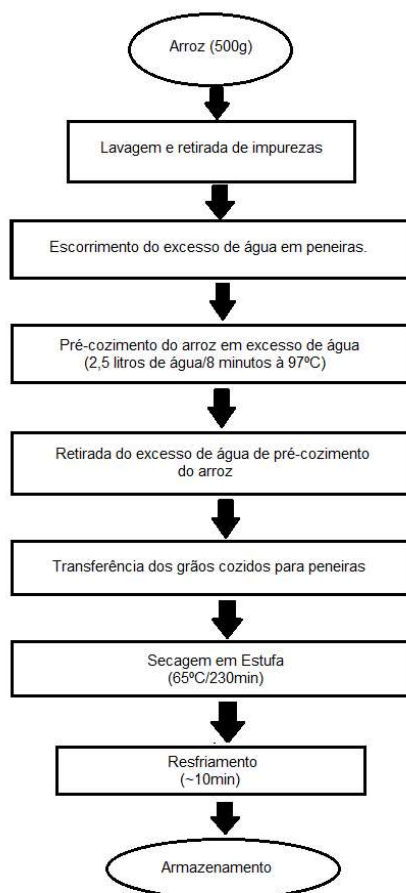
Todos os experimentos foram realizados no período de agosto a novembro de 2015, nos laboratórios da Universidade Federal de São João Del Rei, Campus Alto Paraopeba-CAP, exceto a análise microbiológica de coliformes totais e fecais, a qual foi realizada no Laboratório de Biologia e Tecnologia de Micro-organismos (LBTM)-DECBI-ICEB da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Minas Gerais.

Utilizou-se arroz polido de boa qualidade e, da safra de 2014, marca Tio João (Josapar), produzido em Pelotas, Rio Grande do Sul, e armazenado em temperatura ambiente, em embalagens plásticas.

### 3.1. Processamento do Arroz Instantâneo

O procedimento foi realizado segundo Silva e Ferreira (2014), a matéria-prima foi lavada em água corrente e em seguida com o auxílio do escorredor o arroz foi colocado para escorrer o excesso de água por aproximadamente 40 segundos. Foi adicionada uma proporção de 500 gramas de arroz para 2,5 litros de água dentro da panela e em seguida foi levada ao fogão onde permaneceu durante 8 minutos a 97°C. Após o cozimento, o arroz foi novamente escorrido para a retirada do excesso de água.

O arroz foi então transferido para telas de aço e disposto na estufa de secagem a uma temperatura de aproximadamente 65°C, por 4 à 7h, até que atingisse uma umidade de até no máximo 15%. Após a secagem até no máximo 15%, o arroz foi retirado da tela e armazenado. O fluxograma do processamento é apresentado na Figura 7.



Fonte: SILVA e FERREIRA. 2014

**Figura 7:** Fluxograma do processamento do arroz instantâneo

### **3.2. Análises Físico-Químicas**

Com o objetivo de caracterizar as qualidades nutricionais do arroz instantâneo produzido neste trabalho, foram realizadas as análises de umidade, proteína solúvel, extrato etéreo e cinzas. No entanto, a análise de fibra bruta não foi realizada. A metodologia utilizada para a realização das destas análises físico-químicas são apresentadas no ANEXO I.

### **3.3. Análises Microbiológicas**

A fim de garantir a qualidade do produto final em relação ao consumo do mesmo, as análises de bolores e leveduras, bem como a de coliformes totais e fecais foram realizadas. A metodologia utilizada referente às análises microbiológicas é apresentada no ANEXO II.

## **4. Resultados e Discussão**

Nesta seção, resultados obtidos no processo de desenvolvimento do arroz instantâneo serão apresentados, comentados e discutidos. Logo, focaremos na ampliação destes resultados para sua interpretação.

### **4.1. Cinética de secagem**

O conteúdo de umidade do arroz (10,03%) durante o processo de secagem, apresenta o comportamento apresentado na Figura 8 e para a obtenção desta curva, aproximadamente 10 gramas da amostra do arroz foi colocada em uma balança de umidade. Utilizou-se uma balança de infravermelho MARTE, modelo MS 45 com fonte de calor infravermelho produzido por resistência encapsulada em quartzo, com ajuste de temperatura de 60° C até 180° C e incremento de 1° C, com faixa de umidade de 0-100.

Verifica-se que a medida em que a água é evaporada, a massa total diminui até um valor constante que representa a massa de sólido seco da amostra

A cinética de secagem para o arroz 10,03% de umidade foi realizada e os dados obtidos durante o processo são apresentados na Tabela 3, e através das equações 2, 7 e 8, tal tabela pôde então ser completada..

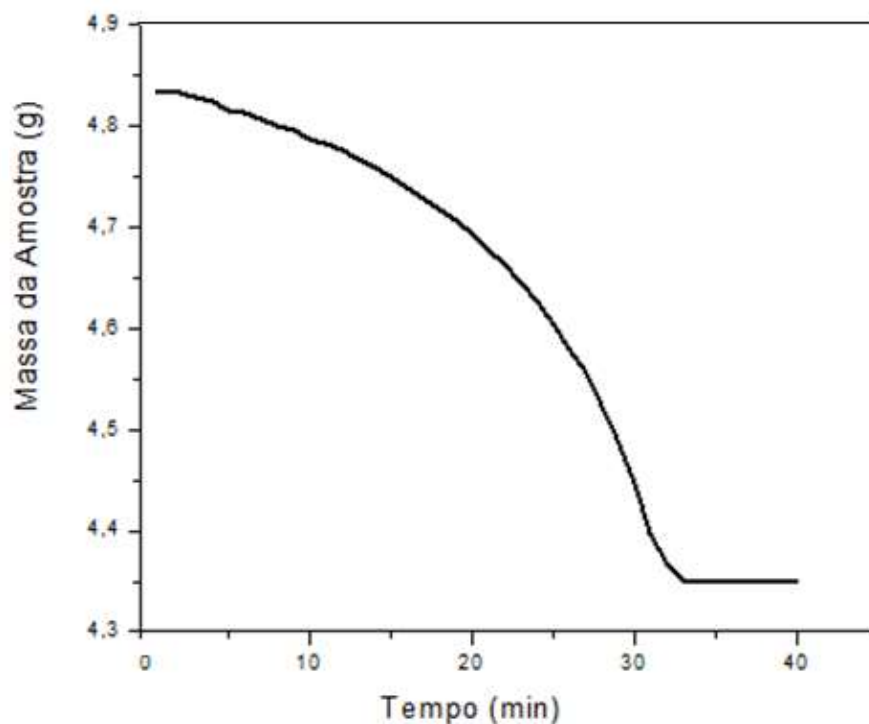


**Figura 8:** Curva de secagem do arroz instantâneo com 10,03% de umidade.

O período onde a taxa varia gradativamente para o período em que a taxa começa a cair bruscamente, chamamos de ponto crítico. Assim o ponto crítico desta secagem está na umidade de 3,14% (base úmida), que pode ser verificada na Tabela 3. Deste ponto crítico em diante desenvolve-se o período decrescente. Neste período a resistência interna passa a predominar e a taxa de secagem diminui.

