



**Universidade de Aveiro**  
**2019/2020**

Departamento de química

**Anita Ferreira**  
**Gomes**

**Caracterização de variedades de arroz**



**Anita Ferreira  
Gomes**

**Caracterização de variedades de arroz**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia – Ramo Alimentar, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Eduarda Pereira, Professora Associada do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e do Dr. Bruno Henriques, Investigador Doutoramento (nível 1).



## **o júri**

Presidente

Professora Doutora Ana Maria Rebelo Barreto Xavier  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutora Idalina José Monteiro Gonçalves  
Investigadora Júnior da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Eduarda da Cunha Pereira  
Professora Associada da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar ao Diogo Lemos, que sempre se disponibilizou para ajudar, por todos os conhecimentos partilhados, por todas as oportunidades e pela confiança depositada.

Agradeço também à empresa Novarroz, em especial ao Departamento de Qualidade por todo o apoio, por demonstrarem sempre disponibilidade, pelos sorrisos transmitidos e amizade. À Sofia Vaz pela ajuda.

À professora Eduarda Pereira por toda a orientação e disponibilidade.

Ao meu trio favorito, Rafaela e Marta, por estarem sempre lá independentemente da ocasião.

Ao João, por acreditar sempre que eu sou capaz e por toda a compreensão.

E em último, mas menos importante, aos meus pais, sem o apoio deles nada disto seria possível.

Um obrigada a todos!



**Palavras-Chave** *Oryza sativa*, Viscosímetro de Análise Rápida, retrogradação, tempo prateleira, arroz germinado

**Resumo** O Estágio curricular foi realizado na empresa Novarroz – Produtos Alimentares SA, a qual se dedica ao descasque, branqueamento e embalagem de vários tipos de arroz.

As atividades efetuadas na empresa incidiram na caracterização de 50 variedades de arroz com o fim de conhecer melhor algumas características físicas e reológicas do grão, de modo a prever o comportamento do mesmo durante a cozedura. Para tal efetuaram-se análises para caracterizar parâmetros tais como tempo de cozedura, análise de viscosidade e dados biométricos. A subespécie *Indica* tem uma maior relação comprimento/largura, e durante a sua cozedura ocorre uma desorganização moderada da estrutura do amido, havendo durante a fase do arrefecimento uma rápida reestruturação, resultando num gel pouco viscoso e num produto final com uma elevada dureza, contrariamente ao que se verificou na subespécie *Japónica*.

Através de análises reológicas também se estudou o tempo de prateleira de 5 variedades avaliando-se dois fatores: tempo e modo de armazenagem. Concluiu-se que cada variedade vai-se comportar de forma diferente, havendo casos em que a qualidade melhora.

Formulou-se durante o período do Estágio um novo produto, arroz integral fortificado nutricionalmente com o neurotransmissor GABA, o qual possui propriedades que conferem a este hidrato de carbono menor índice glicémico, ideal para diabéticos. Neste estudo identificou-se que acoplar uma pré-germinação seguida de indução mecânica de GABA em arroz integral era o melhor método e conseguiu-se passar de 0,05 g/Kg para um produto final com 0,20 g/Kg de GABA, tendo este propriedades reológicas diferentes das iniciais.



**Keywords**

*Oryza sativa*, Rapid Visco Analyser, retrogradation, shelf time, germinated rice

**Abstract**

The curricular Stage was made in collaboration with the company Novarroz – Productos Alimentares SA, which dedicates to husking, milling, packaging of various type of rice and by-products and to their commercialization.

The activities perform at the company were focus on the characterization of 50 varieties of rice to know some physical and rheological characteristics of the grain, with concerning to know better the grain and predict its behavior during the cooking.

For that analysis were made to characterize some parameters like time of cooking, viscosity and biometrics data. The subspecies *Indica* have a high ratio length/width, and during its cooking the disorganization of starch structure is lower too, with a rapid restructuring during the cooling phase resulting in a low viscous gel and a final product with a high hardness, contrary to what was verified in the subspecies *Japónica*.

Through rheological analysis, the shelf life of 5 varieties was also studied, evaluating two factors: time and mode of storage. It was concluded that each variety will behave differently, having some cases that quality improves.

A new product was formulated during the period of Stage, a brown rice with nutritional fortification in a neurotransmitter, GABA, which has soothing properties and turn this carbohydrate with a lower glycemic index, ideal for diabetics. In this study it was defined that coupling a pre-germination following of an induction of GABA in brown rice was the best method. It was possible to go from 0,05 g/kg to 0,20 g/kg of GABA, and consequently to have a final product with different rheological properties than the initial ones.



## Índice

1. Introdução .....	1
1.1 A empresa do Estágio .....	2
1.2 Objetivos do Estágio .....	2
1.3 Processo industrial de tratamento do arroz na empresa .....	3
1.4 O arroz .....	5
A espécie <i>Oryza sativa</i> L. ....	5
Estrutura anatómica do grão de arroz .....	7
Composição nutricional do arroz .....	8
Hidratos de carbono .....	9
Lípidos.....	13
Proteína.....	13
Minerais e vitaminas .....	14
Caracterização das variedades de arroz .....	14
Fortificação nutricional do arroz .....	17
Ácido $\gamma$ -aminobutírico .....	17
<i>Germinated Brown rice</i> .....	20
Alimentos fortificados com GABA .....	22
2. Materiais e métodos .....	25
2.1 Amostras de arroz.....	26
2.2 Determinação do tempo de cozedura.....	27
2.3 Determinação das características biométricas dos grãos de arroz das variedades analisadas.....	28
2.4 Determinação das propriedades de viscosidade do arroz .....	30
2.5 Determinação de mudanças nas propriedades reológicas no arroz ao longo do tempo de prateleira .....	32
2.6 Fortificação nutricional do arroz.....	33

Seleção de variedades de arroz .....	33
Indução mecânica de GABA em arroz integral .....	34
Pré-germinação em arroz integral .....	34
Indução mecânica de GABA em arroz integral pré-germinado .....	34
Ensaio organoléticos e RVA .....	35
2.7 Análise estatística .....	36
3. Resultados e discussão .....	37
3.1 Características biométricas do grão – Relação comprimento-largura .....	38
3.2 Características biométricas - % de gessado e <i>kett</i> .....	40
3.3 Tempo de cozedura.....	42
3.4 Propriedades reológicas do arroz.....	44
3.5 Tempo de prateleira .....	53
3.6 Fortificação nutricional do arroz.....	60
3.6.1 Quantificação de GABA .....	61
3.6.2 Ensaio organoléticos.....	63
3.6.3 Ensaio reológicos .....	64
4. Conclusão.....	67
5. Bibliografia .....	71
6. Anexos .....	76

## **Índice de tabelas**

<b>Tabela 1</b> - Principais áreas de arroz semeadas e produção (Agronegócios, 2019)....	6
<b>Tabela 2</b> - Composição nutricional aproximada de 100 g de arroz (adaptado (Ito et al. 2019)).....	9
<b>Tabela 3</b> - Analisadas da subespécie Indica, com o respetivo código e tipo. ....	26
<b>Tabela 4</b> - Analisadas da subespécie Japónica, com o respetivo código e tipo. ....	26
<b>Tabela 6</b> - Ciclos de temperatura usados no teste do perfil de viscosidade para o arroz, de acordo com AACC .....	31
<b>Tabela 7</b> - Amostras estudadas no ensaio de tempo de prateleira .....	33
<b>Tabela 8</b> - Amostras usadas no processo de germinação.....	34
<b>Tabela 9</b> - Tabela preenchida por 3 colaboradores após a análise organolética no tempo 0 e tempo 30 dias .....	64



## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> - Logotipo da Novarroz.....	2
<b>Figura 2</b> - Processo de tratamento do arroz em escala laboratorial; à esquerda encontra-se o descascador, seguidamente o branqueador .....	4
<b>Figura 3</b> - Principais países importadores de arroz no mundo em 2018/2019 (Statista, 2019)) .....	6
<b>Figura 4</b> - Imagem de subespécies de arroz a) Japónica b) Indica (Lewis et al., 2007). .....	7
<b>Figura 5</b> - Secção longitudinal de um grão (adaptado de (Juliano, 1984)).....	7
<b>Figura 6</b> - Estruturas químicas da amilose. A) amilose; B) amilopectina .....	10
<b>Figura 7</b> – Exemplos de tipos de arroz existentes no mercado – Basmati, Agulha, Rissoto, Integral, Vaporizado e Redondo .....	17
<b>Figura 8</b> - Ciclo do neurotransmissor GABA - formação e degradação. ....	18
<b>Figura 9</b> - Arroz integral germinado comercializado no Japão .....	23
<b>Figura 10</b> - Teste de cozedura do arroz. 1- Arroz após o tempo de cozedura definido. 2- Arroz esmagado, é notório ainda núcleos brancos indicador que não está cozido. 3- Arroz esmagado sem núcleos brancos, indicador de arroz cozido .....	28
<b>Figura 11</b> - Equipamento VIBE Imaging Analytics .....	29
<b>Figura 12</b> - Equipamento Kett Electric Laboratory .....	29
<b>Figura 13</b> Exemplo de um gráfico de análise da viscosidade do grão de arroz.....	31
<b>Figura 14</b> A) Amostra de arroz moída para análise de RVA; B) Equipamento Rapid Visco Analyser, Modelo TecMaster .....	32
<b>Figura 15</b> Equipamentos usados durante o processo de germinação. A - Equipamento para secagem a vácuo; B - Termobalança. ....	35
<b>Figura 16</b> - Parâmetros biométricos - eixo esquerdo corresponde a largura e comprimento das amostras em mm, e no eixo direito corresponde ao respetivo relação C/L em mm.....	38
<b>Figura 17</b> - Correlação entre a largura em mm e o comprimento em mm para um $p < 0,05$ .....	39
<b>Figura 18</b> - Comparação entre grãos gessados (esquerda) e grãos normais (direita) .....	40
<b>Figura 19</b> - Relação entre o kett das amostras (eixo esquerdo) e a sua respetiva % de gessados (eixo direito).....	41

<b>Figura 20</b> - Correlação entre a % de grãos gessados e o Kett das amostras, para um $p < 0,05$ .....	42
<b>Figura 21</b> - Tempo de cozedura em minutos e respetivo desvio padrão .....	42
<b>Figura 22</b> - Correlação entre a relação C/L das amostras com o respetivo tempo de cozedura, para um $p < 0,05$ .....	44
<b>Figura 23</b> - Viscosidade do Pico (Cp) obtidos a partir da análise de RVA .....	45
<b>Figura 24</b> - Pasting Temperature (°C) obtido a partir da análise de RVA .....	47
<b>Figura 25</b> - Tempo do Pico (min) obtidos a partir da análise de RVA .....	48
<b>Figura 26</b> – Viscosidade de Vala (Cp) obtida a partir da análise de RVA .....	48
<b>Figura 27</b> - Breakdown obtido a partir da análise de RVA. ....	49
<b>Figura 28</b> - Viscosidade final (Cp) obtida a partir da análise de RVA .....	51
<b>Figura 29</b> – Retrogradação obtido a partir da análise de RVA .....	51
<b>Figura 30</b> - Correlação entre o pico da viscosidade e os parâmetros vala, breakdown e viscosidade final para um $p < 0.05$ .....	53
<b>Figura 31</b> – Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra IndicaB .....	54
<b>Figura 32</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra IndicaBP .....	56
<b>Figura 33</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaA .....	57
<b>Figura 34</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaT .....	58
<b>Figura 35</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaM .....	59
<b>Figura 36</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira de todas as amostras submetidas ao ensaio do tempo de prateleira .....	59
<b>Figura 37</b> - A) Arroz subespécie Japonica após descasque e sem tratamento. B) Arroz após pré germinação C) Arroz após tratamento GABA e secagem .....	61
<b>Figura 38</b> - Quantificação do GABA nas amostras controlo e em ambos os tratamentos para indução de GABA .....	61
<b>Figura 39</b> - Parâmetros obtidos pela análise de RVA das amostras controlo e das amostras que sofreram tratamento GABA .....	65

## **Abreviaturas**

**AACC** - American Association of Cereals Chemistry

**A<sub>w</sub>** - Atividade da água

**BRC** - British Retail Consortium

**C/L** - Comprimento-largura

**CP** - Centistokes

**GABA** - Ácido  $\gamma$ -aminobutírico

**GAD** - Ácido L-glutâmico

**GBR** - Germinated Brown rice

**HACCP** - Análise de Perigos e Controlo dos Pontos Críticos

**IFS** - International Featured Standard

**ISO** - International Organization of Standardization (Organização Internacional Padronizada)

**LAB** - Lactic acid bacteria

**MOAH** - Hidrocarbonetos Aromáticos de Óleos Minerais

**MOSH** - Hidrocarbonetos Saturados de Óleos Minerais

**OGM** - Organismo Geneticamente Modificado

**rpm** - Rotações por minuto

**RVA** - Rapid viscosity analysis

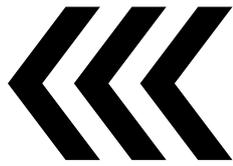
**SGS** - Société Generale de Surveillance

**SNP** - Sistema Nervoso Simpático

**TCW** - Thermocline

**Tg** - Transição vítrea





# **1. Introdução**

## 1.1 A empresa do Estágio

O Estágio foi realizado em ambiente empresarial. A Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. é uma empresa familiar fundada em 1979, localizada em Oliveira de Azeméis, a qual se dedica ao descasque, branqueamento, empacotamento e venda de vários tipos de arroz e subprodutos, nomeadamente casca, trinca e sêmea. Esta opera 24 horas por dia, tem mais de 60 colaboradores (Novarroz, 2019) e tem vindo a afirmar-se no mercado Português. O logotipo da empresa é apresentado na Figura 1.



**Figura 1** - Logotipo da Novarroz

Atualmente a Novarroz é certificada pela SGS (Société Generale de Surveillance) segundo as exigentes normas de qualidade e segurança alimentar BRC (*British Retail Consortium*) e IFS (*International Featured Standard*) (Novarroz, 2019). A empresa tem políticas corporativas que estabelecem uma estratégia desenvolvida com base em seis pilares e objetivos: foco no mercado e no cliente; garantir a qualidade e segurança alimentar; melhoria contínua; proteção da saúde e promoção do trabalho seguro; respeito pelo ambiente, ética e legalidade

## 1.2 Objetivos do Estágio

Este Estágio teve como objetivo inicial a integração no laboratório e na equipa da Novarroz, bem como a aquisição de conhecimentos na área de trabalho da empresa, sendo este acompanhado pelo Diretor do Departamento da Qualidade, Diogo Lemos. O objetivo seguinte e com base no qual foi elaborado este relatório de Estágio, foi caracterizar as variedades de arroz mais representativas da colheita 2019/2020, de modo a dar resposta a gostos específicos do consumidor e identificar o arroz mais apropriado para diversificados pratos culinários. Para tal foi necessário obter conhecimento sobre as características físico-químicas do arroz, ou seja, caracterizar parâmetros como a viscosidade, tempos de cozedura e ainda parâmetros biométricos para cada variedade.

Em campanhas anteriores (outra colheita do ano) foram realizadas análises idênticas, contudo as condições climatéricas e o tipo de solo, entre outros fatores influenciam as

propriedades do arroz sendo necessário efetuar análises às mesmas variedades em todas as campanhas, o que permitirá no futuro obter um padrão de variabilidade. Também em todas as campanhas surgem novas variedades e variedades de regiões de cultivo diferentes, que necessitam de ser caracterizadas.

Uma forma de aproximação ao consumidor é valorizarmos o produto, neste caso, fortificação do mesmo. Assim um dos objetivos deste Estágio foi tornar o arroz mais rico nutricionalmente, com mais compostos bioativos e com um melhor efeito funcional, estimulando a produção de ácido  $\gamma$ -aminobutírico. Para implementar controlo de qualidade do produto final foram realizadas análises organolépticas, microbiológicas e reológicas.

O Estágio permitiu a integração em diversos projetos da empresa tais como colmatar pragas, preservar a qualidade e aumentar a validade do arroz. Assim sendo, a praga que causa mais problemas é a *Sitophilus oryzae* quando se fala em arroz. Foi também realizado um estudo para perceber quais as melhores condições de armazenamento do arroz.

Para além dos objetivos já referidos, este Estágio também pretendeu uma integração no ambiente industrial através da participação em atividades como: realização de inquéritos e fichas técnicas pedidas pelos clientes; conhecimento da legislação do arroz, da legislação de produtos biológicos e *baby food* ao nível dos contaminantes; pesquisa/implementação de medidas de mitigação de vários problemas como a acrilamida e MOSH e MOAH; interpretação/implementação do novo regulamento sobre a origem do produto; acompanhamento e revisão dos planos do HACCP; acompanhamento e revisão dos planos do *food defense*; acompanhamento dos procedimentos de higiene e segurança no trabalho assim como a realização/atualização de procedimentos; acompanhamento de simulacros, nomeadamente gestão de crise e *food fraud*; controlo da rastreabilidade do produto, desde da sua entrada até expedição.

### **1.3 Processo industrial de tratamento do arroz na empresa**

O processo industrial de tratamento do arroz, desde a colheita do grão até ao empacotamento do mesmo, envolve várias etapas nas quais existem medidas de controlo rigorosas que a Novarroz cumpre e se esforça por melhorar cada vez mais.

A matéria-prima chega à Novarroz já seca, sendo este processo executado pelo produtor, devendo a sua humidade não ultrapassar os 14,3%, segundo as condições de consumo referidas no Decreto-Lei nº 157/2017 de 28 Dezembro (Decreto-Lei nº

157/2017, 2017). No laboratório, para além da humidade, a matéria-prima é sujeita a análises para se verificar a presença de parasitas (exemplo gorgulho), presença de impurezas, avaliada a aparência do arroz branqueado, e ainda são avaliadas características biométricas e o rendimento do arroz, ou seja, retiram-se todas as impurezas, casca e sêmea e faz-se o cálculo de efetivamente quanto grão perfeito existe. Outras análises como a determinação de contaminantes, de Organismos Geneticamente Modificado (OMG), parâmetros microbiológicos e valores nutricionais são realizadas em laboratórios externos certificados.

No laboratório as amostras recolhidas sofrem um processo industrial em escala pequena: descasque, branqueamento e separação dos grãos de arroz bom da trinca, usando o equipamento da Figura 2.