Segundo PARK *et al*, (2007), há diversas formas de tentarmos compreender este efeito de redução na taxa. Uma delas é lei de difusão de Fick (Equação 3). Ainda segundo PARK *et al* (2007), podemos entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. No entanto, em algumas situações, a teoria difusional não é suficiente para prever o comportamento da taxa de secagem devido a interferências no efeito de resistência interna do material e para estas situações, podemos aplicar alguns modelos empíricos como o modelo de

Page (Equação 4), onde aplicando-se algumas condições de contorno, conseguimos equacionar o problema e resolvê-lo através da Equação 5.

**Tabela 3:** Dados de secagem do arroz instantâneo com 10,03% de umidade.

| <b>Tempo<br/>(min)</b> | <b>Mtotal<br/>(g)</b> | <b>Mw<br/>(g)</b> | <b>Xbs<br/>(gw/gsc)</b> | <b>Xbu<br/>(%)</b> | <b>Taxa<br/>(dX/dt)</b> |
|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
| 0                      | 4,83400               | 0,48500           | 0,111520                | 10,03310           | 0,22300                 |
| 1                      | 4,83383               | 0,48483           | 0,111481                | 10,02993           | 0,07424                 |
| 2                      | 4,83276               | 0,48376           | 0,111235                | 10,01001           | 0,04430                 |
| 3                      | 4,82847               | 0,47947           | 0,110248                | 9,930061           | 0,03136                 |
| 4                      | 4,82418               | 0,47518           | 0,109262                | 9,849964           | 0,02408                 |
| 5                      | 4,81617               | 0,46717           | 0,107420                | 9,700031           | 0,01948                 |
| 6                      | 4,81350               | 0,46450           | 0,106806                | 9,649943           | 0,01633                 |
| 7                      | 4,80765               | 0,45865           | 0,105461                | 9,540004           | 0,01396                 |
| 8                      | 4,80128               | 0,45228           | 0,103996                | 9,419988           | 0,01216                 |
| 9                      | 4,79546               | 0,44646           | 0,102658                | 9,310056           | 0,01072                 |
| 10                     | 4,78859               | 0,43959           | 0,101078                | 9,179946           | 0,00957                 |
| 11                     | 4,78333               | 0,43433           | 0,099869                | 9,080076           | 0,00861                 |
| 12                     | 4,77597               | 0,42697           | 0,098177                | 8,939964           | 0,00777                 |
| 13                     | 4,76707               | 0,41807           | 0,096130                | 8,769957           | 0,00706                 |
| 14                     | 4,75977               | 0,41077           | 0,094452                | 8,630039           | 0,00644                 |
| 15                     | 4,75093               | 0,40193           | 0,092419                | 8,460028           | 0,00588                 |
| 16                     | 4,74005               | 0,39105           | 0,089917                | 8,249913           | 0,00538                 |
| 17                     | 4,72974               | 0,38074           | 0,087547                | 8,049914           | 0,00492                 |
| 18                     | 4,71692               | 0,36792           | 0,084599                | 7,800005           | 0,00451                 |
| 19                     | 4,70620               | 0,35720           | 0,082134                | 7,589988           | 0,00414                 |
| 20                     | 4,69350               | 0,34450           | 0,079214                | 7,339938           | 0,00378                 |
| 21                     | 4,67886               | 0,32986           | 0,075847                | 7,050008           | 0,00344                 |
| 22                     | 4,66231               | 0,31331           | 0,072042                | 6,720059           | 0,00311                 |
| 23                     | 4,64488               | 0,29588           | 0,068034                | 6,370025           | 0,00280                 |
| 24                     | 4,62561               | 0,27661           | 0,063603                | 5,979968           | 0,00249                 |
| 25                     | 4,60407               | 0,25507           | 0,058650                | 5,540098           | 0,00220                 |
| 26                     | 4,58127               | 0,23227           | 0,053408                | 5,069992           | 0,00190                 |
| 27                     | 4,55536               | 0,20636           | 0,047450                | 4,530048           | 0,00159                 |
| 28                     | 4,52408               | 0,17508           | 0,040258                | 3,869958           | 0,00128                 |
| <b>29</b>              | <b>4,48999</b>        | <b>0,14099</b>    | <b>0,032419</b>         | <b>3,140096</b>    | <b>0,00093</b>          |
| 30                     | 4,44728               | 0,09828           | 0,022598                | 2,20989            | 0,00055                 |
| 31                     | 4,39648               | 0,04748           | 0,010917                | 1,079955           | 0,00024                 |
| 32                     | 4,36734               | 0,01834           | 0,004217                | 0,419935           | 0,00007                 |
| 33                     | 4,35031               | 0,00131           | 0,000301                | 0,030113           | 0,00001                 |
| 34                     | 4,34987               | 0,00087           | 0,000200                | 0,020001           | 0,00000                 |
| 35                     | 4,34900               | 0,00000           | 0,000000                | 0,000000           | 0,00000                 |
| 36                     | 4,34900               | 0,00000           | 0,000000                | 0,000000           | 0,00000                 |

O gráfico base seca *versus* tempo apresentado na Figura 9 foi traçado e comparado com a curva (a) da Figura 6.

Nota-se que os perfis de ambas as curvas são semelhantes, uma vez que, representam a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (conteúdo de umidade em base seca, em relação à evolução do tempo de secagem  $t$ ), isto é, a curva foi traçada através dos dados obtidos durante o processo de secagem.

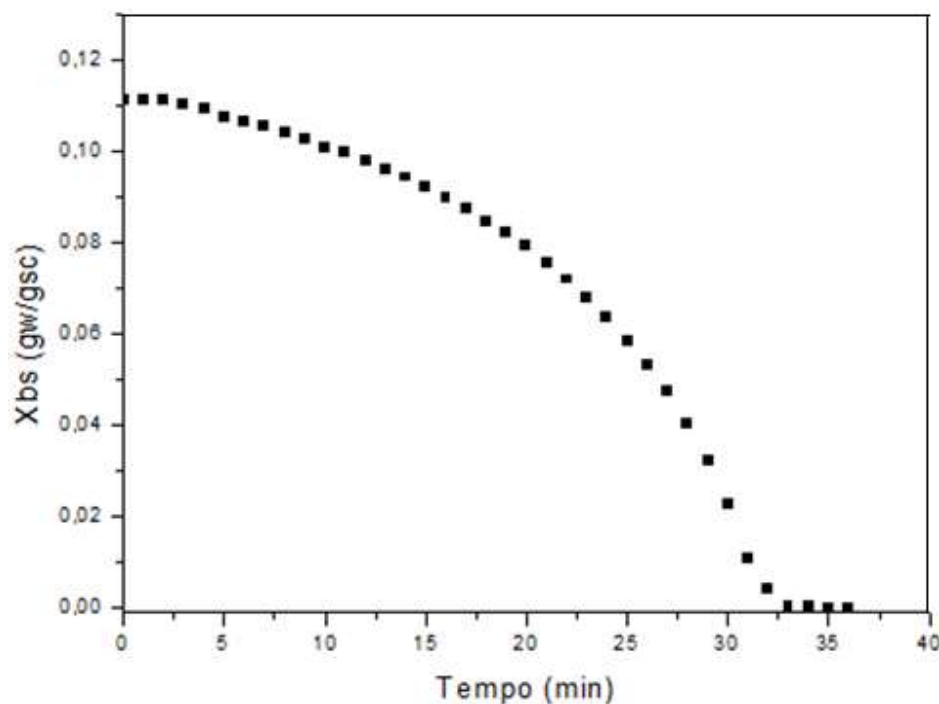


**Figura 9:** Evolução do conteúdo de Umidade no arroz instantâneo.

A curva (b) da Figura 6 representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, ou seja, a variação do conteúdo de umidade do produto por tempo,  $dX/dt$  em relação à evolução do tempo  $t$ , tal curva pode ser obtida, diferenciando a curva da evolução do conteúdo de umidade do produto (Figura 9).

Desta forma, comparando a curva traçada na Figura 10 com a curva (b) da Figura 6, nota-se que o perfil assemelha-se apenas no Período 2, período correspondente à velocidade (taxa) decrescente de secagem, ou seja, momento em que a água começa a ser deficiente na superfície e assim, a velocidade de secagem diminui.

Verifica-se que a taxa de secagem obtida nesta pesquisa para o arroz 10,03% de umidade não passou pelo Período 0 e nem pelo Período 1.

O Período 0, como tratado na seção 2.8, é o período de indução ou o período de se entrar em regime operacional, pois no começo, o produto é geralmente mais frio do que ar. No entanto, a cinética de secagem do arroz com 10,03% de umidade realizada nesta pesquisa foi realizada imediatamente após a secagem do arroz pré-cozido com umidade de aproximadamente 57,15%, o qual foi seco à 65°C até que atingisse a umidade de 10,03%.

Em seguida foi realizada a cinética de secagem do arroz com 10,03% de umidade à 105°C até que toda a umidade fosse retirada. Portanto, uma vez que o procedimento para o arroz 10,03% foi realizado imediatamente depois da secagem do arroz 57,15%, ele ainda se mantinha quente (produto mais quente que o ar) e assim, não necessitando do período de indução, fato que explica a não passagem pelo Período 0.

Na Figura 10, a curva de cor vermelha representa o ajuste dos dados através do Modelo de Decaimento Exponencial de Primeira Ordem e a curva de cor preta representa os dados experimentais.

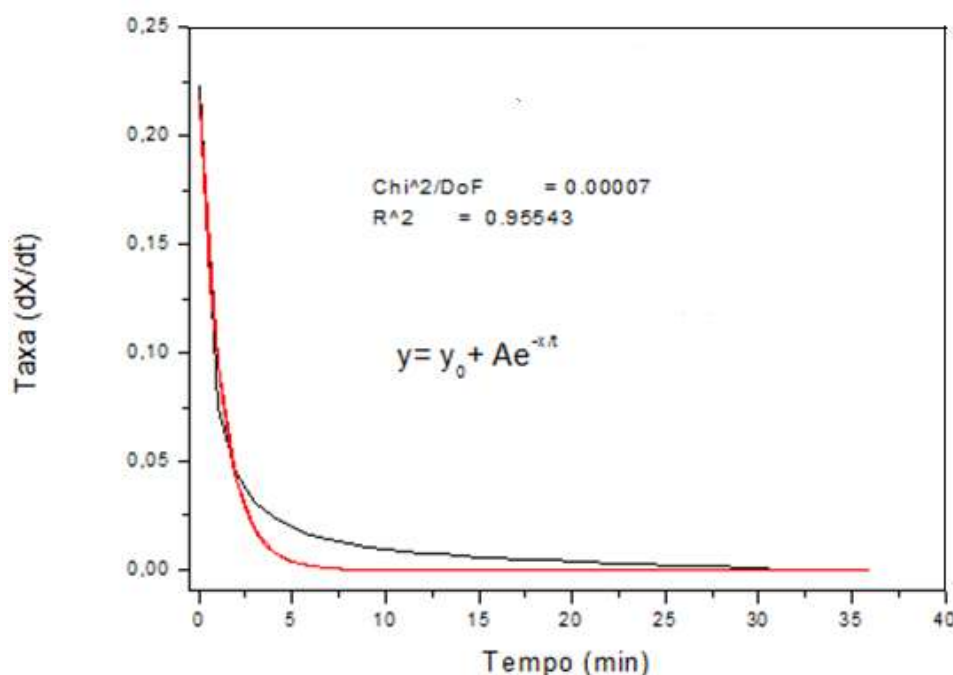


**Figura 10:** Gráfico da velocidade (Taxa) com que a umidade é retirada do arroz instantâneo.

Para obter a curva representativa da cinética de secagem através do cálculo de Y (adimensional de umidade com base na umidade em base seca), adota-se o ponto crítico como  $X_0$  (ponto inicial) e calcula-se a sequência de tempo iniciando neste ponto crítico, que pode-se observar na Tabela 4.

**Tabela 4:** Tabela para a cinética de secagem utilizando o Y adimensional.

| Tempo<br>real<br>(min) | $X_{bs}$<br>(g <sub>w</sub> /g <sub>sc</sub> ) | Y<br>(adimensional)<br>$\left(\frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}}\right)$ |
|------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 0                      | 0,032419                                       | 1,000000                                                              |
| 1                      | 0,022598                                       | 1,131682                                                              |
| 2                      | 0,010917                                       | 1,288304                                                              |
| 3                      | 0,004217                                       | 1,378139                                                              |
| 4                      | 0,000301                                       | 1,430646                                                              |
| 5                      | 0,000200                                       | 1,432000                                                              |
| 6                      | 0,000000                                       | 1,434682                                                              |
| 7                      | 0,000000                                       | 1,434682                                                              |

Os dados de Y obtidos não condizem com os da literatura.