Depois de verificar se o arroz se encontra nas devidas condições e de acordo com a legislação em vigor, o arroz é armazenado em silos. Os silos permitem uma monitorização contínua da temperatura e possibilitam a ventilação e administração de tratamentos de pragas no arroz conforme a legislação em vigor.



**Figura 2** - Processo de tratamento do arroz em escala laboratorial; à esquerda encontra-se o descascador, seguidamente o branqueador

Quando o arroz sai dos silos de armazenagem, passa nas despedradoras e tararas para remover as impurezas como as palhas e as pedras.

O passo seguinte é a remoção da casca do grão de arroz através da fricção exercida pela passagem no meio de dois rolos de borracha que circulam a velocidades diferentes e em sentidos opostos. A casca resultante deste processo é então o primeiro subproduto,

podendo esta ser armazenada e convertida em fardos de casca para uso como fertilizante dos solos, e, posteriormente vendida a indústrias locais.

Depois da casca removida, o arroz integral passa pelo processo de branqueamento no qual é removido o pericarpo, transformando-se em arroz branqueado e conseqüentemente obtém-se dois subprodutos: as trincas provenientes da erosão do processo de branqueamento e a sêmea de arroz. A sêmea de arroz é encaminhada para outros processos, podendo ser comercializado para alimentação animal devido ao elevado valor nutricional, assim como a trinca.

Seguidamente, o arroz é triado numa seletora, no qual os grãos de arroz que cumprem as disposições legais e condições do cliente seguem para a linha de empacotamento e os restantes seguem para as linhas de rejeitados. Adicionalmente, dependendo dos requisitos do cliente/mercado o arroz pode ser matizado, ou seja, é envolvido por uma camada de óleo alimentar, melhorando a aparência.

Por fim o arroz é embalado e armazenado em condições controladas de humidade e temperatura, garantindo a boa qualidade do arroz e minimizando a possibilidade de contaminação.

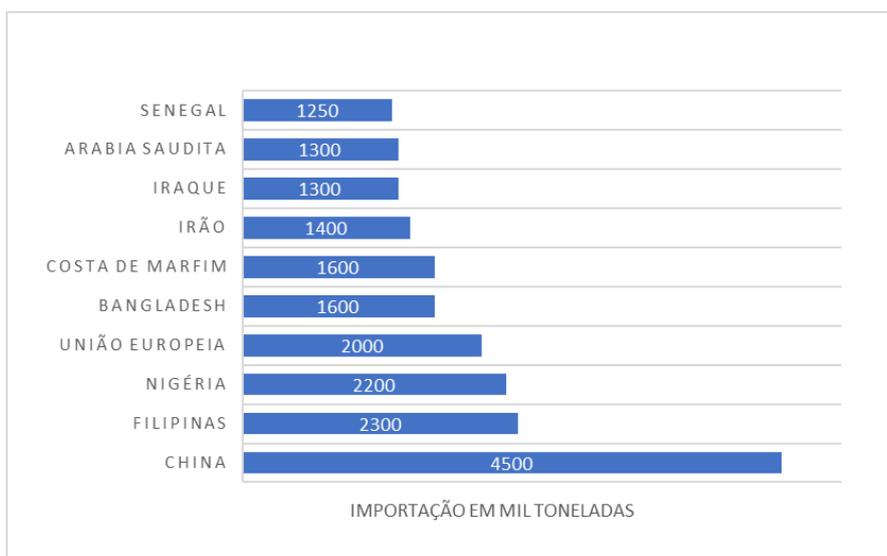
Destaca-se a presença de magnetos ao longo de todo o processo industrial e de detetores de metais no final do mesmo para garantir a boa qualidade do produto.

## **1.4 O arroz**

### **A espécie *Oryza sativa* L.**

O arroz é uma cultura mundial de grande importância fazendo parte da base da dieta de mais de 3 bilhões de pessoas, o que corresponde a mais de metade da população mundial (Oko et al., 2012;Walter et. al 2008). Este cereal é amplamente cultivado em todo o mundo apesar dos requisitos exigirem, no geral, temperaturas da água médias a altas e suprimentos de água abundantes. Tornou-se o segundo cereal mais importante no mundo, ocupando um dos três lugares de maior importância no que toca a cultura de cereais juntamente com o milho e trigo (Oko et al., 2012). O arroz representa 42% das calorias consumidas por dia pela população mundial (Ondrasek, 1972), tendo também grande valor económico para muitos países devido às exportações. Destes países destacam-se os asiáticos por apresentarem números mais elevados de produção de arroz a nível global. Quanto à Europa, consome-se mais arroz do que aquele que se produz, tornando-a no quarto importador mundial em 2018/2019, como se verifica na Figura 3

(Statista, 2019). Portugal é um dos principais produtores de arroz, assim como Itália, Espanha, Grécia e França, como se verifica na Tabela 1 (Agronegócios, 2019)



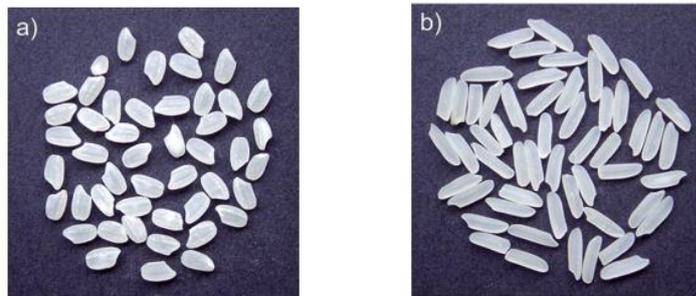
**Figura 3** - Principais países importadores de arroz no mundo em 2018/2019 (Statista, 2019))

**Tabela 1** - Principais áreas de arroz semeadas e produção (Agronegócios, 2019)

País	Área (1.000 ha)	Produção (1.000 Tn)	Productividade (Tn / ha)
Itália	240	1.500	6,3
Espanha	120	915	7,6
Grécia	35	250	7,1
Portugal	30	185	6,2
França	22	132	6,0
Roménia	12	50	4,2
Bulgária	10	35	3,5
Hungria	3	10	3,3
<b>Total Europa</b>	<b>472</b>	<b>3.077</b>	<b>6,5</b>

Todas as variedades de arroz existentes fazem parte da família das gramíneas, sendo conhecidas como *Gramineae* ou *Poaceae*. As duas espécies mais conhecidas são: *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud. A espécie *Oryza sativa* teve origem na Ásia e foi posteriormente exportada para outros países (Ito & Lacerda, 2019). Consequentemente, quase todas as variedades de arroz existente derivam de *Oryza sativa*. Estas espécies podem ser divididas em 3 subespécies: *Indica*, *Japónica* e *javanica* (Kennedy & Burlingame, 2019). Destas 3 as mais comuns são a *Indica* e *Japónica*, sendo que a subespécie *Indica* representa 80% do arroz cultivado (Juliano, 1984; Kennedy & Burlingame, 2019). Na Figura 4 observa-se que a subespécie *Indica* se caracteriza por

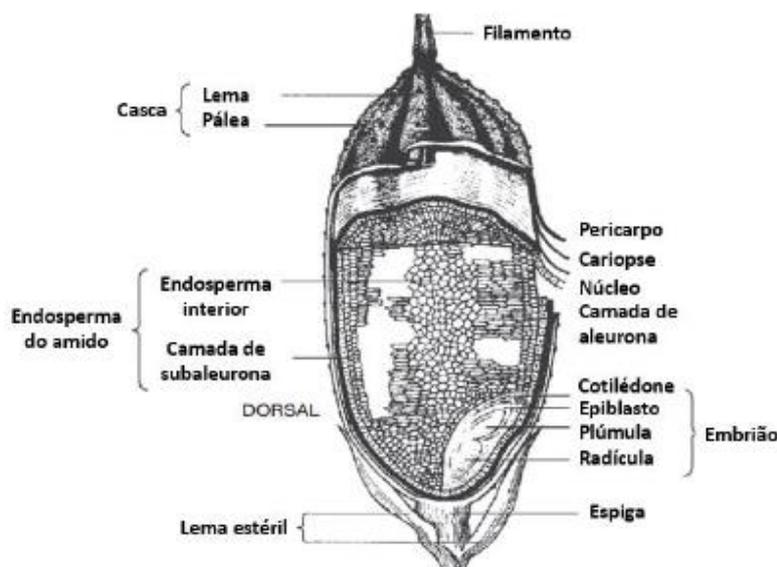
apresentar grãos longos e a *Japónica* por grãos curtos e largos. A sua proveniência quanto ao clima é diferente, sendo a subespécie *Indica* proveniente de climas tropicais contrariamente à *Japónica* que é mais tolerante a temperaturas frias, dando-lhe assim vulnerabilidade a secas e pragas (Ondrasek, 1972).



**Figura 4** - Imagem de subespécies de arroz a) Japónica b) Indica (Lewis et al., 2007).

### Estrutura anatómica do grão de arroz

Após o descasque do arroz recupera-se a casca do mesmo e obtém-se o arroz integral ou em película (Ghosh et. al 2019; Juliano, 1993). O fruto do arroz é a cariopse, em que uma única semente é fundida com o pericarpo, formando um grão semelhante a uma semente. Já a casca é constituída por lema, pálea e filamento, como mostra a Figura 5, e representa cerca de 20% do peso bruto do arroz (Chang, 1965).



**Figura 5** - Secção longitudinal de um grão (adaptado de (Juliano, 1984))

O arroz integral é constituído por pericarpo, película, núcleo, gérmen e endosperma. O gérmen corresponde ao embrião da semente do arroz e apresenta células ricas em corpos proteicos e lipídicos (Juliano, 1993), o qual irá fornecer proteínas e ácidos gordos (Ito & Lacerda, 2019). O endosperma, que ocupa a maior parte do espaço do grão, representa uma fonte de amido, proteínas e lípidos (Juliano, 1993; Walter et al., 2008).

Caso o arroz em película sofra o processo de polimento para a remoção do farelo (pericarpo, película, camada de aleurona e o gérmen) obtém-se o arroz branco (Walter et al., 2008), o mais aceite e mais consumido no mundo (Ghosh et al., 2019). O processo de branqueamento reduz a composição nutricional do mesmo, uma vez que são aplicadas forças abrasivas para remover a caca e outros constituintes do arroz, removendo componentes ricos em proteína, fibra, óleo, minerais e outros fitoquímicos, tornando o grão branqueado rico em hidratos de carbono (Ito & Lacerda, 2019).

Assim, existem diversas diferenças entre o arroz branqueado e o integral, sendo uma delas o tempo de cozedura. O arroz integral devido à presença de camadas do farelo ricas em fibras, as quais são perdidas aquando o branqueio, tem dificuldade na entrada de água no grão de arroz demorando mais tempo a gelatinizar o amido (Sirisoontarak et al., 2015). E, após cozedura, o arroz integral apresenta uma textura dura e com alta mastigabilidade, o que nem sempre são aspetos positivos para o consumidor (Chen et al., 2012).

O grão, tanto em casca como em película, pode ser sujeito a alguns tratamentos, sendo o mais conhecido a vaporização. É um processo hidrotérmico onde o arroz é imerso em água quente, de seguida exposto a temperaturas elevadas e pressão de vapor. Por fim este é seco obtendo-se o arroz vaporizado cujo o amido está gelatinizado, ficando sempre solto após a cozedura, diminuindo também o tempo da mesma (Decreto-Lei nº 157/2017, 2017). Ocorrem também alterações físicas durante a vaporização, o grão fica com um tom mais dourado, devido a reações de Maillard não enzimáticas e a migração de pigmentos e nutrientes provenientes da casca (Sareepuang et al., 2008). Este processo térmico permite um maior rendimento industrial do cereal porque vai conferir resistência à degradação por parte de insetos e fungos (Sareepuang et al., 2008).

### **Composição nutricional do arroz**

O conhecimento da composição do arroz é fundamental para se entender o comportamento do mesmo aquando a cozedura (Zhou et al., 2002). Fatores como rácio entre amilose e amilopectina, quantidade de fibra vão ter impacto na cozedura, assim

como na capacidade de absorção de água, conseqüentemente como o arroz se comporta após a cozedura. Por exemplo, é importante para sabermos se o produto final vai apresentar um comportamento “solto” ou “malandro”, ou se é capaz de formar um bolo. É fundamental o conhecimento destes aspetos para adequar cada variedade de arroz a um determinado prato. A quantidade de proteína e lípidos é também um fator importante a nível organolético.

A composição química do arroz varia amplamente e depende do ambiente, solo e variedade. Valores como percentagem de amido, lípidos e proteínas também podem variar com o método de cultivo (Zhou et al., 2002):

O arroz é rico em hidratos de carbono, sendo o principal o amido (Tabela 2), influenciando o branqueamento na composição nutricional. Em comparação com os dois tipos de arroz o farelo pode ser considerado uma maior fonte de fibra, proteína e lípidos.

**Tabela 2** - Composição nutricional aproximada de 100 g de arroz (adaptado (Ito et al. 2019))

Tipo de Arroz	Amostras	Humidade (%)	Hidratos de Carbono (g)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	Cinzas (g)	Referência
Integral	n=10	NA	NA	9,5	2,2	NA	0,9	Frei & Becker, 2005
	n=138	13,8	87,5	7,7	3,3	NA	1,5	Naro, 2011
	*	11,37	86,55	8,7	3,2	3,9	1,6	USDA, 2014
Branqueado	*	12,31	91,07	7,6	0,65	2,8	0,64	USDA, 2014
Farelo	*	6,13	52,93	14,2	22,2	22,4	10,6	USDA, 2014

### Hidratos de carbono

O amido é o hidrato de carbono principal do arroz branqueado (Walter et al. 2008; Oko et al., 2012). Contudo, além do amido, existem outros hidratos carbono, como açúcares livres, maioritariamente sacarose, mas também glucose e frutose que se localizam nas camadas externas do grão. A sua concentração depende da variedade, grau de polimento e do processamento a que o arroz é sujeito (Walter et al., 2008).

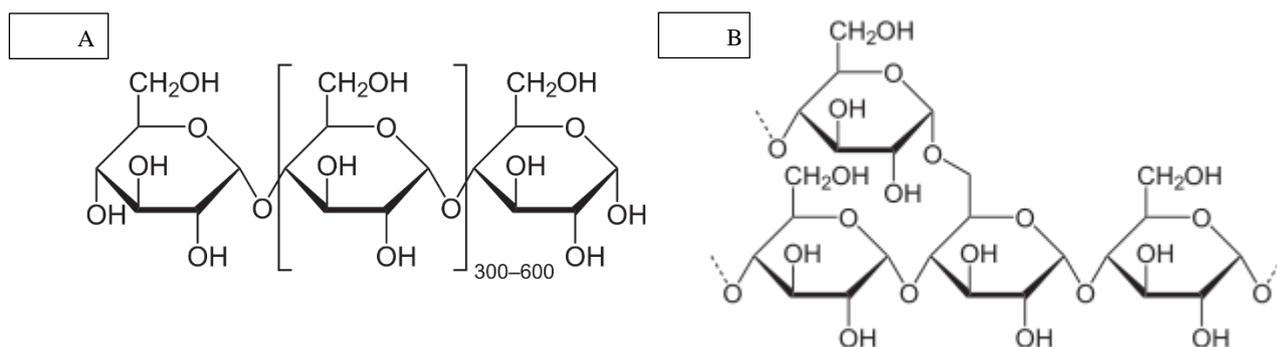
A fibra alimentar corresponde a polissacarídeos não digeríveis, como a celulose, amido resistente, hemicelulose e pectina que também marcam presença em maior concentração nas camadas externas. Estes componentes, presentes em maior quantidade no arroz integral, têm um maior efeito saciante por não serem digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal (Bosaeus, 2004). As propriedades deste componente vão acarretar

benefícios para o bom funcionamento intestinal e redução do colesterol ( Oko et al., 2012).

### Amido

O amido é diferente para cada variedade de arroz, tendo a subespécie *Indica* uma percentagem média de amido total entre os 79,2% e a subespécie *Japónica* uma menor percentagem de amido total, correspondendo a um valor médio de 77,8% (Hu et al., 2004). Segundo Storck, a percentagem de amido total também varia segundo o branqueamento de arroz, tendo o arroz que sofre polimento uma maior percentagem de amido total (87,58%) que o arroz integral (74,12%) (Storck, 2004).

O amido é maioritariamente constituído por amilose e amilopectina, os quais são compostos pelos mesmos polímeros com base de glucano, mas com diferente tamanho e grau de ramificação (Bao, 2019). A amilose é formada por unidades de  $\alpha$ -D-glicopirranose ligadas em  $\alpha$ - (1,4), podendo apresentar, em média, 2-5 cadeias ramificadas com ligações  $\alpha$ - (1,6) (Denardin, 2009). Esta tende a assumir um arranjo em forma de hélice (Juliano, 1993; Bao, 2019). Já a amilopectina é semelhante à amilose, evidenciando um maior número de ramificações, sendo que 5-6% da sua estrutura corresponde a locais de ramificação feita através de ligações  $\alpha$ -D-(1-6), conferindo-lhe uma estrutura ramificada (Juliano, 1993). Na Figura 6 estão representadas ambas as estruturas.



**Figura 6** - Estruturas químicas da amilose. A) amilose; B) amilopectina

Sabe-se ainda que, as diferentes subespécies podem ser classificadas segundo o conteúdo de amilose (Balindong et al., 2018). Em geral, o arroz com grão mais longo é mais rico em amilose do que as variedades com grão mais curtos, os quais são mais ricos em amilopectina (Lewis et al., 2007). A variedade *Japónica* tende a ter menor percentagem de amilose do que a variedade *Indica*. Segundo Kennedy e Burlingame os

valores de amilose podem variar entre os 0,5-33 mg/100g (Kennedy & Burlingame, 2003).

Koutroubas e a sua equipa, em 2004, obtiveram valores do conteúdo de amilose segundo a subespécie. Após estudo de 25 variedades da subespécie *Indica* obtiveram que em média esta subespécie apresenta cerca de 23,9% de amilose. A subespécie Japónica apresenta valores entre 19,4%-20,4% dependendo se se trata da variedade média ou redonda (Koutroubas et al., 2004). O estudo da equipa de Hu de corrobora o anterior indicando que é a subespécie *Indica* com maior percentagem de amilose (22,7%) aquando comparada com a subespécie *Japónica* (19,8%) (Hu et al., 2004).