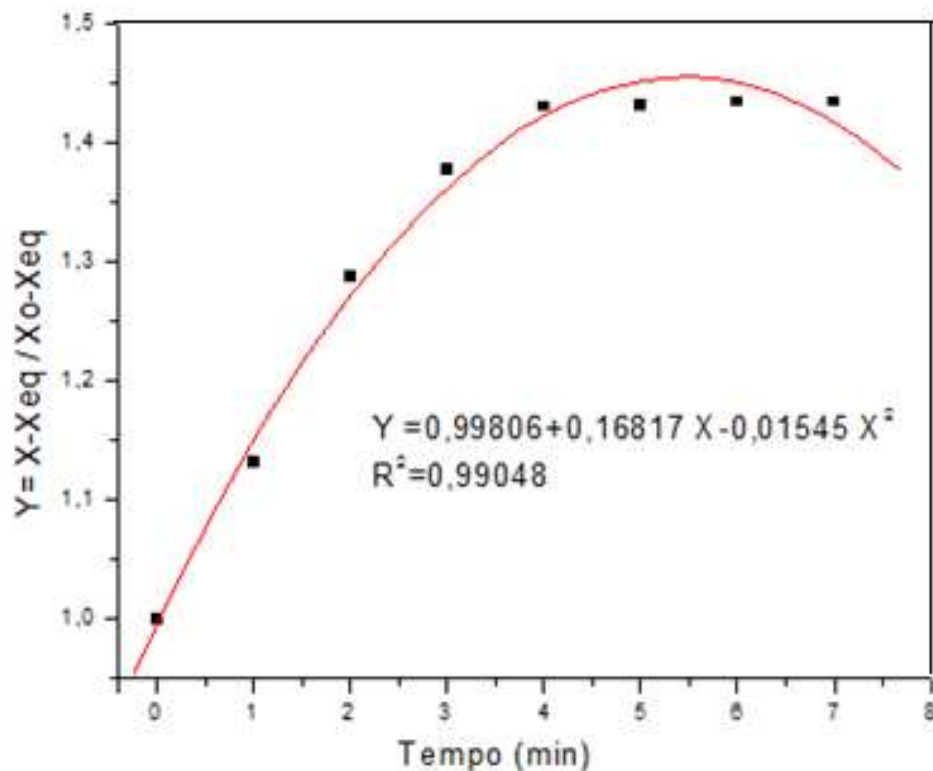
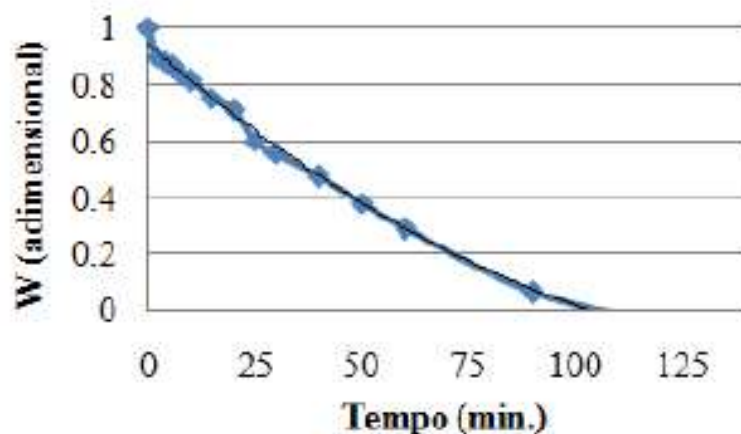


**Figura 11:** Gráfico do Adimensional (Y) versus tempo (min)

Da mesma forma, mesmo com o coeficiente de correlação próximo de 1, a curva de cinética obtida na Figura 11, não condiz com o comportamento das curvas encontradas na literatura.

Na literatura, encontra-se o comportamento observado na Figura 12 a seguir:



Fonte: SILVA e FERREIRA, 2014

**Figura 9:** Comportamento encontrado na literatura para o Gráfico do Adimensional (W) versus tempo (min.).

#### 4.2. Análises Físico-Químicas

A Tabela 5, apresenta um comparativo entre as umidades do arroz instantâneo cozido processado neste trabalho, do arroz instantâneo cozido segundo SILVA E FERREIRA, 2014 e do arroz *in natura* segundo a TACO, 2011. Pode-se observar que o teor de umidade do arroz instantâneo processado neste trabalho foi menor comparado ao processado por SILVA E FERREIRA (2014) e maior comparado ao arroz *in natura*.

Considerando a umidade relativa do ar em Ouro Branco no período de realização do experimento em torno de 45% a umidade de equilíbrio  $X_{eq}$  foi de 10,7% de acordo com Freitas, 2011.

**Tabela 5:** Umidade dos arrozes

| <b>Tipo de arroz cozido</b>                | <b>Umidade (%)</b> |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Arroz Instantâneo                          | 70,37              |
| Arroz Instantâneo (SILVA e FERREIRA, 2014) | 71,31              |
| Arroz <i>in natura</i> (TACO, 2011)        | 69,10              |

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para a composição físico-química do arroz instantâneo processado neste trabalho e o descrito por SILVA e FERREIRA (2014) e a composição segundo a TACO, 2011.

Comparando os valores obtidos para o arroz instantâneo com os obtidos por SILVA E FERREIRA (2014) e os valores do arroz *in natura* (TACO, 2011), observou-se que os valores para lipídeos e cinzas se mantiveram próximos dos valores dos arrozes aos quais foi comparado. O que indica que o arroz instantâneo proposto encontra-se dentro dos valores especificados para cereais.

**Tabela 6:** Composição físico-química das amostras de arroz cru *in natura* e instantâneo.

| <b>Composição</b> | <b>Arroz <i>in natura</i> (%) TACO, (2011)</b> | <b>Arroz Instantâneo (%) SILVA e FERREIRA (2014)</b> | <b>Arroz Instantâneo (%)</b> |
|-------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|
| Umidade           | 13,20                                          | 8,00                                                 | 10,03                        |
| Proteína          | 7,20                                           | 9,77                                                 | 1,49*                        |
| Lipídeos          | 0,30                                           | 0,58                                                 | 0,59                         |
| Cinzas            | 0,50                                           | 0,23                                                 | 0,24                         |

\* Valor adquirido para análise de proteína solúvel

Ainda segundo a TACO (2011), a porcentagem de proteína bruta no arroz polido pode variar entre 2,5 para o arroz cozido e 7,2 para o arroz cru, no entanto, o valor obtido para proteínas ficou bem abaixo de tais valores. Este resultado deve-se ao fato de que para a presente pesquisa, foi realizada a análise de proteínas

solúveis, obtendo o valor de 1,49% o qual não poderá ser comparado com o teor de Proteína Bruta (solúveis e insolúveis) obtido pelos autores.

Comparando o tempo de cozimento dos arrozes, pode-se observar através da Tabela 7, que o arroz instantâneo processado nesta pesquisa obteve um menor tempo de cozimento quando comparado ao arroz instantâneo processado por SILVA E FERREIRA (2014) e ao arroz *in natura*.

**Tabela 7:** Tempo de cozimento dos arrozes.

| <b>Tipo de arroz</b>                       | <b>Tempo de cozimento (min)</b> |
|--------------------------------------------|---------------------------------|
| Arroz Instantâneo                          | 5                               |
| Arroz Instantâneo (SILVA e FERREIRA, 2014) | 6                               |
| Arroz <i>in natura</i>                     | 29                              |

Pelo tempo de cozimento pode-se observar um tempo rápido de cozimento que confere ao arroz a característica de produto instantâneo, vale ressaltar que o menor tempo de cozimento implica em um menor custo de preparo do produto.

#### **4.3. Análises Microbiológicas**

Micro-organismos indicadores são grupos ou espécies de micro-organismos que, quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial do alimento, além de poderem indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento do produto (ICMSF, 1986).

No Brasil, a Resolução RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA), de 2 de Janeiro de 2001 estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos destinados ao consumo humano. No entanto, a legislação vigente no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento não estabelece limites de contaminação por fungos totais e bactérias para o arroz. Estabelece apenas que produtos que apresentarem mal estado de conservação,

incluindo processo de fermentação e mofo, serão desclassificados para o consumo e sendo assim, os resultados aqui encontrados foram comparados com os limites estabelecidos para outros cereais e farinhas, para os quais o valor máximo é de  $5 \times 10^4$  UFC (unidade formadora de colônia).

Com o intuito de verificar no arroz processado neste trabalho a presença ou ausência de micro-organismos os resultados das análises microbiológicas e a metodologia estão apresentados no ANEXO II e na Tabela 8. Os resultados obtidos são comparados com os resultados obtidos por SILVA E FERREIRA (2014).

**Tabela 8:** Resultado das análises Microbiológicas do Arroz Instantâneo

| <b>Análise</b>      | <b>Resultado Silva e Ferreira (2014)</b> | <b>Resultado Arroz instantâneo</b> | <b>Valor Máximo Permitido</b> |
|---------------------|------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Bolores e Leveduras | Ausente                                  | $2 \times 10^*$                    | $5 \times 10^4^*$             |
| Col. Term. (45°C)   | Ausente                                  | Ausente                            | $1 \times 10^2^*$             |
| Col. Total          | Ausente                                  | Ausente                            | Não Regulamentado             |
| <i>E.coli</i>       | Ausente                                  | Ausente                            | Ausente                       |

\* UFC: unidade formadora de colônia.

Verifica-se através dos resultados, a presença de bolores e leveduras em uma quantidade de  $2 \times 10$  UFC, que se apresenta dentro da faixa de valor máximo permitido pela ANVISA, que é de  $5 \times 10^4$  UFC. Entretanto, a presença de micro-organismos em alimentos não significa necessariamente um risco para o consumidor ou uma qualidade inferior desses produtos. Levando-se em consideração um número reduzido de produtos submetidos à esterilização comercial, os diferentes alimentos podem conter bolores, leveduras, bactérias e outros micro-organismos em quantidades que são devidamente regularizadas pelos órgãos responsáveis.

Muitos alimentos tornam-se potencialmente perigosos ao consumidor somente quando princípios de sanitização e higiene são violados, ou seja, se o alimento tem estado sujeito a condições que poderiam permitir o crescimento de agentes infecciosos ou que podem intoxicar o consumidor, aí então, pode se tornar um veículo de transmissão de doenças (ICMSF, 1986).

Segundo a ICMSF (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods*), os micro-organismos indicadores podem ser agrupados

em micro-organismos que não oferecem risco direto à saúde (bolores e leveduras) e os que oferecem um risco baixo ou indireto à saúde (coliformes totais e fecais, *Escherichia coli*) (ICMSF, 1986).

Sendo assim, tomando como base os resultados das análises microbiológicas (Tabela 9), observou-se que o processamento do arroz instantâneo seguiu todos os requisitos de Boas Práticas de Fabricação (BPF).

## **5. Considerações Finais**

O processamento do arroz instantâneo a nível laboratorial atingiu o objetivo de obter um arroz aceitável dentro das legislações vigentes referentes a este alimento.

Após cozido, o arroz instantâneo atingiu uma umidade de aproximadamente 71% o que mostra que após o processo de desidratação o arroz encolhe-se e diminui de tamanho, o que leva a geração de fissuras as quais, durante a reidratação, podem absorver maior teor de água, atingindo níveis de umidade maiores que aqueles adquiridos na primeira etapa de cozimento do processamento.

O arroz pré-cozido e desidratado obtido nessa pesquisa apresentou umidade de 10,03%, o qual está na faixa de umidade de derivados de cereais (de até 15%) exigido pela legislação e os resultados obtidos nas análises realizadas estiveram bem próximos dos dos arrozes aos quais foi comparado.

As composições físico-químicas referentes às análises realizadas são semelhantes ao arroz *in natura*. As análises microbiológicas realizadas indicam que as Boas Práticas de Fabricação foram aplicadas.

E, por fim, o processo de secagem desenvolvido possibilitou a obtenção de arroz instantâneo com tempo de cozimento de aproximadamente 5 minutos o que indica um menor custo e tempo de preparo que garante que o produto obtido pode ser inserido nas refeições diárias possibilitando praticidade e uma alimentação saudável ao dia a dia.

## **6. Sugestões para trabalhos futuros**

Para dar continuidade a esta pesquisa sugere-se a realização da análise nutricional completa e a realização da análise sensorial para avaliar a aceitabilidade do produto. Avaliar o processamento utilizando o congelamento antes da etapa de secagem e a realização da análise de DSC (Calorímetro diferencial por varredura) para avaliação da retrogradação do amido. E a realização da análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para avaliação das superfícies do grão de arroz e uma análise detalhada do tempo de prateleira do produto final.