No entanto, a amilopectina é a principal molécula constitutiva dos grânulos de amido (30 a 99%) no endosperma do grão, sendo essencial para a sua síntese (Melissa, 2004). Pode-se assim calcular a percentagem de amilopectina através da diferença entre 100% e a respetiva percentagem de amilose para cada variedade.

A proporção do teor de amilose e de amilopectina tem também um efeito sobre as características funcionais e de inchamento do amido, solubilidade em água, capacidade de ligação à água assim como nas propriedades microscópicas de géis de amido, tais como distorção granular e inchaço (Simsek et al., 2013). Consequentemente, irá determinar a textura do arroz cozido, sendo as variedades de arroz mais ricas em amilopectina conhecidas por um arroz mais viscoso e macio após cozedura.

Além disso, o arroz pode ser classificado segundo o teor de amilose como glutinoso (1 a 2%), muito baixo (2 a 12%), baixo (12 a 20%), intermediário (20-25%) e alto (> 25%) (Walter et al., 2008; Kennedy & Burlingame 2019).

O amido pode ser classificado segundo a sua digestibilidade como amido rapidamente digestível, amido lentamente digestível e amido resistente. O conteúdo de amido rapidamente digestível está relacionado positivamente com o índice glicémico dos alimentos ricos em amido. Fatores como a organização da superfície, a arquitetura e tamanho granular, a composição do amido, o tipo de cristal polimorfo e a presença de grânulos compostos afetam a taxa e a extensão da digestão dos grânulos de amido (Zhu et al., 2011). O amido resistente é definido como a soma do amido e dos produtos da degradação do amido não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis, seguindo-se uma fermentação por bactérias anaeróbicas que habitam o cólon (Goiiii & Maa 1996; Calixto & Abla 1991).

As diferenças nas propriedades do amido de cereais em grãos e farinhas contribuem para as aplicações em diferentes alimentos e utilizações industriais, e a gelatinização tal

como as propriedades de retrogradação estão entre as propriedades físico-químicas mais importantes do amido (Bao et al., 2007). É na presença de água e temperaturas altas que o amido sofre uma reação de gelatinização. Este termo é usado para descrever o fenômeno do inchaço e hidratação dos grânulos de amido, levando a transferências de calor e humidade, que resultam no colapso da estrutura interna dos grânulos que emerge em alterações irreversíveis nas propriedades que confere (Oko et al., 2012). À medida que os grânulos se expandem, algumas moléculas de amilose escapam dos grânulos para a fase aquosa, conduzindo a um aumento de viscosidade. Sendo a amilose solúvel em água acaba por se dissolver na solução e com o contínuo aquecimento e hidratação dos grânulos, a viscosidade, a certa altura do fenômeno, começa a diminuir resultado do rebrandamento das estruturas que contêm a amilopectina, que passa a estar presente na solução tal como a amilose. Com o arrefecimento da pasta de amido abaixo da temperatura de transição vítrea (Tg), acontece o fenômeno de retrogradação, que consiste em dois passos: (1) gelificação e cristalização da amilose e (2) recristalização da amilopectina (Bao et al., 2007; Lii et al. 1996; Chrungoo and Devi 2019; Denardin 2009). Consequentemente as estruturas de amilose e amilopectina reassociam-se. Além disso, os grânulos de amido inchados unem-se numa estrutura ordenada, o que resulta no aumento da viscosidade do gel de estruturas que contêm amido, obtendo-se um gel elástico opaco (Bao et al., 2007).

Outro parâmetro importante é a temperatura à qual o amido inicia e finaliza a gelatinização uma vez que está relacionada com o tempo de cozedura. A temperatura de gelatinização é a temperatura à qual os grânulos de amido começam a inchar de forma irreversível sendo também um importante indicador de cozimento e processamento do arroz. Ou seja, arroz cozido com alta temperatura de gelatinização possui uma textura mais dura relativamente a arroz cozido com menor temperatura de gelatinização (Bao et al., 2007).

Durante o armazenamento do arroz, verificam-se alterações mínimas na composição química, ocorrendo algumas alterações no amido, como alguma hidrólise ou degradação, levando, assim, ao aumento do teor de açúcares redutores e à diminuição do teor de açúcares não redutores e de amido. Não há indicações de que ocorram alterações significativas na estrutura molecular do amido, devido à sua quantidade elevada e à pouca sensibilidade dos métodos (Zhou et al., 2002).

## Lípidos

O arroz branqueado é caracterizado por um conteúdo baixo lipídico, contudo estes irão ter impacto na cozedura, influenciando também as características nutricionais, sensoriais e funcionais do mesmo (Juliano, 1984; Zhou et al. 2002). Com base na distribuição celular destes, os lípidos do arroz são geralmente classificados como lípidos do amido, os quais estão associados aos grânulos de amido e lípidos não ligados ao amido, que estão distribuídos por todo o grão, como na camada de aleurona, embrião ou endosperma (Liu et al. 2013;Walter et. al 2008).

Arroz não ceroso, ou seja, com teores de amilose maiores contém mais lípidos associados aos grânulos de amido. Estes estão mais protegidos da oxidação mas contribuem pouco para o teor energético do grão de arroz (Juliano, 1993). Já os complexos de amilose-lípidos contribuem para a diminuição da retrogradação (Chrungoo & Devi, 2019).

## Proteína

A quantidade de proteína presente no arroz pode ser afetada por características genótípicas, pelo uso de adubos nitrogenados, pela radiação solar e ainda pela temperatura durante o desenvolvimento do grão (Walter et al., 2008).

As proteínas existentes neste cereal caracterizam-se pelo sabor suave, ausência de cor, não são alergénicas e são ricas em aminoácidos essenciais (Ju et al., 2001). Contudo, não tornam o arroz numa fonte proteica completa, devido à pequena quantidade de aminoácidos existentes (Agboola et al., 2005). A orizenina é a principal proteína armazenada no arroz, existindo também em menores quantidades a albumina, globulina, prolamina e glutelina, estando estas organizadas nas células do endosperma, conhecidos como corpos proteicos, localizados entre os grânulos de amido (Agboola et al. 2005; Furukawa et al. 2003).

Este cereal também apresenta uma pequena quantidade de aminoácidos livres, localizados principalmente no gérmen, farelo e em pequena concentração no endosperma. Entre os aminoácidos livres, predominam o aspartato e glutamato (Walter et al., 2008).

O conteúdo proteico presente no grão de arroz está relacionado com o comportamento e a viscosidade do mesmo quando cozinhado, sendo que os grãos com mais proteína são mais rígidos durante a cozedura, ou seja, quanto maior for o conteúdo proteico existente no grão, menor é a quantidade de água absorvida (Chrastil & Regional 1994; Balindong et al. 2018).

### Minerais e vitaminas

Tal como os outros componentes nutricionais do arroz, o conteúdo mineral é influenciado pelas condições de cultivo, incluindo a fertilização e condições de solo (Walter et al., 2008). Os minerais e as vitaminas estão em maior concentração nas camadas externas do grão, conseqüentemente havendo diferenças entre o arroz polido e o integral, sendo este último rico em silício, ao passo que no arroz polido destaca-se o fósforo, potássio e magnésio (Walter et al. 2008; Juliano, 1993). Fazendo-se uma comparação entre o arroz vaporizado e o polido é de notar que o vaporizado contém maior conteúdo de minerais, visto que durante o seu tratamento a vaporização permite a migração de alguns minerais para o interior do grão (Walter et al., 2008).

O baixo nível de micronutrientes neste cereal torna-se um problema nutricional em países subdesenvolvidos, sobretudo naqueles onde o arroz é a base da dieta, desta forma têm sido desenvolvidos estudos com o intuito de aumentar a concentração de minerais, principalmente zinco e ferro (Brites & Iniaiv, 2020).

Quanto a vitaminas, o arroz é rico em vitaminas do complexo B e alfa-tocoferol, contendo concentrações insignificantes de vitamina A, D e C. Tal como os minerais estas estão em maior concentração na camada externa do grão (Walter et al., 2008); Juliano 1993).

Várias pesquisas têm sido feitas com o fim de melhorar as características nutricionais deste cereal, uma delas a destacar é o objetivo de aumentar a vitamina A. Um resultado alcançado com sucesso foi o Golden rice, um arroz transgênico que contém carotenóides no endosperma do grão, precursores da vitamina A (Dawe et al., 2002).

### **Caracterização das variedades de arroz**

Em Portugal, o arroz é comercializado de acordo com as características definidas no Decreto-Lei n.º 157/2017, o qual especifica as diferentes classificações de arroz, tendo em consideração diversos fatores. Este cereal pode ser classificado de acordo com os vários estados físicos, tamanho do grão, características do mesmo e com o tratamento que sofreu.

Como estado físico o arroz pode ser classificado em:

- Arroz em casca (arroz envolvido pela casca);
- Arroz descascado ou em película (do qual foi removida a casca);
- Arroz semibranqueado (arroz em casca no qual foi removida a casca, uma parte do gérmen e parte das camadas externas do pericarpo);

- Arroz branqueado (arroz em casca no qual foi removida a casca, todas as camadas exteriores e interiores do pericarpo, todo o gérmen ou uma parte, contudo, podem ainda existir estrias brancas longitudinais no máximo em 10% dos grãos).

O comprimento é classificado segundo o Decreto-Lei n. ° 157/2017, juntamente com o Codex Alimentarius (Codex, 1995), podendo ser definido como:

- Grãos redondos (com um comprimento inferior a 5,2 mm e a relação comprimento/largura inferior a 2,0);

- Grãos médios (com um comprimento superior a 5,2 mm e inferior ou igual a 6,0 mm e relação comprimento/largura inferior a 3,0);

- Grãos longos (com um comprimento superior a 6,0 mm mas em relação à razão comprimento/largura, eles podem ser divididos em dois: os grãos de arroz com uma relação comprimento/largura entre 2,0 mm e 3,0 mm e os grãos de arroz cuja relação comprimento/largura é igual ou superior a 3,0 mm).

Relativamente ao tratamento aplicado o arroz pode ser classificado:

- Arroz vaporizado (arroz em casca ou em película que passa por imersão em água, vaporização e secagem, sendo depois processado industrialmente, tendo o seu amido completamente gelatinizado);

- Arroz pré-cozido (arroz tratado fisicamente de modo a reduzir significativamente o seu tempo de cozedura);

- Arroz glaciado (arroz branqueado envolto por glucose e talco);

- Arroz matizado (arroz branqueado envolto por óleo).

Os grãos de arroz podem caracterizar-se como:

- Grão inteiro (grão no qual foi retirada uma parte da “ponta” durante o processamento industrial);

- Grão despontado (grão no qual foi retirada a totalidade da “ponta” durante a fase de branqueamento);

- Grão partido ou trinca (grão cujo comprimento é igual ou inferior a três quartos do comprimento médio do grão inteiro);

- Trinca grada (fragmento do grão com comprimento igual ou superior a metade do comprimento de um grão);

- Trinca média (fragmento de grão com comprimento igual ou superior a um quarto do comprimento do grão);

- Trinca miúda (fragmento de grão com comprimento inferior a um quarto do grão);

- Migalha ou fragmento (fragmento ou partícula de grão de tamanho inferior a 1,4 mm);
- Grão verde (grão que não maturou completamente);
- Grão deformado (grão cujas características são diferentes do grão típico da variedade);
- Grão danificado (grão germinado, fermentado ou atacado por predadores);
- Grão fendido (grão partido longitudinalmente);
- Grão gessado (grão com aspeto opaco e farinhoso em, pelo menos, três quartos da sua superfície);
- Grão estriado de vermelho (grão com estrias longitudinais de cor vermelha);
- Grão vermelho (grão cuja superfície está revestida de pericarpo vermelho);
- Grão manchado (grão que apresenta manchas de tonalidade escura de tamanho igual ou inferior a metade do grão);
- Grão amarelo (grão de tonalidade amarela por toda ou em partes da superfície devido a deterioração);
- Grão ambarino (grão de tonalidade âmbar devido a alteração da sua coloração natural);
- Grão escuro (grão ou parte do grão cuja parte da superfície tem uma coloração escura);
- Casca (subproduto que envolve a cariopse);
- Farelo de casca (subproduto proveniente do descasque e trituração da casca);
- Sêmea (subproduto constituído pelas camadas do pericarpo proveniente do branqueamento);
- Gérmen (embrião da semente);
- Farinha (produto resultante da moagem de grãos inteiros ou trincas);
- Impurezas (substâncias estranhas ao arroz, tanto em película como branqueado).

Há outras designações comerciais para o arroz, de acordo com o tamanho do grão e o fim culinário. Estas diferentes variedades podem ser agrupadas em (Pinto, 2009):

- Agulha (arroz de grãos longos e estreitos com alto teor em amilose e de textura firme. Este arroz vai cozer facilmente e apresenta baixa capacidade de absorver a água da cozedura. Esta variedade pertence à subespécie *Indica*);
- Carolino (arroz de grãos longos e arredondados e com relação comprimento/largura inferior a 3,0 mm, com baixo conteúdo de amilose e, por isso, apresenta uma textura mais

pastosa após cozinhar, absorvendo a água e os sabores da cozedura. Ao contrário da variedade anterior esta pertence à subespécie *Japónica*);

- Risotto (arroz de tamanho longo característico por absorver a água e produzir uma pasta cremosa, sendo utilizado maioritariamente em Itália);

- Basmati (arroz de grão longo, característico pelo seu aroma e excelente qualidade, comum na cozinha indiana);

- Jasmin (arroz aromático idêntico ao basmati contudo, após cozedura apresenta uma textura mais pastosa sendo utilizado nos pratos chineses);

- Arroz selvagem (grão não é proveniente da *Oryza sativa* como os outros grãos de arroz, tratando-se de uma semente do gene *Zizania* (planta aquática da América do Norte). O grão é longo, negro e rico em vitaminas do complexo B);

- Arroz integral (esta designação está relacionada a qualquer tipo de arroz sem casca o qual não foi submetido ao processo de branqueamento, sendo rico em fibras e consequentemente aumenta o tempo de cozedura).

Na figura 7, estão representadas algumas variedades de arroz



**Figura 7** – Exemplos de tipos de arroz existentes no mercado – Basmati, Agulha, Rissoto, Integral, Vaporizado e Redondo

### **Fortificação nutricional do arroz**

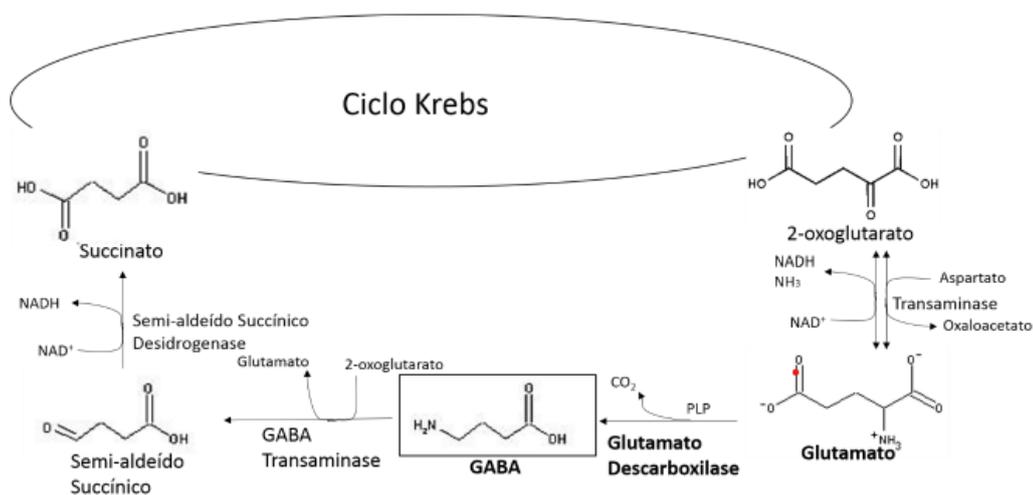
#### **Ácido $\gamma$ -aminobutírico**

O ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) é um ácido aminado livre de 4 carbonos, não proteico, que ajuda a combater o stress biótico e abiótico nas plantas (Kumar et al., 2019;

Oh & Oh, 2004), podendo ocorrer devido a alterações no pH, regulação redox, produção de energia, e manutenção do balanço de carbono/nitrogênio (Podlešáková et al., 2019). Contudo fatores como as características do grão tais como a sua variedade, idade e percentagem de germinação influenciam a percentagem final de GABA (Lin et al., 2010).

A biossíntese de GABA é uma reação de etapa única do glutamato descarboxilado em GABA, e ocorre pela descarboxilação do ácido L-glutâmico (Chung et al., 2009; Komatsuzaki et al., 2007). Esta reação leva a uma diminuição correspondente da concentração do mesmo (Patil & Khan, 2011). Sendo que este apenas é ativada a enzima de descarboxilação quando se sucedem as condições perfeitas, pH ácido e aumento dos níveis citosólicos de  $H^+$  ou  $Ca^{2+}$ , os quais são acompanhados de *stress* (Podlešáková et al., 2019). Consequentemente a concentração do GABA aumenta.

O GABA pode ser metabolizado através de uma transaminação reversível, levando à formação do semi-aldeído succínico, catalisado pela GABA transaminase, representado na Figura 8. Este produto é oxidado a succinato numa reação irreversível, catalisada pela semi-aldeído succínico desidrogenase, e o produto entra no ciclo de Krebs (Komatsuzaki et al., 2007; Xu et al., 2010). Este processo tem a capacidade de converter o glutamato, conhecido como neurotransmissor excitatório num neurotransmissor com capacidade inibitória (Dhakal et al., 2012), o que resultará em diversos benefícios para a saúde.



**Figura 8** - Ciclo do neurotransmissor GABA - formação e degradação.

Nos vertebrados, o GABA atua em sinapses inibitórias no cérebro dado a existência de recetores específicos transmembranares na membrana plasmática dos neurónios, tendo impacto no sistema nervoso central. Apesar disso, este neurotransmissor também tem

impacto regulando a homeostasia da glucose. A homeostasia é mantida pela libertação de GABA entre células- $\beta$ , dos ilhéus de Langerhans, que ativa canais GABA<sub>A</sub> e os recetores GABA<sub>B</sub> que modulam a libertação de insulina e glucagon (Inácio, 2014). Como resultado pode gerar um aumento significativo da secreção desta pelo pâncreas (Gomez et al., 1999), regulando assim a quantidade de glucose no sangue.