## 7. Referências

- ALCÁZAR-ALAY S. C., MEIRELES, M. A. A. **Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources.** Food Science and Technology. Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Maio de 2015.
- AMORNSIN, A. **Properties of Waxy Rice Starch and Rice Grain:** Process Development for an Instant Waxy Rice Product. 2003. 193 f. Tese de Doutorado. The University of Georgia. Atenas . Geórgia. Estados Unidos.
- ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 14, de 21 de fevereiro de 2000. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Massa Alimentícia.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/59cd1a004745896b9384d73fbc4c6735/RDC\\_93\\_2000.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/59cd1a004745896b9384d73fbc4c6735/RDC_93_2000.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em 20 de março de 2015.
- ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC\\_12\\_2001.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em 20 de novembro de 2015.
- ARROZ. Gastrovia- **Gastronomia e Turismo.** Disponível em: <<http://www.gastrovia.com.br/noticia/585/arroz->> acesso em 08 de outubro de 2015.
- BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado de) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Cepan), Porto Alegre, RS. 2005.
- BRONDANI, G., VEY, I. H., MADRUGA, S. R., TRINDADE, L. L., VENTURINI, J. C. **Diferenciais de custos em culturas de arroz: a experiência do Rio Grande do Sul.** Revista Universo Contábil, Blumenau v. 2, n. 1, jan./abr. 2006.
- CELESTINO, C. , M., S. **Princípios de secagem de alimentos.** 1ª edição, Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2010.
- FREITAS, C. **Redes arrozeiras do Sul.** 2011. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Arroz/25RO/App\\_Qualidade\\_Arroz.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Arroz/25RO/App_Qualidade_Arroz.pdf)> acesso em 05 de novembro de 2015.
- CIENTEC-Fundação de ciência e tecnologia. **Arroz de A a Z.** Disponível em: <<http://www.cientec.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=234&id=1749>> acesso em 20 de outubro de 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015– Décimo segundo Levantamento - Novembro/2015.** Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)>. Acesso em 30 de setembro de 2015.

CUEVAS, R. P.; FITZGERALD, M. **Linking starch structure to rice cooking quality**. University of Queensland, Brisbane. International Rice Research Institute - IRRI, Filipinas. 2008.

DENARDIN, C.C., SILVA, L.P. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Ciência Rural.Santa Maria.2009. v.39.

EMBRAPA, **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**, disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/index.htm>> Acesso em 16 de outubro de 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Abastecimento. **PORTARIA Nº 269, DE 17 DE NOVEMBRO DE 1988. 2013.Ministério da agricultura e Abastecimento**. Disponível

em:<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Portaria269arroz\\_000g2q4s1ze02wx5ok0r2ma0nki73k2h.htm](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Portaria269arroz_000g2q4s1ze02wx5ok0r2ma0nki73k2h.htm)> Acesso em 20 de abril de 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Abastecimento. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. Novembro de 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/index.htm>> Acesso em 26 de maio de 2015.

GEUS, J. A. M., LIMA I. A. **Análise de Coliformes Totais e Fecais: um comparativo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes**. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais 2006. disponível em: <[http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_tec\\_alimentos/12%20ANALISE%20DE%20COLIFORMES%20TOT%20FECA%20UM%20COMPAR%20TEC%20OFC%20VRBA%20PE.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng_tec_alimentos/12%20ANALISE%20DE%20COLIFORMES%20TOT%20FECA%20UM%20COMPAR%20TEC%20OFC%20VRBA%20PE.pdf)> acesso em 14 de novembro de 2015.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS- ICMSF. **Micro-organisms in foods 2: Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications**. Segunda edição. 1986. Disponível em: <<http://www.icmsf.org/pdf/icmsf2.pdf>> acesso em 23 de outubro de 2015.

JÚNIOR, P. A., KILIKAN, B. V. **Purificação de produtos biotecnológicos**. Barueri: Manole, 2005.

LOBO, A. R.; SILVA, L. M. G. **Amido resistente e suas propriedades físico-Químicas**. Rev. Nutr., Campinas, abr./jun., 2003.

MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Instrução normativa nº 6 de Fevereiro de 2009**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19480>>. Acesso em 30 de Novembro de 2015.

MENEZES, F. **Conheça nove tipos de arroz para colocar no prato**. Março de 2011. Disponível em: <<http://www.minhavidacom.br/alimentacao/materias/13043-conheca-nove-tipos-de-arroz-para-colocar-no-prato>> acesso em 12 de novembro de 2015

MIWA, A. C. P., FALCO, P. B., CALIJURI, M. C. **Avaliação de métodos espectrofotométricos para determinação de proteína em amostras de lagoas de estabilização.** *Engenharia sanitária ambiental*. Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008.

NITZKE, J. ; BIEDRZYCKI, B. ICTA /UFRGS. **Terra de Arroz**, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/index.htm>>. acesso em 08 de outubro de 2015.

PARK K. J., ANTONIO G. C., OLIVEIRA R. A., **Conceitos de processos e Equipamentos de secagem.** Campinas, 2007.

PELCZAR, M.J.; REID, R; CHAN, E.C.S. **Microbiologia conceitos e aplicações.** São Paulo: Mc Graw-Hill, v.2, 1981.

PELCZAR, M.J.; REID, R.; CHAN, E.C.S. **Microbiologia: conceitos e aplicações.** São Paulo: Mc Graw-Hill, v.1, 1996.

POLESI, F. L.. **Amido resistente obtido de amido de leguminosas e de seus hidrolisados.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba 2009.

REWTHONG, O. et al. Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice. **Journal of Food Engineering**, n. 103, 2011

SILVA JUNIOR, J.H. *Food service: requer profissionais do futuro.* *Food Service News* (julho,2009). Disponível em: <<http://www.foodservicenews.com.br/foodservice-servico-requer-profissionais-do-futuro/>> Acesso em 29 de novembro de 2015.

SILVA, N., A., S. **Caracterização e irradiação gama de arroz de diferentes cultivares no controle de insetos-pragas de grãos armazenados e de fungos.** Dissertação de Mestrado, UFLA, Lavras, 2011.

SILVA, R. H.; FERRERA, R. A. R. **Processamento de Arroz Instantâneo em Desidratador Pardal.** FAZU – Faculdades Associadas de Uberaba, Uberaba, MG, 2014.

TABELA Brasileira de Composição de Alimentos– **TACO 2011.** Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>> acesso em 09 de outubro de 2015.

ZENEBON, O., PASCUET, N. S., TIGLEA P. **Métodos físico-químicos para análises de Alimentos.** 4ª Edição. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

WEBER, J., M. **Arroz: características químicas, culinárias e nutricionais das diferentes variedades consumidas no Brasil.** Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2012.

## ANEXO I

### 1. Análises Físico-Químicas

#### 1.1. Umidade

Baseia-se na perda de umidade e substâncias voláteis a temperatura de 105°C.