Adeghate, em 2002, demonstrou que o GABA pode aumentar significativamente a secreção de insulina do pâncreas de ratos normais (Adeghate & Ponery, 2002). Gomez et al., anteriormente também comprovou o mesmo, verificando ainda uma diminuição da glucose no sangue de ratos diabéticos e o aumento da concentração de insulina no plasma (Gomez et al., 1999). Estes dois estudos corroboram o que foi concluído por Cavagnini et al. em 1982, que enfatiza que o GABA incrementa significativamente os níveis de insulina no plasma de humanos (Cavagnini et al., 1982). Recentemente, Choat e a sua equipa referiram que terapia com recurso a GABA tem capacidade de reduzir a inflamação pancreática, protegendo assim as células- $\beta$  da destruição autoimune e potencializar a regeneração de novas células- $\beta$  em crianças com diabetes mellitus tipo II (Choat et al., 2019). Posto isto, suplementar os pacientes de diabetes mellitus tipo II será uma opção viável visto que fará com que os níveis de insulina no sangue aumentem (Adeghate & Ponery, 2002; Choat et al., 2019).

Para além do efeito antidiabético, GABA também atua no sistema imunitário (Oh & Oh, 2004), provocando a despolarização das membranas levando ao influxo de cálcio, e no sistema nervoso central como neurotransmissor inibidor no Sistema Nervoso Simpático (SNP) (Tiansawang et al., 2016). No SNP, GABA pode ter efeitos positivos em problemas como insónias, ansiedade e depressão. (Karladee & Suriyong, 2012; Oh & Oh, 2004; Tiansawang et al., 2016). Estudos também correlacionam positivamente a prática de yoga e o incremento de GABA, demonstrando que em praticantes de yoga experientes após uma sessão os níveis de GABA no cérebro destes aumentam (Streeter et al., 2007).

Não obstante, GABA executa diversos papéis como é o caso da diminuição da pressão sanguínea baixando a hipertensão (Oh & Oh, 2004). Salienta-se, ainda, que se trata de um ácido que pode inibir a proliferação de células cancerígenas, estimulando a sua apoptose (Karladee & Suriyong, 2012; Oh & Oh, 2004; Tiansawang et al., 2016). Xu e a sua equipa, com recurso a arroz germinado tendo este altas concentrações de GABA, concluíram que o GABA leva à diminuição da pressão arterial em ratos (Xu et al., 2010), ou seja, induz os efeitos hipotensivos (Iimure et al., 2009).

A ingestão contínua de alimentos contendo GABA é bom para a aceleração do metabolismo do cérebro, prevenindo dores de cabeça, obstipação e mantendo os níveis de açúcares no sangue (Chanlate et al., 2011), sendo assim cada vez mais importante fortificar alimentos com este neurotransmissor.

No arroz este neurotransmissor encontra-se presente no gérmen. O gérmen é rico em ácido glutâmico que posteriormente se converte a GABA, encontrando-se assim apenas no arroz integral entre valores de 0,01 a 0.12 mg/Kg (Roohinejad et al., 2011).

### *Germinated Brown rice*

*Germinated Brown rice* (GBR), tal como o nome indica é a germinação de arroz integral, a qual é produzida pela incubação de arroz em película sobre certas condições, nomeadamente temperatura e humidade, durante o período suficiente para ocorrer a germinação (Wang et al., 2020). Durante este processo os nutrientes presentes nos grãos são conservados, melhorando assim a digestibilidade e função fisiológica do cereal (Charoenthaikij et al., 2009), visto que melhora a textura do arroz e facilita a absorção dos nutrientes existentes no grãos (Wu et al., 2013).

Existem vários métodos para estimular o GABA, abrangendo métodos químicos ou biológicos. Contudo, os métodos biossintéticos podem ser muito mais promissores do que os métodos de síntese química (Dhakal et al., 2012), sendo que, para a obtenção de grãos integrais germinados, também designados por grãos brotados, o método mais comum é a imersão dos grãos de arroz em água de modo a promover a germinação (Roohinejad et al., 2011). Devido à imersão em água, o tecido até ao momento inativo transforma-se em vivo promovendo assim a deformação do embrião (Chanlat et al., 2011).

Devido à germinação, o processo de sacarificação amolece o endosperma e as enzimas até ao momento hibernadas são ativadas (Wu et al., 2013). Consequentemente, componentes bioativos são gerados pela atividade das enzimas (Panchan & Naivikul, 2009), nomeadamente ácido ferúlico,  $\gamma$ -orizanol e GABA (Wu et al., 2013). Ou seja, é durante o processo de germinação que a enzima glutâmico descarboxilase é ativada gerando o GABA. Existindo assim, um incremento da atividade metabólica do cereal seco a partir do momento em que este é hidratado durante a imersão. E, é no momento da germinação, que ocorrem alterações bioquímicas complexas em várias partes do grão. Contudo, durante o processo não são adicionados nutrientes, resultando estas reações da decomposição de compostos complexos em forma mais simples, bem como a decomposição de componentes não desejados nutricionalmente (Wu et al., 2013).

Particularmente as enzimas responsáveis por processos de hidrólise, como a  $\alpha$ -amilase, que têm a capacidade, no momento de ativação pela germinação, de converter o amido e as proteínas em oligossacarídeos e aminoácidos nos grãos de arroz. Os aminoácidos que estão armazenados nos grãos, como as proteínas de armazenamento, são decompostos pela absorção de água durante a germinação pelas proteases, e, em seguida, transformados em amidas transportáveis e são fornecidas às partes em crescimento das plântulas como as raízes e caule (Moongngarm & Saetung, 2010). No final é possível obter um arroz mais rico nutricionalmente e um aumento na qualidade organoléptica (Ohtsubo et al., 2005).

O componente com maior impacto nesta germinação é assim o amido. Este está armazenado principalmente no endosperma, onde é hidrolisado durante a germinação para fornecer açúcares solúveis. Foi relatado que o amido total, amilose e a amilopectina do arroz integral diminui gradualmente após a germinação, e a redução da amilose é a principal causa da diminuição do teor de amido no arroz integral germinado (Wu et al., 2013). Consequentemente, as propriedades de viscosidade serão alteradas, as cadeias das moléculas de amido encontram-se mais curtas, e existe uma diminuição da ocorrência da fase de retrogradação e consequentemente alteração do comportamento do produto final. Tumpanuvat et al. documentaram que o arroz integral germinado resulta numa alteração das propriedades de *pasting*, nomeadamente na diminuição do *breakdown* e pico da viscosidade, um aumento na *pasting temperature* e uma diminuição no tempo de cozedura (Tumpanuvat et al., 2018). Mais recentemente Wang et al. 2020, enfatizou que germinação de arroz integral provoca uma desorganização estrutural no amido, reduzindo a viscosidade do produto, nomeadamente o pico da viscosidade e viscosidade final, e ainda uma diminuição do *breakdown* e *setback* (Wang et al., 2020). Por sua vez, ocorre um aumento da capacidade de absorção da água e da turbidez (Xu et al., 2012).

Vários relatórios mostraram um aumento notável na concentração de GABA pela imersão e germinação de arroz integral (Komatsuzaki et al., 2007; Oh & Oh, 2004; Ohtsubo et al., 2005; Saikusai et al., 1994; Wu et al., 2013), havendo vários fatores que influenciam a quantidade final de GABA no produto, nomeadamente, o tempo após ser colheito (Guzmán-Ortiz et al., 2019; Wu et al., 2013). Contudo, esta germinação para ser mais eficiente deve ocorrer em ambientes ácidos e quentes, sinónimo de locais ideais para proliferação de microorganismos. Esta proliferação verifica-se pelo cheiro notório a produto fermentado após o cereal se encontrar muito tempo imerso em água a uma temperatura ótima (Thitinunsomboon et al., 2013). Thitinunsomboon et al., 2013, de modo a evitarem tal fenómeno durante o processo de imersão dos grãos, adicionaram

ácido láctico a 0,5% (V/V), verificando-se que este ácido teve a capacidade de controlar os microorganismos sem prejudicar a capacidade de produção de GABA e as qualidades sensoriais (Thitinunsomboon et al., 2013).

Tayuan et al., 2006, verificaram que os grãos de arroz germinados apresentam um aumento de muitos nutrientes, como vitamina B, açúcares redutores e proteína total (Tayuan et al., 2006). Ohtsubo et al. em 2005 descobriram que o arroz integral germinado contém mais fibra alimentar (145%), fibra alimentar solúvel (120%) e fibra alimentar insolúvel (150%), quando comparado com o arroz integral sem tratamento (Ohtsubo et al., 2005). A mesma equipa concluiu assim que produtos germinados iriam ter uma diminuição do índice glicémico face aos produtos originais. Embora haja um aumento de açúcares redutores e oligossacarídeos há também o aumento da fibra dietética, sendo esta caracterizada por baixar o índice glicémico através da regulação da absorção de glucose nos intestinos (Ou et al., 2011).

Assim sendo, devido a estes fatores, o arroz germinado vai oferecer um reduzido índice glicémico. Os hidratos de carbono são decompostos lentamente, sendo libertado um baixo nível de glucose para a corrente sanguínea (Choat et al., 2019). Esta característica apresenta vantagens como promover a perda de peso e equilibrar o nível de açúcar no sangue, sendo uma opção viável para pessoas com problemas de peso e diabetes (Dipti et al., 2012).

#### Alimentos fortificados com GABA

Apesar do GABA ser um ácido aminado amplamente distribuído na natureza (Iimure et al., 2009), encontrando-se no gérmen de arroz, no chá verde e na soja, a sua concentração nestes produtos naturais é demasiado baixa para a sua atividade biofuncional esperada, não havendo efeitos benéficos nem não benéficos, a partir do consumo de GABA nestes produtos (Youné et al., 2011). Devido a todas as suas características, GABA tem sido um componente de bastante interesse no que respeita a alimentação saudável nos dias de hoje (Jannoey et al., 2010; Karladee & Suriyong, 2012).

Este tipo de arroz já é comumente comercializado no Japão e na Coreia, conhecido também como *hatsuga genmai* (Figura 9), contudo na Europa ainda não é comercializado e daí a sua importância em formulação.



**Figura 9** - Arroz integral germinado comercializado no Japão

Muitos são os estudos descritos na literatura sobre metodologias de indução de GABA em arroz integral testando vários fatores.

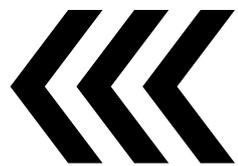
Como já foi referido o constituinte do arroz com maior conteúdo de GABA é o gérmen, assim sendo, em 1994 Saikusa e a sua equipa testaram colocar o gérmen de diferentes regiões sob *stress* de modo a aumentar a produção do neurotransmissor. Amostras de gérmen foram incubadas até 8 horas, e em 8 de 10 cultivos foi notório um aumento, sendo que o gérmen com maior aumento obteve uma concentração 3 vezes superior ao chá Gabaron que apresenta 170 mg/100 g de GABA (Saikusa et al., 1994).

Karladee & Suriyong, estudou um dos fatores que influencia a quantidade de GABA no arroz, o tempo de incubação, expondo assim o arroz a 5 tempos diferentes de incubação (0, 12, 24, 36 e 48 horas). Os resultados demonstraram aumento de 3,96 mg/100 g (dados no tempo 0 horas) para 10,04 mg/100 g após 12 horas de incubação, atingindo valores de 17,87 mg/100 g após as 24 horas de incubação. Depois das 24 horas o valor de GABA diminui, tendo 1,36 mg/100 g de GABA após as 48 horas (Karladee & Suriyong, 2012).

Posteriormente, Jannoey et al., estudou por quanto tempo após germinação o arroz se mantinha com a mesma concentração de GABA. Para tal usaram 250 g de arroz imergidos em 2 litros de água a temperatura de 30 °C, com mudança de água a cada 24 horas. Analisaram posteriormente a concentração de GABA após vários dias (5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias) no arroz. Como resultado obtiveram que a maior concentração de GABA foi após 20 dias de imersão do arroz em água e que após os 20 dias de germinação a concentração deste neurotransmissor diminuiu (Jannoey et al., 2010). Sabe-se também que a estimulação de GABA nas plantas é gerada a partir de fatores de *stress*, portanto Thitinunsomboon et al., avaliaram qual seria o melhor pH para a produção de arroz.

Expuseram o arroz a um processo de imersão, com recurso a água da torneira a 35 °C durante 3 horas e de seguida a incubação a 37 °C durante 21 horas. Sabe-se assim que as condições de pH igual a 5.5 são as mais favoráveis para um aumento no conteúdo de GABA (Thitinunsomboon et al., 2013).

Estudos mais recentes investem em outros métodos para aumentar a estimulação. Ding et al., em 2018 realizaram um estudo de modo a testar o uso de ultrassom para aumentar o valor nutricional no arroz vermelho. O processo de ultrassom ocorreu durante 5 min e foi aplicado no arroz durante a imersão e após 66 horas de germinação. O arroz que foi apenas germinado teve um aumento cerca de 15,4 vezes maior que o não germinado, sendo que o arroz que teve maior aumento de GABA foi o arroz que sofreu ultrassom durante 5 min após 66 horas de germinação (Ding et al., 2018).



## **2. Materiais e métodos**

## 2.1 Amostras de arroz

As diferentes amostras de arroz analisadas neste Estágio são provenientes de diferentes localizações geográficas e da campanha do ano de 2019/2020 rececionadas pela Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. Para efeito de apresentação de resultados, as amostras estão devidamente codificadas de acordo com a sua subespécie (*Indica* ou *Japónica*), uma vez que a sua real identificação e localização específica são informação confidencial da empresa. O arroz foi recebido em casca ou em película, posteriormente foi processado no laboratório do departamento da qualidade de forma a obter-se o arroz branqueado para as diferentes análises.

Foram estudadas um total de 50 variedades, nomeadamente 12 subespécies *Indica* e 38 *Japónica*, representada na tabela 3 e 4, respetivamente. Todas estas amostras foram submetidas a diferentes avaliações, tais como, características biométricas, propriedades de viscosidade e tempo de cozedura.

**Tabela 3** - Analisadas da subespécie *Indica*, com o respetivo código e tipo.

Código	Tipo de arroz
IndicaV1	Vaporizado Agulha
IndicaV2	Vaporizado Agulha
IndicaM	Agulha
IndicaP	Agulha
IndicaPu	Agulha
IndicaMi	Agulha
IndicaG	Agulha
IndicaO	Agulha
IndicaB1	Aromático
IndicaB2	Aromático
IndicaBP	Aromático
IndicaJ	Aromático

**Tabela 4** - Analisadas da subespécie *Japónica*, com o respetivo código e tipo.

Código	Tipo de arroz
JaponicaL1	Carolino
JaponicaL2	Carolino
JaponicaL3	Carolino
JaponicaA1	Carolino
JaponicaA2	Carolino

**Tabela 4** - Amostras analisadas da subespécie *Japónica*, com o respetivo código e tipo (continuação)

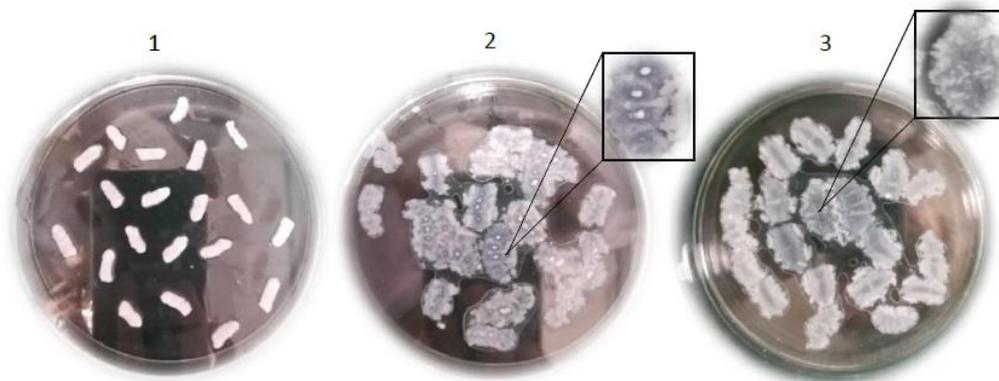
JaponicaA3	Carolino
JaponicaO1	Carolino
JaponicaT1	Carolino
JaponicaT2	Carolino
JaponicaC	Carolino
JaponicaK	Carolino
JaponicaD1	Carolino
JaponicaD2	Carolino
JaponicaC1	Carolino
JaponicaCa	Carolino
JaponicaN	Carolino
JaponicaE	Carolino
JaponicaJ	Carolino
JaponicaLo	Carolino
JaponicaAr	Carolino
JaponicaCx	Carolino
JaponicaCe	Carolino
JaponicaML	Médio
JaponicaMG1	Médio
JaponicaMG2	Médio
JaponicaMB1	Médio
JaponicaMB2	Médio
JaponicaMA	Médio
JaponicaRJ1	Redondo
JaponicaRJ2	Redondo
JaponicaRS	Redondo
JaponicaSG1	Médio
JaponicaSG2	Médio
JaponicaSG3	Médio
JaponicaSK	Médio
JaponicaSGR1	Médio
JaponicaSGR2	Médio
JaponicaSC	Médio

## 2.2 Determinação do tempo de cozedura

A análise do tempo de cozedura foi realizada segundo um protocolo interno com base no método ISO 14864:1998.

Cada variedade tem o seu próprio tempo de cozedura e, de modo a caracterizar o arroz e a validar rotulagem, foram colocados 20 grãos de arroz em difusores e deixou-se cozer durante 11 minutos. Foram usados diversos difusores de modo a que após esse tempo

fosse retirado um difusor por minuto. Os 20 grãos, depois de cozidos no seu tempo, foram colocados de forma dispersa sob uma placa de petri e posteriormente são espalmados. O fator de avaliação foi a presença de núcleos brancos (Figura 10), sendo que a ausência deles em todos os grãos indicou que o arroz estava cozido.

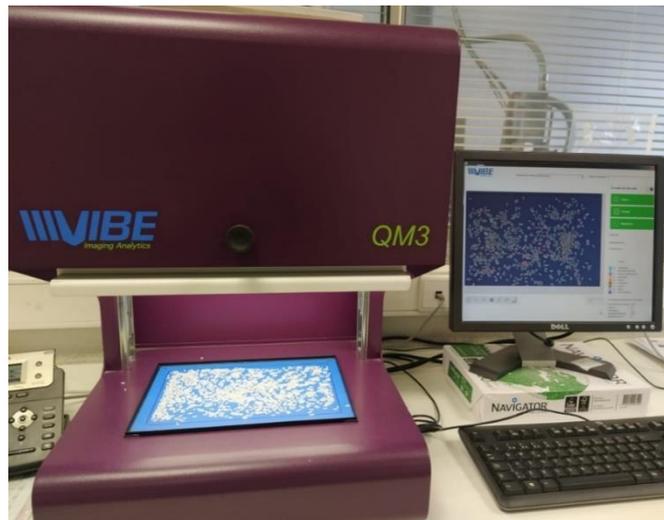


**Figura 10** - Teste de cozedura do arroz. 1- Arroz após o tempo de cozedura definido. 2- Arroz esmagado, é notório ainda núcleos brancos indicador que não está cozido. 3- Arroz esmagado sem núcleos brancos, indicador de arroz cozido

Para cada amostra foram realizados 3 ensaios de cozedura, onde foi calculada a mediana dos grãos gelatinizados de modo a obter os valores do tempo de cozedura necessário para que 90 % de grãos de arroz ficassem totalmente gelatinizados.

### **2.3 Determinação das características biométricas dos grãos de arroz das variedades analisadas**

As características biométricas relacionam-se com as propriedades físicas do grão sobretudo o comprimento, largura, rácio comprimento/largura, % de gessados e valor de *kett*. Estes parâmetros, à exceção do *kett* são avaliados através de um equipamento de análise estatística *VIBE Imaging Analytics*, o qual capta a imagem de 20 g de grãos e analisa estatisticamente as imagens (Figura 11). É necessário assim colocar 20 g de arroz no tapete azul do VIBE e este capta a imagem e avalia diversos parâmetros, como os defeitos do arroz e faz as devidas medidas. Através destes valores e da legislação em vigor conseguiu-se definir a variedade em estudo.



**Figura 11** - Equipamento VIBE Imaging Analytics

O *Kett* é obtido a partir de um colorímetro - *Kett Electric Laboratory* (Figura 12), o qual nos dá o grau de brancura do grão, avaliando assim o grau de polimento. Havendo uma relação entre a brancura do arroz e o *kett*, sendo quanto maior a brancura do arroz maior o *kett* apresentado

Primeiramente calibrou-se o aparelho recorrendo a uma “cassete” com a amostra referência. De seguida, a amostra a analisar foi colocada numa outra “cassete”, esta foi fechada e inserida no equipamento. O grau de brancura foi exibido no ecrã do aparelho numa gama de valores entre 0 e 100. Realizaram-se 3 medições por amostra e calculou-se a média dos 3 ensaios.

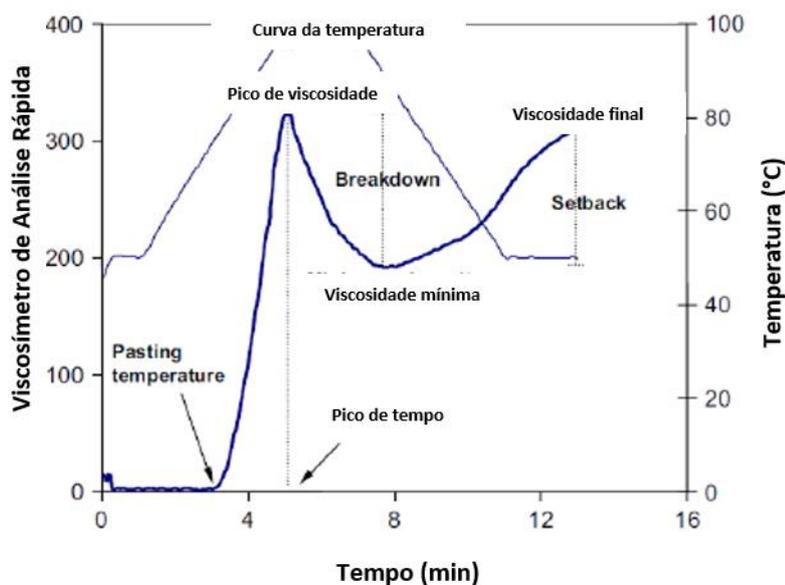


**Figura 12** - Equipamento Kett Electric Laboratory

## 2.4 Determinação das propriedades de viscosidade do arroz

Para a análise da viscosidade recorreu-se ao aparelho Viscosímetro de Análise Rápida (RVA), representado na Figura 14-B, o qual dá o perfil de viscosidade do amido. O RVA simula o comportamento do amido do arroz durante o cozimento, dando-nos informações sobre tendência de gelatinização e retrogradação, e ainda a digestibilidade do amido. O equipamento está ligado ao programa *Thermocline* para *Windows* (TCW), que permite arrefecer e aquecer as amostras consoante o escolhido no programa (Mathew, 2007). As determinações ocorrem de acordo com a *American Association of Cereals Chemistry* (AACC).

As mudanças na viscosidade produzidas pelo aquecimento e arrefecimento do amido em água geralmente fornecem uma curva característica (Figura 13), de onde se retira informação sobre a Viscosidade do Pico, Viscosidade da Vala, *Breakdown*, Viscosidade Final, *Setback*, *Pasting Temperature* e tempo do pico (Fitzgerald et al., 2003). O pico de viscosidade representa o valor máximo de viscosidade da pasta de amido atingido durante o ciclo de aquecimento, e, juntamente com o tempo do pico são indicativos da capacidade de ligação do amido à água e ajuda a avaliar a extensão de inchamento dos grânulos durante a fase de gelatinização. Este parâmetro correlaciona-se com a qualidade do produto final. *Breakdown* representa a desintegração dos grânulos de amido, é um bom indicador da estabilidade da pasta e valores mais altos deste indicador sugerem uma melhor palatabilidade do arroz cozido. *Setback* mostra a capacidade de gelificação ou tendência de retrogradação da amilose durante a fase de arrefecimento. Através deste parâmetro podemos avaliar a textura de vários produtos. Viscosidade final é o parâmetro mais comumente utilizada para definir a qualidade de uma amostra em particular, uma vez que indica a capacidade da amostra para formar um gel ou uma pasta viscosa depois de cozinhada e arrefecida. *Pasting temperature* fornece uma indicação da temperatura mínima requerida para cozer uma determinada amostra, podendo ter implicações na estabilidade de outros componentes da fórmula e significar também custos de energia. A viscosidade da vala é o valor mínimo de viscosidade que a amostra atinge, ocorrendo este valor aquando a rotura dos grânulos dando assim o início da fase de gelatinização (Fitzgerald et al., 2003; Mathew, 2007).



**Figura 13** Exemplo de um gráfico de análise da viscosidade do grão de arroz

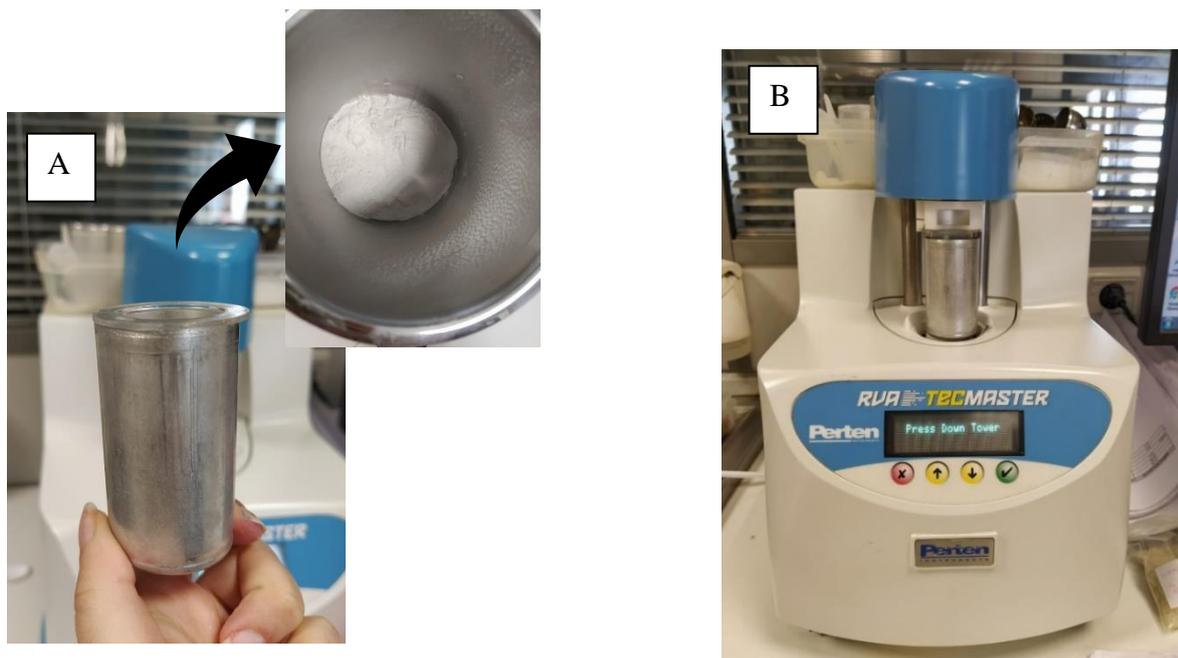
Assim sendo para iniciar análise o equipamento é ligado e inicia-se o programa TCW3 escolhendo-se posteriormente o teste para o arroz no qual fatores como tempo e ciclo e temperatura está predefinido na AACC 61-02.01 (Meullenet et al., 2000), e representado na tabela 5. A amostra de arroz foi dispersa na água no início do teste durante 10 segundos a 960 rpm, a velocidade de rotação do restante teste foi 160 rpm.

**Tabela 5** - Ciclos de temperatura usados no teste do perfil de viscosidade para o arroz, de acordo com AACC

	Temperatura (°C)	Tempo (min e segundos)
1°	50,0	1:0
2°	95,0	4:45
3°	95,0	7:15
4°	50,0	11:06
Fim do teste		12:30

Para que o aparelho consiga analisar as amostras estas têm de seguir 2 requisitos: o arroz não pode ter dimensões superiores a 0,5 mm e tem de haver um rácio de água e farinha constante. Para o primeiro requisito utilizou-se o moinho 3100 Perten Instruments para moer cada amostra passando esta a farinha, como se verifica na figura 14-A. Da farinha obtida 5 g foram utilizadas para medir a humidade, recorrendo-se a uma termobalança HB43-S Halogen. Posteriormente, o valor de humidade da amostra foi

inserido no programa TCW, o qual calcula a massa correta de farinha e a massa de água destilada. Os cálculos são feitos de modo a que no final o peso seja de 28 g e segundo uma humidade de 12%. Por último, pesou-se a quantidade de água e de farinha em copos de metal distintos, misturou-se, colocou-se uma pá propulsora no copo com a solução aquosa, e inseriu-se no local apropriado da torre do equipamento e baixou-se para se iniciar o teste, seguindo os tempos e temperaturas indicados na tabela 5 e demonstrados na figura 14. No final obteve-se uma curva semelhante a figura 13.



**Figura 14** A) Amostra de arroz moída para análise de RVA; B) Equipamento Rapid Visco Analyser, Modelo TecMaster

### **2.5 Determinação de mudanças nas propriedades reológicas no arroz ao longo do tempo de prateleira**

Para determinar o tempo de prateleira e as possíveis mudanças comportamentais que poderiam surgir usaram-se 5 variedades da colheita de 2019/2020, representadas na Tabela 6. Este estudo teve como objetivo avaliar dois fatores: o tempo (0 meses e 6 e meses), e o modo de armazenagem do arroz já branqueado, tal como chega ao consumidor, ou em película/casca, tal como chega à empresa.

Em setembro de 2019 realizou-se o RVA segundo descrito na secção ‘‘2.4 Determinação das propriedades de viscosidade do arroz’’ para as 5 amostras. No mesmo dia, armazenaram as mesmas amostras num local seco e longe da luz solar, tal

como o procedimento adequado para conservar este produto. Ambas as amostras foram armazenadas tal como chegaram à Novarroz e já branqueadas.

Ao final de 6 meses, março 2020, realizou-se RVA das amostras armazenadas e estudou-se se o tempo de prateleira do arroz altera o seu comportamento reológico.

Salienta-se que todas as análises de viscosidade foram efetuadas com o arroz já branqueado.

**Tabela 6** - Amostras estudadas no ensaio de tempo de prateleira

Amostra	Código	Tipo de arroz	Espécie	Tempo de armazenamento
IndicaB	IndicaBT0	Aromático	<i>Indica</i>	0 meses
	IndicaBT6B	Aromático	<i>Indica</i>	6 meses
	IndicaBT6P	Aromático	<i>Indica</i>	6 meses
JaponicaA	JaponicaAT0	Carolino	<i>Japónica</i>	0 meses
	JaponicaAT6B	Carolino	<i>Japónica</i>	6 meses
	JaponicaAT6C	Carolino	<i>Japónica</i>	6 meses
JaponicaM	JaponicaMT0	Médio	<i>Japónica</i>	0 meses
	JaponicaMT6B	Médio	<i>Japónica</i>	6 meses
	JaponicaMT6P	Médio	<i>Japónica</i>	6 meses
JaponicaT	JaponicaTT0	Carolino	<i>Japónica</i>	0 meses
	JaponicaTT6B	Carolino	<i>Japónica</i>	6 meses
	JaponicaTT6C	Carolino	<i>Japónica</i>	6 meses
IndicaB	IndicaBPT0	Aromático	<i>Indica</i>	0 meses
	IndicaBPT6	Aromático	<i>Indica</i>	6 meses

## 2.6 Fortificação nutricional do arroz

### Seleção de variedades de arroz

Para a realização deste estudo foi selecionado um cultivar de *Oryza sativa* da subespécie *Japónica* proveniente da colheita 2018/2019 e 2019/2020, representadas na tabela 7.

**Tabela 7-** Amostras usadas no processo de germinação

Código	Tipo de arroz	Espécie	Colheita
JaponicaNV	Médio	<i>Japónica</i>	2018/2019
JaponicaSS	Médio	<i>Japónica</i>	2019/2020

#### Indução mecânica de GABA em arroz integral

A indução mecânica de GABA foi realizada com recurso ao equipamento de cozinha. Desta forma, cada ensaio GABA foi realizado para uma massa final de 300 g por 9 horas, no programa de polimento GABA em arroz integral. Após indução, o arroz foi seco a vácuo nas seguintes condições: -70 mm Hg a 60 °C por 90 min (Figura 15-A). As amostras apresentaram humidade final de 12-13 %, a qual foi calculada usando uma termobalança (Figura 15-B).

A determinação do GABA foi realizada num laboratório externo, por Cromatografia líquida acoplada com espectrometria de massa (LC-MS/MS).

#### Pré-germinação em arroz integral

A germinação convencional foi realizada segundo Jannoey et al., 2010 e Karladee & Suriyong, 2012, com ligeiras alterações.

Primeiramente 300 g de arroz foram lavados e colocados num tabuleiro juntamente com 2,4 litros de água destilada e levado durante 12 horas a uma estufa com temperatura de 30 °C. Após 12 horas retirou-se a água do arroz e este foi seco a vácuo, com o intuito de reduzir a humidade, nas seguintes condições: -70 mm Hg a 60 °C por 90 min, repetindo-se o processo de secagem 2 vezes de modo a obter-se uma humidade final de 16-17 %.

A determinação do GABA foi também segundo a etapa anterior.

#### Indução mecânica de GABA em arroz integral pré-germinado

Por forma a rentabilizar o processo de indução de GABA tentou-se perceber se com uma pré-germinação convencional antes da indução mecânica os resultados seriam mais vantajosos, tendo com intuito também diminuir o tempo de germinação.

Este procedimento acoplou os 2 procedimentos referidos anteriormente. Primeiramente realizou-se a pré-germinação em arroz integral seguida de uma secagem a vácuo, nas seguintes condições: -70 mm Hg a 60 °C por 90 min, repetindo-se o processo

de secagem 2 vezes. Posteriormente realizou-se a indução mecânica de GABA em arroz integral.



**Figura 15** Equipamentos usados durante o processo de germinação. A - Equipamento para secagem a vácuo; B - Termobalança.

#### Ensaio organoléticos e RVA

A amostra ensaiada foi cozida segundo as normas internas do Departamento de Qualidade da Novarroz, e posteriormente avaliada numa perspetiva organolética, também de acordo com padrões estabelecidos pela entidade que acolheu o ensaio. Desta forma, cada amostra de arroz da sonda foi cozinhada na proporção de 1 copo de arroz para 2 de água durante aproximadamente 15 min a lume brando. Após cozedura foram avaliados os seguintes parâmetros organoléticos: cor, odor, sabor. O painel de avaliadores era constituído pelos colaboradores do Departamento da Qualidade. Os ensaios de cozedura foram realizados após secagem do arroz. A amostra seca foi armazenada à temperatura ambiente longe da luz solar e após 30 dias repetiu-se o processo de cozedura.

Após análises sensoriais, todas as amostras foram avaliadas segundo as propriedades reológicas, de modo a entender o tipo de características que a fortificação com GABA traria ao arroz, através de um Viscosímetro de Análise Rápida (RVA), tal como descrito anteriormente.

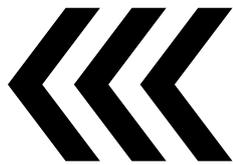
Todas as análises foram realizadas tal como o arroz integral, tal como o controlo.

## **2.7 Análise estatística**

As características biométricas analisadas (dimensão do grão e % de gessados), só foram analisadas uma vez, e os resultados foram obtidos no equipamento de análise estatística *Vibe Imaging Analytics*. Todos os restantes parâmetros foram avaliados em pelo menos 2 ensaios e os resultados apresentados correspondem à média.

As correlações de Pearson foram efetuadas de modo a obter relação entre os parâmetros estudados, usando o software GraphPad Prism 7.

Os resultados detalhados encontram-se em Anexo.