#### Material e Reagentes

- Balança Analítica (precisão 0,0001g);
- Estufa de secagem;
- Peneiras

#### Procedimentos:

1. Preparou-se o arroz conforme o procedimento descrito no corpo do trabalho.
2. A amostra foi transferida para uma peneira e levada à estufa de secagem.
3. Mediu-se de 5 em 5 minutos o peso da amostra e realizou-se os cálculos.

#### Determinação:

Para cálculo da massa de água:

$$M_w = M_t - M_{sc}$$

E a umidade pode ser indicada de duas maneiras, em Base Úmida:

$$X_{bu}(\%) = 100 \times \frac{M_w}{M_t}$$

#### 1.2. Proteína solúvel

#### Material e Reagentes

- Ácido clorídrico (Reagentes Analíticos Impex).
- Hidróxido de sódio (Reagentes Analíticos Impex), ambos de grau analítico.
- Reagente de Folin-Ciocalteu (Pró-Químios).
- Solução de arroz
- Solução padrão de proteína (BSA 1 mg/mL).
- Solução A (solução de sulfato de cobre 1% (p/v)).
- Solução B (solução de tartarato de sódio e potássio 2% (p/v)).
- Solução C (2% de carbonato de sódio + 0,1 M hidróxido de sódio).

- Reagente E (0,3 mL da solução A, 0,3 mL da solução B e 30 mL da solução C)

### **Procedimento para dosagem de proteína utilizando o método Lowry.**

Pipetou-se de acordo com a tabela 1, diferentes volumes da solução padrão BSA, água e amostra para a montagem da curva de calibração.

**Tabela 1:** Procedimento para dosagem de proteína utilizando método de Lowry.

| <b>Tubo</b> | <b>Volume de<br/>solução padrão<br/>BSA<br/>(1mg/mL)</b> | <b>Volume de<br/>água<br/>µL</b> | <b>Reagente<br/>E</b> | <b>*</b> | <b>Reagente de<br/>Folin-Ciocalteu</b> | <b>**</b> |
|-------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|----------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>    | 0                                                        | 200                              | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |
| <b>2</b>    | 40                                                       | 160                              | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |
| <b>3</b>    | 80                                                       | 120                              | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |
| <b>4</b>    | 120                                                      | 80                               | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |
| <b>5</b>    | 160                                                      | 40                               | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |
| <b>6</b>    | 200                                                      | 0                                | 2 mL                  | sim      | 200 µL                                 | sim       |

\* Aguardar 10' a temperatura ambiente.

\*\* Incubar durante 30' à temperatura ambiente e ao abrigo da luz

### **Preparo da solução de arroz**

- Pesou-se 0,5 g de arroz e adicionou-se 100 mL de água em um béquer de 200 mL.
- A mistura foi batida no liquidificador até que ficasse o mais homogênea possível.
- Centrifugou-se a amostra e ao sobrenadante deu-se o nome de solução de arroz.
- Dois tubos de ensaio em duplicata foram enumerados e preparou-se soluções de acordo com os volumes estabelecidos pela tabela 2.

**Tabela 2:** Esquema para dosagem das proteínas do arroz.

| Tubo | Água  | Solução de arroz | Reagente E | *   | Reativo de Folin-Ciocalteu | **  |
|------|-------|------------------|------------|-----|----------------------------|-----|
| 0    | 0,2mL | -                | 2 mL       | Sim | 0,2mL                      | Sim |
| 1    | -     | 0,2mL            | 2 mL       | Sim | 0,2mL                      | Sim |

\* Aguardar 10' a temperatura ambiente.

\*\* Incubar durante 30' à temperatura ambiente e ao abrigo da luz

Após o término da incubação, as absorbâncias foram medidas (750 nm) e anotadas.

### Determinação

**Tabela 3:** Dados para a montagem da curva de calibração

| Absorbância | Absorbância |       | Volume de BSA (1mg/mL) em mL | Concentração de BSA | Vol. da sol. BSA |
|-------------|-------------|-------|------------------------------|---------------------|------------------|
| 1           | 2           | Média |                              |                     |                  |
| 0           | 0           | 0     | 0                            | 0                   | 2,4              |
| 0,074       | 0,094       | 0,084 | 0,04                         | 0,017               | 2,4              |
| 0,2         | 0,202       | 0,201 | 0,08                         | 0,033               | 2,4              |
| 0,456       | 0,488       | 0,472 | 0,12                         | 0,05                | 2,4              |
| 0,685       | 0,669       | 0,677 | 0,16                         | 0,066               | 2,4              |
| 0,698       | 0,706       | 0,702 | 0,2                          | 0,083               | 2,4              |

Substituindo em y a absorbância encontrada para a amostra e isolando x na equação da reta encontrada no gráfico da Figura 1, conseguiu-se encontrar a concentração de proteínas (x) na amostra, como pode ser observado através das tabelas 4.

O gráfico absorbância vs concentração foi traçado e obteve-se:

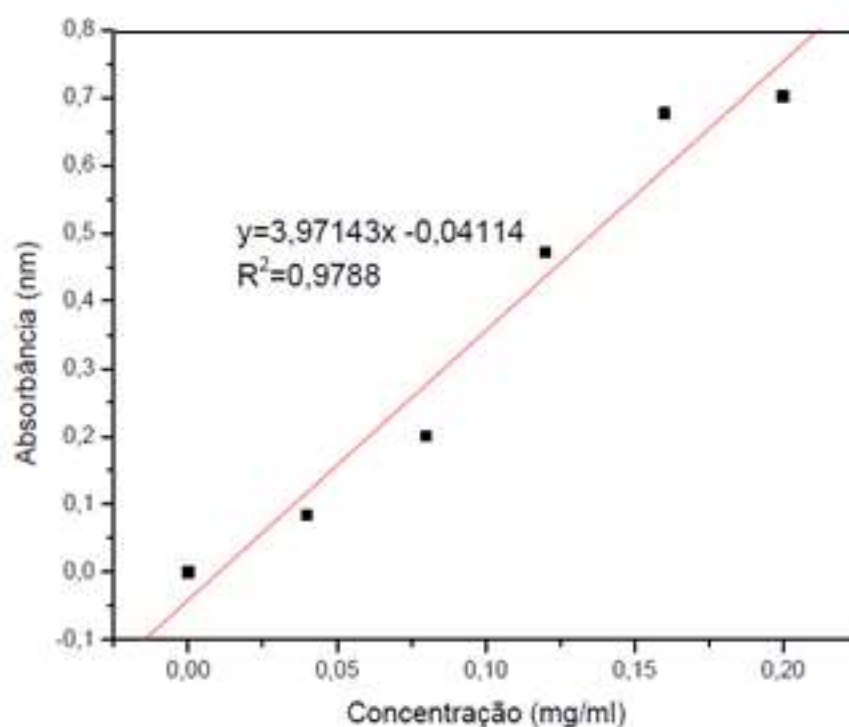


**Figura 1:** Grafico absorbância vs concentração de albumina

**Tabela 4:** Resultado do cálculo da concentração de proteínas na Amostra 1

| Absorbância da Amostra 1 (nm)         | Coefficiente Angular da reta | Coefficiente Linear da reta |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 0,265                                 | 3,97142                      | 0,04114                     |
| 0,247                                 | 3,97142                      | 0,04114                     |
| <b>Proteínas na amostra 1 (mg/ml)</b> | 0,077085778                  | 0,072553394                 |
| <b>Média</b>                          | <b>0,074819586</b>           |                             |