### **3. Resultados e discussão**

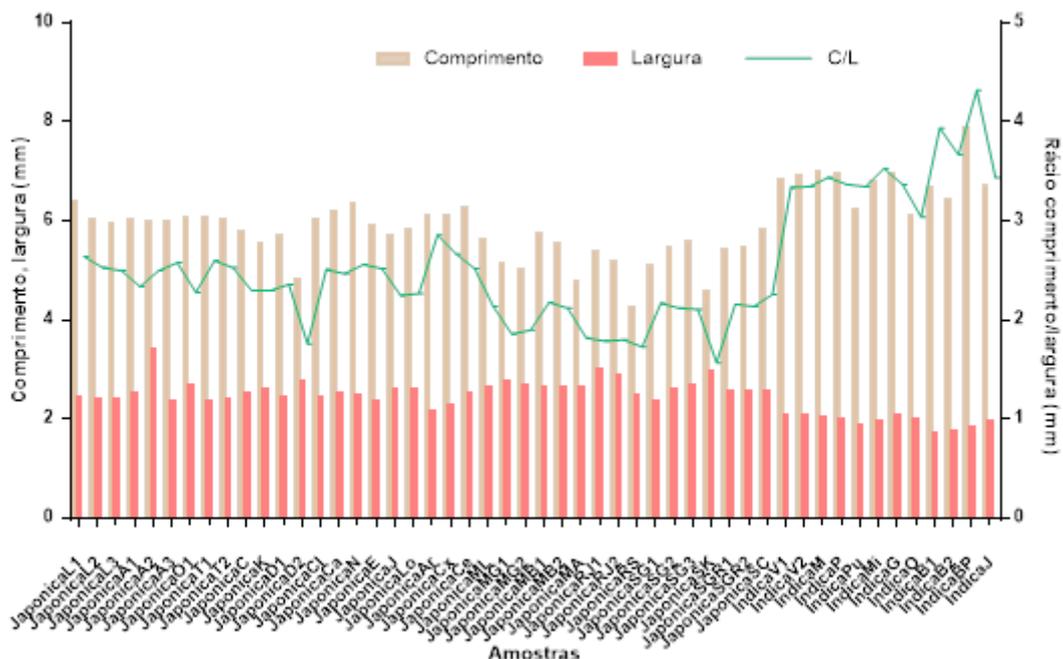
### 3.1 Características biométricas do grão – Relação comprimento-largura

O aspeto físico das amostras de arroz permite perceber as diferenças entre grãos de arroz, sendo o comprimento, a largura e a relação entre estes dois parâmetros essencial para a qualidade do grão.

Geralmente, os consumidores preferem um grão mais fino e comprido, típico da subespécie *Indica*, contudo, em Portugal opta-se por um grão mais pequeno e largo, conhecido como carolino.

Os grãos de comprimento inferior ou igual a 5,2 mm e relação comprimento-largura inferior a 2 são denominados grãos curtos e estão associados ao grão tipo médio e redondos. Os grãos com comprimento superior a 5,2 mm e inferior a 6,0 mm, e relação comprimento-largura inferior a 3,0 mm são denominados de grãos médios conhecidos também como arroz tipo carolino. Os grãos denominados longos como o Agulha, Agulha Vaporizado e Aromáticos têm comprimento superior a 6,0 mm e relação comprimento-largura superior a 3,0 mm.

Na figura 16 estão representados os resultados obtidos para o comprimento, largura e relação entre comprimento e largura das amostras analisadas.



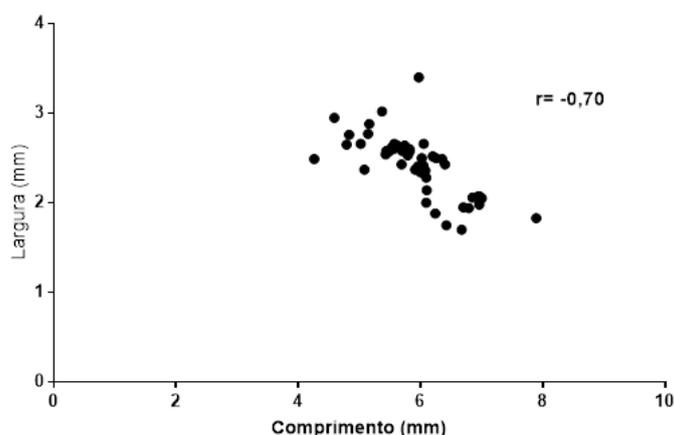
**Figura 16** - Parâmetros biométricos - eixo esquerdo corresponde a largura e comprimento das amostras em mm, e no eixo direito corresponde ao respetivo relação C/L em mm

Ao observar a figura 16 verifica-se que a subespécie *Indica* é a que possui um maior comprimento assim como é notório um aumento na linha relação C/L. É a amostra IndicaBP que possui um maior comprimento e maior relação comprimento largura. Sendo as variedades aromáticas as que apresentam uma largura menor, visto que estas são caracterizadas por grãos finos e longos, conseqüentemente tendem a apresentar uma relação C/L elevada. Todas as restantes amostras da subespécie *Indica* apresentam comprimentos e relações C/L superiores a 6,0 mm e 3,0 mm, respetivamente.

Quando se analisa a linha que representa a relação C/L também é evidente que os grãos do tipo médio, redondo e carolino são os que apresentam um valor mais pequeno, apresentando em geral um comprimento inferior e uma largura do grão superior quando comparado com a subespécie *Indica*. A subespécie *Japónica* é caracterizada por um grão mais largo. Também se verifica que nem todas as amostras da subespécie *Japónica* apresentam as medidas esperadas, o comprimento superior a 5,2 mm e inferior a 6,0 mm para grãos tipo carolino e inferior ou igual a 5,2 mm para grãos para grãos tipo redondo ou médio, contudo a relação C/L está de acordo com a legislação.

É assim necessário realizar este tipo de análises todas as campanhas visto que as propriedades do arroz são influenciadas pelas condições climáticas, tipo de solo, podendo variar de ano para ano.

A figura 17 correlaciona as duas dimensões (comprimento e largura), verificando-se que existe uma correlação do coeficiente de Pearson negativa significativa estatisticamente entre as duas variáveis. Esta correlação tem um valor de r igual a -0,70, o que significa que, quanto maior for o comprimento do grão de arroz, menor vai ser a sua largura.



**Figura 17** - Correlação entre a largura em mm e o comprimento em mm para um  $p < 0,05$

### 3.2 Características biométricas - % de gessado e *kett*

Parâmetros como a percentagem de gessados e o *kett* dos grãos são também aspetos físicos importantes para determinar a qualidade do grão e ainda a aparência do grão. O grau de brancura está relacionado com a aceitabilidade do produto por parte do consumidor. Portanto grãos gessados são considerados grãos defeituosos e por norma costumam ser rejeitados havendo parâmetros que os limitam dependendo também do mercado. O consumidor vai sempre preferir um endosperma translucido, sem zonas opacas, livre de grãos manchados ou escuros, assim como de manchas brancas no centro do grão, os quais não se designa por gessados, mas sim por barrigas brancas. Na figura 18 é possível comparar-se um grão normal e um grão gessado.



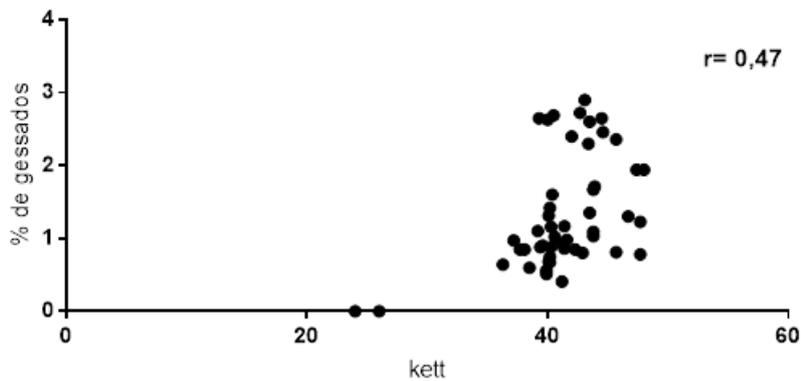
**Figura 18** - Comparação entre grãos gessados (esquerda) e grãos normais (direita)

Os grãos que apresentam uma maior área gessada estão relacionados com a maturação do grão e conseqüentemente com desordens estruturais do amido. Ou seja, fatores que afetem a maturação e o crescimento normal do grão, sendo estas as condições climatéricas e as pragas, que se irão refletir num grão com menor qualidade, muitas vezes designado por grão de segunda qualidade, tendo um impacto no mercado de venda.

Já a brancura total, medida através da análise de *kett*, é a medida da luz que é refletida de uma amostra de arroz, sendo também influenciada pela humidade e ataque de pragas durante o desenvolvimento da planta do arroz.

Na figura 19, está representada a relação entre o *kett* das amostras e a % de área gessada da mesma.



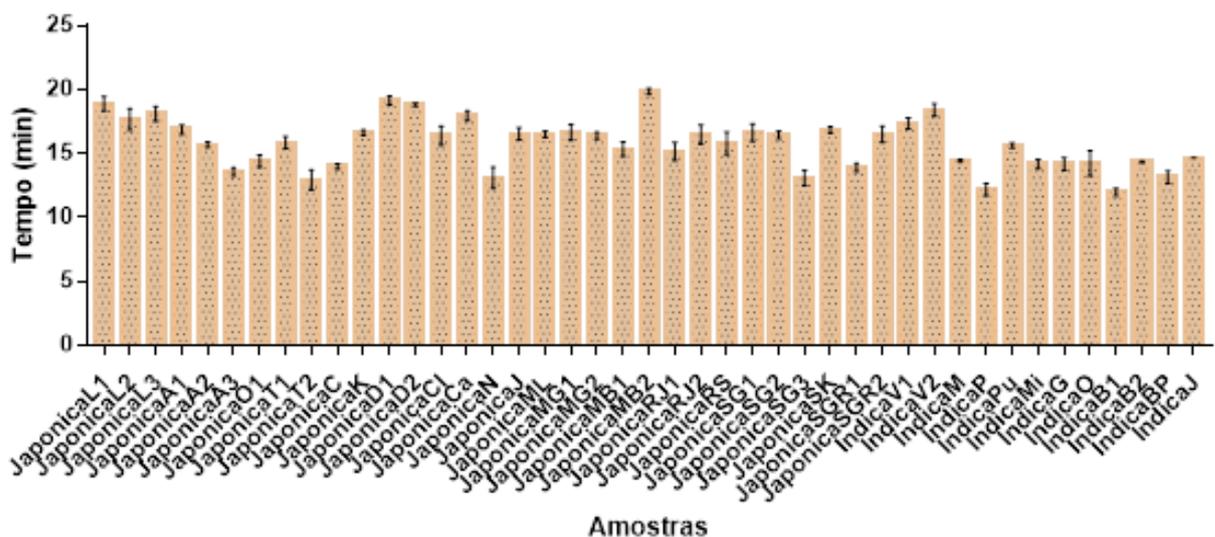


**Figura 20** - Correlação entre a % de grãos gessados e o Kett das amostras, para um  $p < 0,05$

### 3.3 Tempo de cozedura

O consumidor é influenciado pelo tempo de cozedura, e, face ao quotidiano atual opta por variedades que combinem um menor tempo de cozedura com um produto final de boa qualidade, sendo este um outro ponto fulcral para a qualidade do arroz.

Os dados apresentados na figura 21 são os tempos calculados para que 90% dos grãos se apresentem cozidos, dados que a esta percentagem o consumidor não nota grãos não cozidos. Na mesma figura está representado o desvio padrão.



**Figura 21** - Tempo de cozedura em minutos e respetivo desvio padrão

Pela análise da figura pode-se concluir que em média a subespécie *Indica* coze mais rápido que a subespécie *Japónica*, excetuando o tipo vaporizado ao pré-tratamento ao

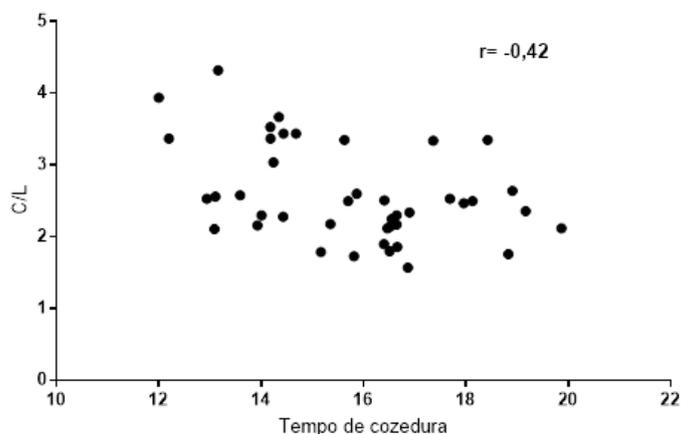
qual é submetido. Por conseguinte verifica-se que a amostra com menor tempo de cozedura trata-se de uma amostra da subespécie *Indica* sendo este um arroz aromático, e em contrapartida a amostra com maior tempo de cozedura é a amostra JaponicaMB2 referente a subespécie *Japónica* tipo médio.

Sabe-se que variedades com menor conteúdo de amilose apresentam um tempo de cozedura mais acentuado, uma vez que a amilose dificulta a rutura dos grânulos e a penetração das moléculas de água no interior do mesmo, corroborando assim os resultados obtidos, dado que é a subespécie *Japónica* que apresenta menor conteúdo de amilose na sua composição.

Note-se que dentro do mesmo tipo de arroz há variâncias no tempo de cozedura, por exemplo as amostras IndicaB1, IndicaB2, IndicaBP e IndicaJ pertencem à subespécie *Indica*, tipo aromático e apresentam valores de tempo de cozedura diferentes, variando entre 12,0 e 14,6 min, indicando assim que há várias variáveis a influenciar o tempo de cozedura e não só a variedade. Uma destas variáveis poderá ser a origem do arroz e todos os fatores por detrás disso, como tipo de solo e condições climáticas. Corroborando-se tal, através das amostras JaponicaA1, JaponicaA2 e JaponicaA3, que são a mesma variedade de arroz, mas de diferentes localizações geográficas de Portugal, verifica-se novamente uma diferença nos tempos de cozedura. Todavia, a composição química do arroz poderá ser o maior fator de variação do tempo de cozedura, nomeadamente a proporção de amido. Componentes como proteína e lípidos podem também influenciar, geralmente aumentando o tempo de cozedura, visto que os constituintes hidrofóbicos dos lípidos e a presença de pontes dissulfureto das proteínas diminuí a solubilidade na água, e durante a gelatinização do amido agregarem-se aos grânulos do mesmo dificultando a penetração da água (Fitzgerald et al., 2003; Zhou et al., 2002).

Analisando todos os dados obtidos pode-se correlacionar o tempo de cozedura com o C/L obtido das amostras. Um grão fino e longo apresenta maior relação C/L e por consequência maior área de contacto com água o que facilita a absorção da mesma, todavia devido a largura vão ter menor área de penetração. Contudo, esta correlação não é linear, a amostra JaponicaA3 e JaponicaT2 apresentam um grão largo e curto, tendo um C/L menor quando comparado com a amostra que obteve menor tempo de cozedura (IndicaB1) e apresentam um tempo de cozedura baixo na ordem dos 12,0 a 13,0 min. A figura 22 representa a correlação dos valores t 90% com o C/L dos grãos, verificando-se que existe uma correlação negativa estatisticamente significativa, sendo o valor da

correlação de Pearson de -0,42. Assim sendo, quanto mais comprido e fino for um grão, característico da subespécie *Indica*, menor será o tempo de cozedura.



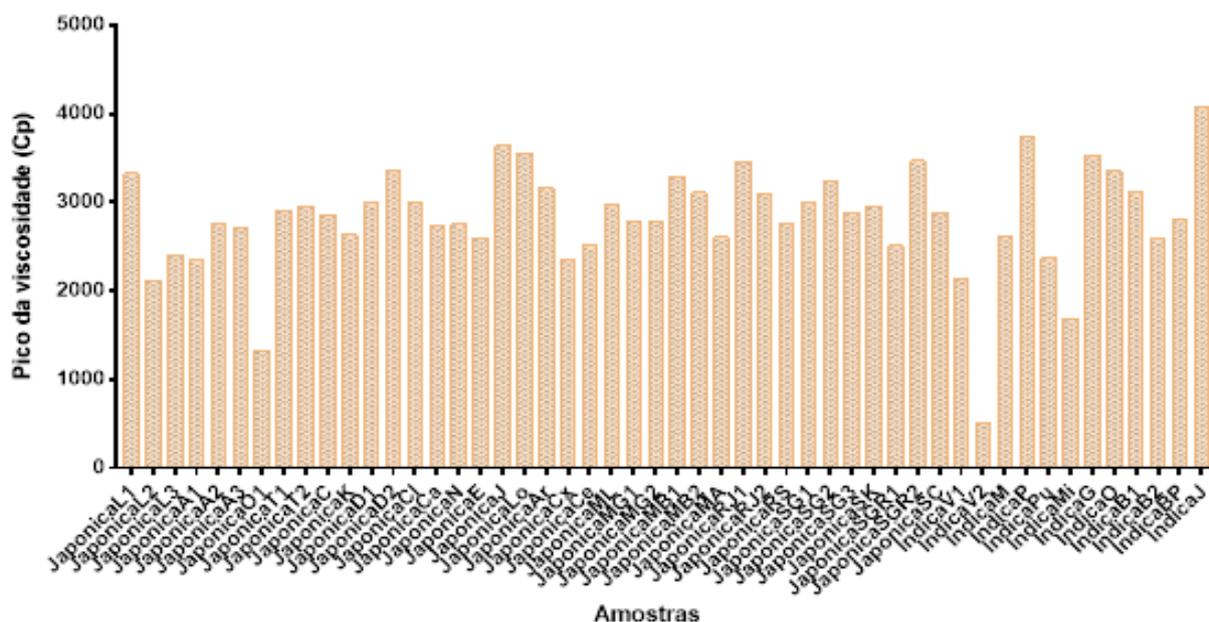
**Figura 22** - Correlação entre a relação C/L das amostras com o respetivo tempo de cozedura, para um  $p < 0,05$

### 3.4 Propriedades reológicas do arroz

Através da análise de viscosidade consegue-se simular a cozedura do arroz e a palatabilidade do mesmo, mais propriamente simular o comportamento do amido durante a cozedura do arroz o qual no final da análise dá-nos dados fundamentais para conhecer o comportamento do arroz e conseguirmos indicar ao consumidor qual o melhor arroz para determinado tipo de prato. Além do mais, as propriedades reológicas indicam também o fator de qualidade do produto, dão indicação de fatores sensoriais e consequentemente a aceitabilidade do produto por parte do consumidor.