Usando a relação entre a massa de proteína na amostra (mg) e a massa de amostra pesada para o preparo da solução inicial (mg) obtemos:

**Para a Amostra 1:**

Massa de proteína da amostra (mg/ml):

$$0,074819586 \frac{mg}{ml}$$

Massa de proteína na amostra (mg):

$$0,074819586 \frac{mg}{ml} \times 100ml = 7,4819586 mg$$

Massa da amostra em miligramas:

$$0,5g \text{ de arroz pesado} = 500mg$$

Logo, a porcentagem de proteínas no arroz é de:

$$\frac{\text{Massa de proteína na amostra}}{\text{Massa de amostra}} \times 100 = 1,496391719\%$$

### 1.3. Extrato Etéreo

O método se baseia na extração da fração gordurosa e demais substâncias solúveis através de arraste por solvente.

#### Material e reagentes:

- Balança analítica ( precisão 0,0001 g);
- Estufa de secagem;
- Dessecador com sílica gel anidros;
- Balão de fundo chato ou copo Goldfish;
- Aparelho extrator, montagem alternativa Soxhlet.
- Papel de filtro;
- Éter de petróleo p.a..

#### Procedimento

1. Pesou-se 5 g da amostra, a qual foi transferida para cartucho extrator preparado com papel filtro.
2. O balão ou copo foi secado em estufa a 105°C por uma hora, esfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado posteriormente.
3. Foi realizada a montagem alternativa e quantidade suficiente de solvente foi adicionada ao balão ou copo, conectando-o ao extrator.
4. O conjunto foi então acoplado ao condensador.
5. A extração foi feita por um período de 4 horas, totalizando 6 ciclos completos.
6. O solvente foi recuperado através do rotaevaporador
7. O balão ou copo foi secado em estufa a 105°C por 30 min, esfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado.

#### Determinação:

$$\text{Extrato Etéreo \%} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

$$\text{Extrato Etéreo} = \frac{(329,05 - 328,99)}{10,0123} \times 100 = \mathbf{0,59\%}$$

Onde:

A: peso do balão ou copo + resíduo;

B: peso do balão ou copo;

C: peso da amostra em grama.

#### 1.4. Cinzas

O método baseia-se na eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil a temperatura de 550°C a 600°C. O resíduo obtido é denominado cinzas.

#### Material e reagentes

- Balança analítica (precisão 0,0001 g);
- Forno mufla;
- Dessecador com sílica gel anidros;
- Cadinho.

#### Procedimentos

1. Os cadinhos foram limpos, previamente calcinados em mufla a 550°C/600°C por 30 min, e resfriados em dessecador até temperatura ambiente.
2. Foram pesados 3g da amostra em cada cadinho e foram levados à mufla por um período de 3 horas, até que a amostra ficasse acinzentada.
3. Após esse período, esfriou-se os cadinhos em dessecador até temperatura ambiente e pesou-se os mesmos.

#### Determinação:

$$\text{Cinzas \%} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Onde:

A: Peso do cadinho + resíduo;

B: Peso do cadinho;

C: Peso da amostra em gramas.

$$Cinzas = \frac{(40,1293 - 40,1221)}{3,0065} \times 100 = \mathbf{0,239\%}$$

$$Cinzas = \frac{(40,9176 - 40,9104)}{3,0004} \times 100 = \mathbf{0,236\%}$$

$$Cinzas = \frac{(39,5082 - 39,5008)}{3,0074} \times 100 = \mathbf{0,246\%}$$

A média dos valores obtidos nos gera um valor de cinzas equivalente a **0,24%**

## ANEXO II

### 2. Análises Microbiológicas

#### 2.1. Bolores e leveduras

##### Material

- 225 ml de água peptonada (H<sub>2</sub>O<sub>pp</sub>);
- 3 tubos de diluição com 9 ml de H<sub>2</sub>O<sub>pp</sub>;
- 6 placas de Petri de Ágar Sabouraud (o plaqueamento foi feito em duplicata para as 3 diluições).

Preparo da água peptonada: adicionou-se 1g de peptona em 1 litro de água destilada, obtendo-se uma solução 0,1%. Transferiu-se alíquotas de 9 mL desta solução para tubos de ensaio, que foram identificados e a partir deles, obteve-se as diluições.

##### Procedimento

1. Preparação das amostras e diluições seriadas.
2. Três diluições foram selecionadas: 10<sup>-1</sup>, 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup>.
3. Usando uma alça de Drigalski, o inóculo foi espalhado por toda a superfície do meio, por estriamento.
4. Incubou-se a 36°C por 4 dias
5. Após esse período foi realizada a contagem

##### Determinação:

Multiplicar o resultado da contagem pelo inverso do fator de diluição referente a placa. No caso de bolores e leveduras, recomenda-se contar placas com 10 a 150 colônias.

$$UFC = AB$$

$$UFC = 2 \times 10$$

Onde:

A: quantidade de colônias contadas

B: inverso do fator de diluição

#### 2.2. Coliformes totais e fecais

As análises de coliformes totais e fecais Laboratório de Biologia e Tecnologia de Micro-organismos da Universidade Federal de Ouro Preto e para tais, não houve

qualquer indício da existência desses micro-organismos nas amostras analisadas, como pode ser observado no laudo da Figura 2 a seguir:

**RESULTADOS E CONCLUSÕES EM NOVEMBRO DE 2015**

Nas investigações feitas em NOVEMBRO DE 2015 no arroz foi mostrada a AUSÊNCIA de coliformes totais e AUSÊNCIA de *Escherichia coli*.

As amostras do arroz analisado encontram-se **SATISFATÓRIAS**, adequadas para o consumo humano.

Ouro Preto, 27 de novembro de 2015.

**Figura 2:** Laudo da análise de coliformes fecais e totais.