A determinação das propriedades de viscosidade do arroz é obtida através da análise de RVA. Nesta análise é possível obter dados como viscosidade da vala, *breakdown*, viscosidade final, *setback*, tempo do pico e *pasting temperature*. Os valores do pico de viscosidade, vala, viscosidade final, tempo do pico e *pasting temperature* são valores de pontos específicos do gráfico. Ao contrário dos valores de *breakdown* e *setback* que são valores calculados através da diferença entre viscosidade do pico e da vala e entre a viscosidade final e a viscosidade do pico, respetivamente.

De modo a obter-se informação mais detalhada realizou-se análise separada de cada parâmetro para todas as variedades estudadas. Na figura 23, estão representados os valores para a viscosidade do pico das amostras de arroz analisadas.



**Figura 23** - Viscosidade do Pico (Cp) obtidos a partir da análise de RVA

Analisando a figura 23 verifica-se que a amostra com menor valor de pico é a IndicaV2 e trata-se de uma amostra que já sofreu tratamento de vaporização. A amostra IndicaV2 e IndicaV1 apresentam, em geral, comportamento diferente das restantes amostras da sua subespécie e isto deve-se ao pré-tratamento que esta variedade sofre. Durante o pré-tratamento de vaporização o amido irá sofrer o processo de gelatinização, consequentemente aquando a sua cozedura irá ter uma menor capacidade de inchamento dos grânulos de amido e absorção da água (Oli et al., 2014), afetando assim todo o perfil da curva de viscosidade.

Assim sendo podemos considerar que a amostra com menor pico de viscosidade corresponde a uma amostra da subespécie *Japónica*: JaponicaO1, seguindo-se uma amostra da subespécie *Indica*: IndicaMi. Contudo as duas amostras com maior pico de viscosidade correspondem a amostras da subespécie *Indica* IndicaP e IndicaJ, do tipo Agulha e Aromático, respetivamente.

O anexo IV do Regulamento 157/2017 determina valores do pico viscosidade para que um arroz possa ser considerado carolino ou não. No caso do pico da viscosidade de um carolino o valor deve ser superior a 2600 Cp, e regra geral, as amostras estudadas cumprem este requisito, havendo, contudo, a amostra JaponicaO1 que apresenta valores muito distantes de 2600.

Por sua vez, segundo a bibliografia seria de esperar que a subespécie *Japónica* apresentasse valores mais altos de pico. Dado que este parâmetro indica a capacidade do amido se ligar à água e a extensão de inchaço dos grânulos de amido, sendo estes dois fenómenos determinados pelas cadeias de amilose e amilopectina. Variedades com menor teor de amilose e maior em amilopectina irão, teoricamente, ter tendência a apresentar valores mais altos de pico de viscosidade e maior extensão de inchaço dos grânulos (Fitzgerald et al., 2003), sendo que é a subespécie *Japónica* caracterizada por um menor teor de amilose, apresentando esta cerca de 20% de amilose (Koutroubas et al., 2004). Contudo a amilose tem a capacidade de ligar-se aos lípidos e inibir a intumescência dos grânulos e dificultar a ligação da água às moléculas, levando a um menor pico de viscosidade nas variedades com maior rácio de amilose (Sang et al., 2008). Isto poderá justificar o facto das 2 amostras com maior pico serem da subespécie *Indica* e não *Japónica*.

Com base nos dados obtidos pode-se concluir que, em geral, as amostras da subespécie *Japónica* apresentam valores de pico mais elevados, mas dado a proporção de amostras (mais amostras da subespécie *Japónica* do que *Indica*) torna-se difícil tirar conclusões concretas.

Na figura 24, estão ilustrados os valores de *Pasting Temperature* das amostras estudadas. A *pasting temperature* indica a temperatura à qual se encontra o sistema aquando se atinge o pico de viscosidade, parâmetro analisado anteriormente, e podemos concluir que a temperatura pouco difere entre espécies e que a temperatura mínima para se cozer o arroz varia entre 64 °C para a amostra *IndicaMi* a 93 °C para a amostra *JapónicaO1*. A figura tem 2 amostras sem valores. Estas correspondem a amostras vaporizado, visto que, a análise não consegue um valor para a temperatura porque a ligação das moléculas à água e o inchaço dos grânulos é um processo restringido pelas alterações ocorridas na estrutura do amido anteriormente.

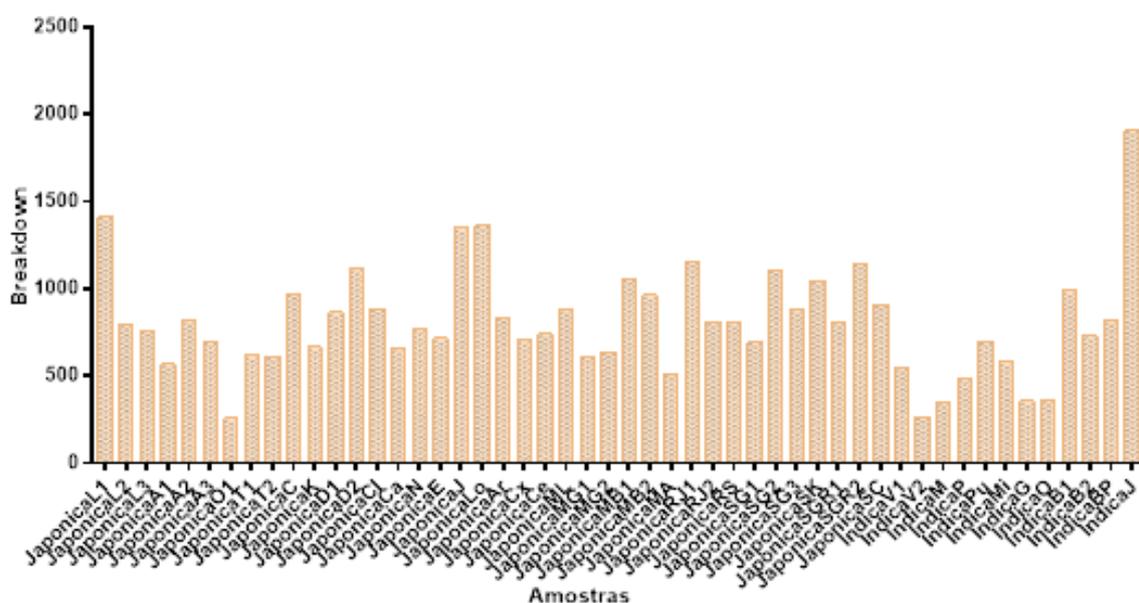
Segundo Lin et al., a subespécie *Indica* necessita de uma maior temperatura para iniciar a gelatinização do amido, dado que é a subespécie com maior amilose, tendo cerca de 24% de teor de amilose (Koutroubas et al., 2004). As ligações entre moléculas de amilose são estabelecidas por fortes pontes de hidrogénio, consequentemente variedades com maior rácio de amilose vão ter mais dificuldade em ocorrer o processo de gelatinização espontaneamente sendo necessário para tal recorrer a uma temperatura maior para que o processo se inicie (Lin et al., 2010). Seria expectável uma maior temperatura para amostras





O parâmetro viscosidade da vala nunca pode ser avaliado isoladamente, de modo a tirar conclusões, tem de se ter em conta o valor do pico da viscosidade e o *breakdown* obtido pela respetiva amostra.

A amostra com maior valor é a IndicaP, com um valor de 1624 Cp sendo esta a amostra com o segundo pico de viscosidade mais alto e observando a Figura 27, a qual representa a diferença entre a viscosidade de vala e o pico da viscosidade, esta mesma amostra apresenta um *breakdown* baixo. Tais valores são indicativos de que há uma baixa desintegração dos grânulos de amido, podendo tal ser justificado pelo facto de o amido ter a capacidade de se ligar a outro constituinte nomeadamente lípidos e/ou proteínas, e consequentemente haver uma menor desordem e uma maior integridade dos grânulos.



**Figura 27** - Breakdown obtido a partir da análise de RVA.

A amostra IndicaJ que apresentou um pico de viscosidade alto e um *breakdown* alto, sendo o mais alto, revela uma maior desintegração dos grânulos, não coincidindo com o que está descrito na bibliografia para este tipo de subespécie. A amostra IndicaJ é assim um exemplo que dentro da mesma subespécie as variedades podem-se comportar de forma diferente e podem não seguir um padrão.

Em geral, verifica-se que são as amostras da subespécie *Japónica* que apresentam valores mais altos de *breakdown* relacionando-se mais uma vez com os altos valores de pico, indicando um maior número de grânulos inchados e logo uma maior desintegração.

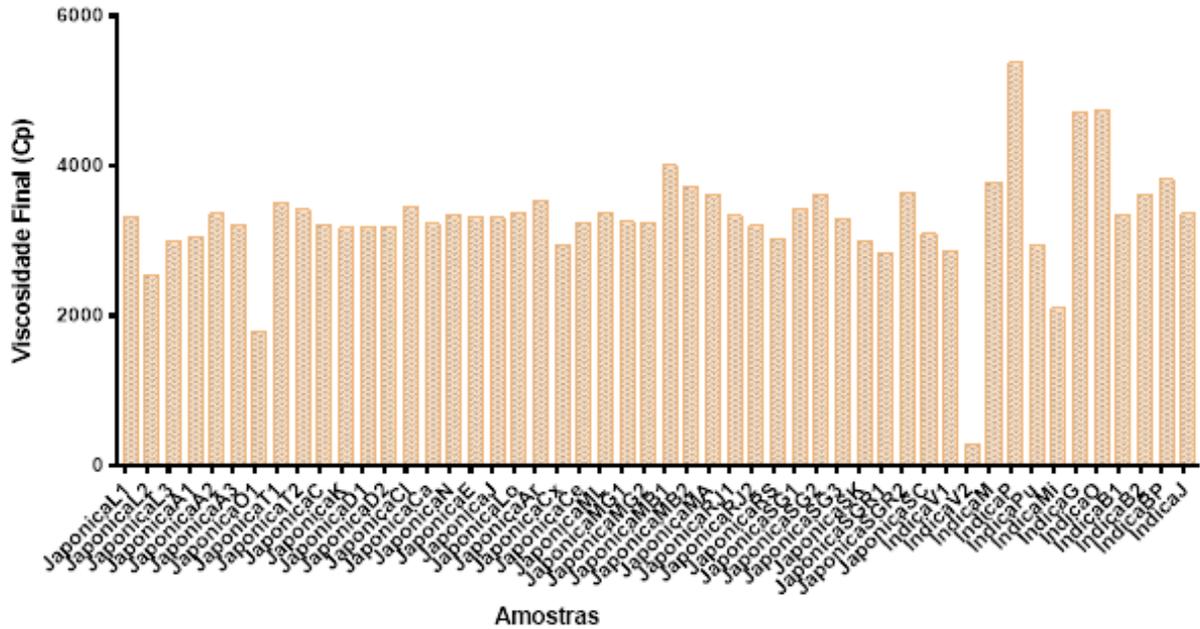
Entre as amostras da subespécie *Indica* as que apresentam um maior *breakdown* estão associadas a tipo Aromático.

Segundo Kong *et al.*, o *Breakdown* é uma medida da resistência da pasta gelatinizada ao calor e ao corte, sendo que se o *Breakdown* for elevado, a capacidade do arroz em suportar o aquecimento é reduzida (Kong *et al.*, 2015; Adebowale *et al.*, 2005), ocorrendo conseqüentemente uma maior desintegração visto que as interações entre as cadeias curtas da amilopectina não são suficientemente fortes para manter a estrutura intacta dos grânulos inchados (Adebowale *et al.*, 2005). Evidencia-se que a subespécie *Japónica* não é tão resistente às forças de corte e aquecimento quanto as variedades da subespécie *Indica*, refletindo-se na cozedura do arroz.

O parâmetro viscosidade final corresponde ao valor da viscosidade quando a pasta de amido fica estabilizada e está relacionada com a capacidade do amido em formar um gel mais rígido ou mais macio, ou seja, o comportamento do amido durante o arrefecimento. Estes dados estão representados na figura 28.

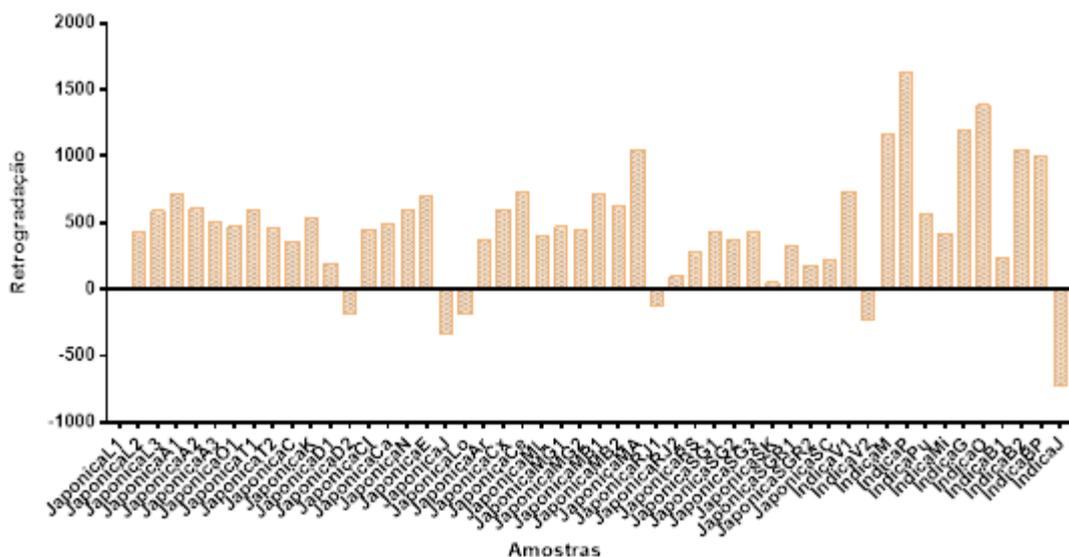
Analisando a figura 28 é notório que, em geral, a subespécie *Indica* apresenta uma viscosidade final superior, sendo mais uma vez a amostra IndicaP a que apresenta o valor superior, seguindo-se de mais duas amostras da espécie *Indica*: IndicaO e IndicaG. Note-se que em regra as amostras da subespécie *Japónica* com uma viscosidade final alta apresentam também um pico de viscosidade alto, concluindo-se que a viscosidade final é influenciada pelo pico da viscosidade.

Segundo a literatura, (Fitzgerald *et al.*, 2003) a ligação entre as moléculas de amido é feita a partir de pontes de hidrogénio, obtendo-se mais facilmente um gel em variedades pobres em amilose, mais propriamente a subespécie *Japónica*, sendo este, um gel mais macio e espessante. O contrário verifica-se na subespécie *Indica*, a qual é caracterizada por uma viscosidade final alta, e um elevado teor de moléculas de amilose, com um teor de amilose de 4% superior aquando a comparação com a subespécie *Japónica* (Koutroubas *et al.*, 2004), resultando numa maior dificuldade em formar gel, logo resulta num gel mais rígido e coeso (Fitzgerald *et al.*, 2003).



**Figura 28** - Viscosidade final (Cp) obtida a partir da análise de RVA

Outro dado que podemos retirar da curva da viscosidade é a retrogradação, fenómeno que ocorre aquando o começo do arrefecimento da pasta de amido, o qual ilustra a capacidade dos grânulos em se reorganizarem, sendo este parâmetro, a diferença entre a viscosidade final e o pico da viscosidade. Este parâmetro está representado na figura 29.



**Figura 29** – Retrogradação obtido a partir da análise de RVA

Analisando a figura 29 é evidente que a subespécie *Indica* apresenta valores de setback superiores, e este parâmetro indica-nos a capacidade de rearranjo das moléculas

de amilose as quais são libertadas dos grânulos de amido durante a gelificação. Amostras com maior teor em amilose irão ter valores maiores de *setback*. Contudo há exceções, podemos ver que a amostra IndicaJ, a qual apresenta um pico de viscosidade alto e um *breakdown* alto, mas uma viscosidade final menor que a pico, resulta num valor negativo. Há diversos fatores que poderão influenciar estes dados, nomeadamente o tipo de solo, condições climáticas, composição nutricional (Juliano, 1984; Zhou et al. 2002)), sendo também importante referir, que esta variedade é do tipo aromática; contudo para obtermos dados mais concretos seria necessária a realização de análises de outro tipo. Porém, mais uma vez estes dados comprovam o referido anteriormente, que dentro da mesma subespécie pode não ocorrer um padrão de perfil de viscosidade.

É visível também que há variedades da subespécie *Japónica* com valores negativos de *setback*, correspondendo também a uma viscosidade final e pico de viscosidade mais elevados. Num estudo paralelo, realizado também na Novarroz por mim, verificou-se analisando variedades comerciais as quais não estão representadas, que estes dois fatores na subespécie *Japónica* indicavam que a variedade de arroz se enquadrava nos pré-requisitos de um bom arroz para sushi.

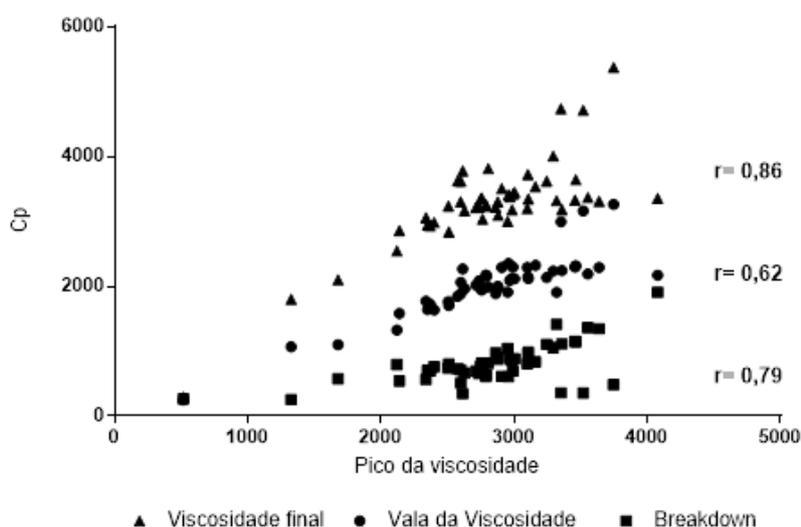
O anexo IV do Regulamento 157/2017 também incide sobre o parâmetro de *setback*, e um arroz é considerado carolino se apresentar um *setback* inferior a 600, e regra geral, as amostras estudadas cumprem este requisito.

Segundo a Lin e a sua equipa em 2010, são as amostras da subespécie *Indica* que apresentam uma maior capacidade de retrogradação. Este fenómeno ocorre com a diminuição da temperatura, e as moléculas de amilose com o decréscimo de temperatura têm tendência a reorganizarem-se paralelamente formando ligações de hidrogénio, o que resulta numa maior reorganização no final do processo. Consequentemente, a viscosidade final neste tipo de produtos, com um maior conteúdo em cadeias de amilose será superior (Lin et al., 2010).

Avaliando a correlação entre o parâmetro de pico de viscosidade final e os restantes parâmetros, verifica-se uma correlação significativamente estatística positiva com o parâmetro *vala*, *breakdown* e viscosidade final, apresentando coeficientes de 0,86, 0,62, 0,79, respetivamente. Com os outros parâmetros não se verifica uma correlação significativamente estatística. A correlação positiva está representada na figura 30.

Através da correlação representada na figura 30 pode-se concluir que quanto maior for o pico da viscosidade maior vai ser a *vala*, o *breakdown* e a viscosidade final. Estes dados contradizem a literatura dado que a subespécie *Japónica* é caracterizada por um

pico de viscosidade e *breakdown* elevados e uma viscosidade final baixa. Esta contradição pode ser justificada por diversos motivos. Ao longo da dissertação, ao comparar os parâmetros obtidos através da análise de RVA verificou-se que as variedades dentro da mesma subespécie podem não comportar-se como o esperado, logo esta análise vai variar segundo as variedades analisadas. Além disso, o tipo de moinho usado para o processo de preparação da amostra e, conseqüentemente o tipo de granulometria final da farinha irá ter impacto nos valores (Fitzgerald et al., 2003).



**Figura 30** - Correlação entre o pico da viscosidade e os parâmetros vala, breakdown e viscosidade final para um  $p < 0.05$

Segundo a literatura (Lin et al., 2010), também se pode correlacionar o valor do pico da viscosidade e o *breakdown* com o teor de amilose obtido, visto que maior conteúdo de cadeias de amilose irá resultar num menor inchaço dos grânulos por dificultarem a ligação às moléculas de água e conseqüentemente menor colapso dos mesmos.

### 3.5 Tempo de prateleira

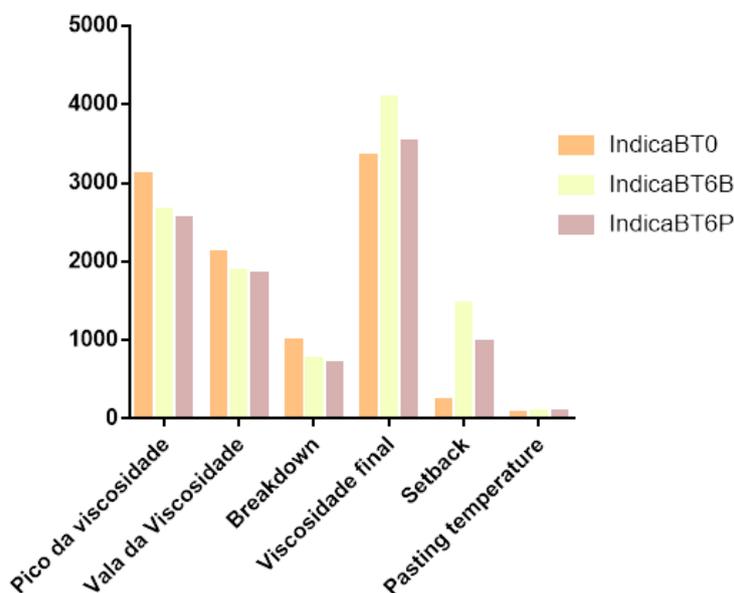
O tempo de prateleira vai determinar a qualidade do arroz. Tentar prever o comportamento do arroz e a melhor maneira de o conservar é fundamental para nos aproximarmos do consumidor e dar ao consumidor as melhores propriedades de cada variedade.

Sendo o amido o elemento fundamental do arroz e o elemento principal que irá determinar o tipo de comportamento que o produto final irá ter, realizaram-se análises de

viscosidade. As duas amostras da subespécie *Japónica* do tipo carolino foram escolhidas visto que são conhecidas como variedades *premium*, e, conseqüentemente são vendidas para mercados mais exigentes. A amostra da subespécie *Japónica* tipo médio é muito usada no mercado do sushi, sendo este mercado exigente de modo a que o amido se comporte da melhor forma para se obter o produto final ideal. As amostras da subespécie *Indica* são ambas do tipo aromáticas. O tipo aromático com o tempo tende a endurecer quando o arroz se encontra branqueado, sendo este um dos fatores de se armazenar todas as variedades durante 6 meses tal como chegam até nós, em película ou casca, ou já prontas ao consumo, branqueadas. A amostra IndicaBP é adquirida já branqueada. Posto isto, o objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros tempo de armazenamento e o modo de armazenagem.

Em todas as amostras analisadas reologicamente também se determinou o tempo de pico, porém entre os fatores estudados não se verificou diferença neste parâmetro e por esse motivo o mesmo não se encontra representado.

A figura 31, mostra o comportamento da subespécie *Indica* tipo aromático.



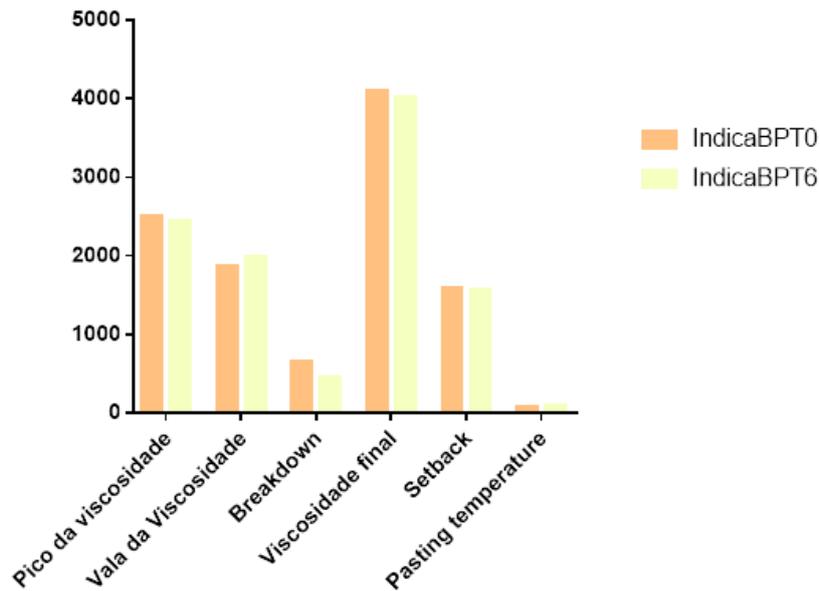
**Figura 31** – Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra IndicaB

Verifica-se que há alterações no comportamento em ambas as amostras. Entre o *pasting temperature* e o tempo de pico não se verificam alterações significativas. Entre as amostras armazenadas 6 meses verifica-se uma alteração significativa da viscosidade

final e conseqüentemente um *setback* diferente. Quando se comparam as amostras armazenadas por 6 meses com a amostra do t0 há alterações em todos os parâmetros. Assim sendo, quando se armazena o arroz já branqueado desta variedade verifica-se uma redução no pico, na vala e no *breakdown*, mas um aumento na viscosidade e no *setback*, o que resulta numa menor capacidade do amido se ligar à água e uma menor extensão de inchaço dos grânulos de amido, uma menor desintegração dos grânulos e por sua vez um maior valor de retrogradação, demonstrando assim uma maior capacidade de resistência às forças de corte e aquecimento, levando a uma maior capacidade do amido gelatinizado se reorganizar novamente e ainda numa maior capacidade de formar um gel mais rígido. Isto traduz-se num produto final com menos água, com uma maior viscosidade mas devido ao elevado *setback*, resulta numa dureza maior, o que se procura num produto desta variedade, ou seja, um arroz solto que não forma goma, não se desintegra e se mantém com uma textura dura. Todavia, quando se armazena esta amostra em película durante 6 meses verifica-se o mesmo comportamento que no arroz que esteve 6 meses branqueado, embora o aumento do *setback* e da viscosidade final não sejam tão significativos, contudo é expectável que o comportamento final seja similar a amostras IndicaBT6B a nível de dureza, mas a nível de viscosidade se assemelhe mais com a amostra do t0.

Através destes dados é possível concluir que se consegue obter um arroz com melhor comportamento e qualidade ao longo do tempo, uma vez que são esses os requisitos que o consumidor procura nesta variedade. Ou seja, o consumidor espera que nesta variedade, após cozedura, o arroz fique solto e com elevada dureza.

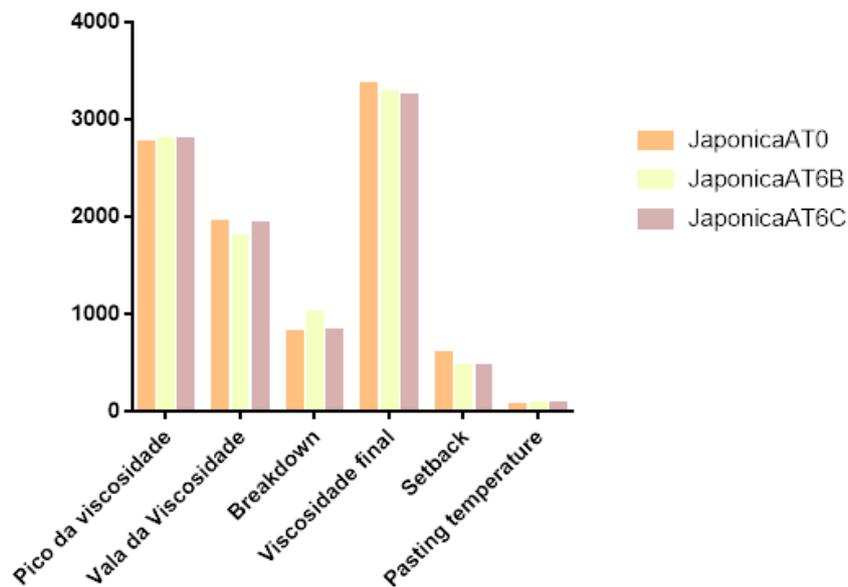
Na figura 32, na qual se representa outra subespécie *Indica* também aromática seria de esperar que se obtivesse o mesmo resultado que nas amostras IndicaB; todavia tal não se verifica, provando que cada variedade ao longo do tempo vai-se comportar de forma diferente. Não são notórias diferenças significativas entre parâmetros, sendo o parâmetro com maior amplitude de dados o *Breakdown*, mas é presumível que o comportamento seja igual em ambas amostras apesar do fator tempo. O que neste arroz é uma mais valia para a empresa, visto que a matéria-prima chega já branqueada, garante-se sempre o mesmo comportamento do arroz ao longo da campanha.



**Figura 32** - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra IndicaBP

Explorando variedades que se encontram armazenadas em casca, a figura 33 representa um tipo carolino. Na amostra JaponicaA verifica-se o mesmo que na amostra IndicaBP, isto é, poucas variações entre amostras face ao fator tempo. Entre as amostras guardadas por 6 meses apenas se verifica uma ligeira diferença no *breakdown*. Comparando a amostra do t0 com as t6 verifica-se que o *setback* e viscosidade final diminuíram com o tempo, e na amostra que foi armazenada em branco verifica-se um aumento do *breakdown* e uma diminuição da vala. Enfatiza-se que não são variâncias significativas, embora uma variedade *Japónica* apresente por norma um pico maior, *breakdowns* altos, *setbacks* baixos e viscosidade final baixa, indicando assim possivelmente que a amostra JaponicaAT6B irá apresentar um produto final mais viscoso, mais macio e com maior facilidade em formar goma, aspetos requeridos nesta variedade.

Comprova-se que ao longo do tempo a qualidade do arroz se mantém assim como as propriedades pretendidas, sendo expectável que o arroz após 6 meses de armazenamento em branco apresente melhores características.

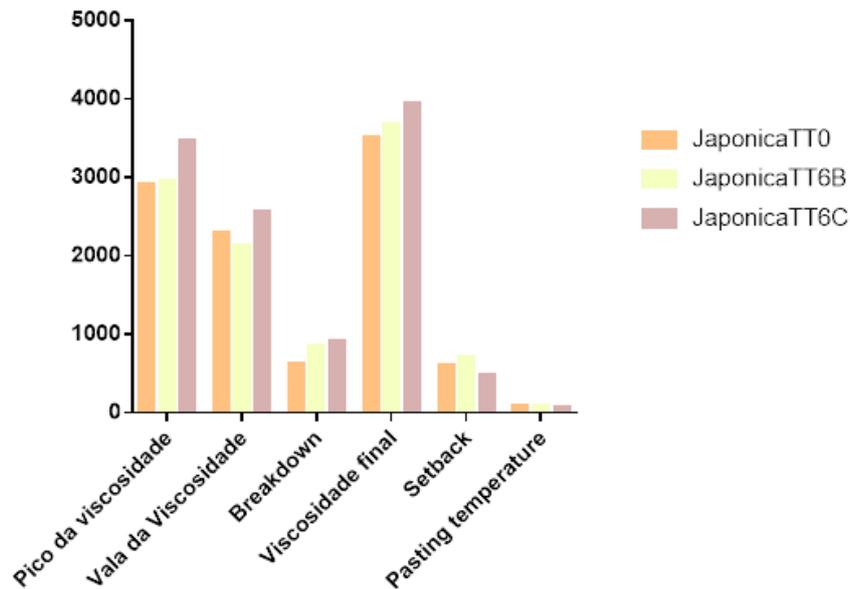


**Figura 33** - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaA

Considerando a segunda amostra do tipo carolino também representada na figura 34, verifica-se que a pequena influência do tempo de prateleira. Entre as amostras com 6 meses todos os parâmetros diferem, sendo o menos significativo o *breakdown*, resultando na amostra JaponicaTT6C com maiores valores de pico, vala, *breakdown* e viscosidade final. Quando se compara as amostras com 6 meses e a inicial verifica-se um aumento do pico, do *breakdown* e da viscosidade final. O parâmetro vala e *setback* variam segundo as condições de armazenamento, ou seja, se são armazenadas em casca ou em branco. Conseqüentemente iremos obter produtos diferentes consoante o fator tempo e modo de armazenagem.

A amostra JaponicaTT6C irá ter a capacidade de formar um gel mais macio, uma textura menos dura, dado que o amido tem maior capacidade de se ligar à água causando maior dificuldade na reorganização estrutural após rutura. Já a amostra JaponicaTT6B em comparação com a amostra t0 irá apresentar um gel mais viscoso e uma maior palatabilidade e dos três ensaios será a amostra que apresentará um grão mais duro, o qual não está relacionado com as características pretendidas para esta variedade.

Pode-se concluir que a amostra JaponicaTT6C face aos pré-requisitos pretendidos por esta variedade é a que se enquadra melhor, seria assim vantajoso armazenar o arroz em casca.



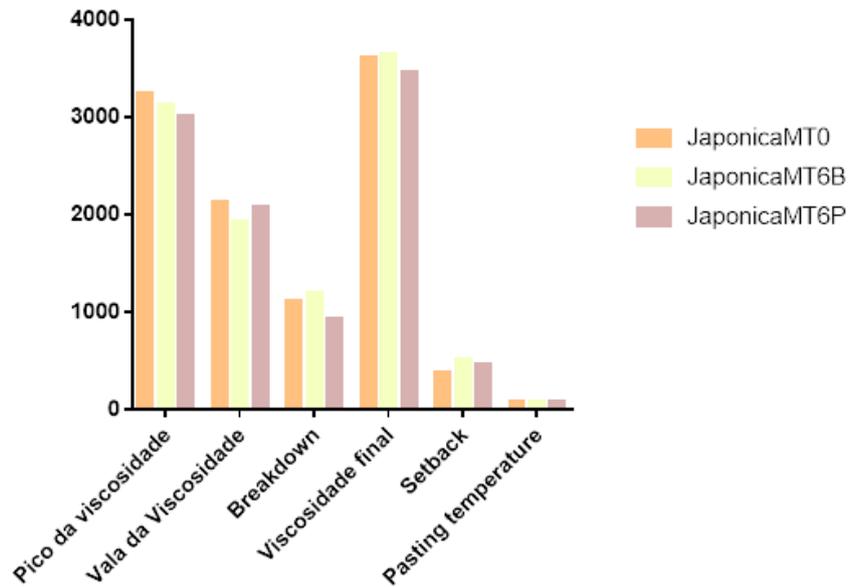
**Figura 34-** Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaT

Na figura 35 está representado mais um ensaio do teste de tempo de prateleira. São visíveis as alterações no comportamento do arroz causadas pelo fator tipo de armazenagem e tempo, embora não sejam significativas no produto final.

Entre as amostras com 6 meses de armazenamento verificam-se alterações mais significativas no *breakdown* e na viscosidade final, havendo um decréscimo no pico, *breakdown* e viscosidade final quando se compara a amostra JaponicaMT0 com a JaponicaMT6P, e uma diminuição da vala e aumento do *breakdown* entre a amostras JaponicaMT0 e JaponicaMT6B. Após 6 meses é visível que o *setback* aumentou. Posto isto, esta variedade de arroz com armazenamento de 6 meses em película, irá apresentar uma menor capacidade de inchamento dos grânulos de amido e consequentemente refletir-se numa viscosidade final mais baixa, logo uma menor captação de água e um gel não tao macio, e ainda numa textura mais dura. Armazenar esta variedade em branco irá resultar na mesma capacidade de absorção de água e formação de um gel macio, mas será, dos três ensaios, o arroz que apresentará um arroz com maior capacidade de reorganização, uma maior capacidade do amido gelatinizar-se novamente resultando numa textura mais firme.

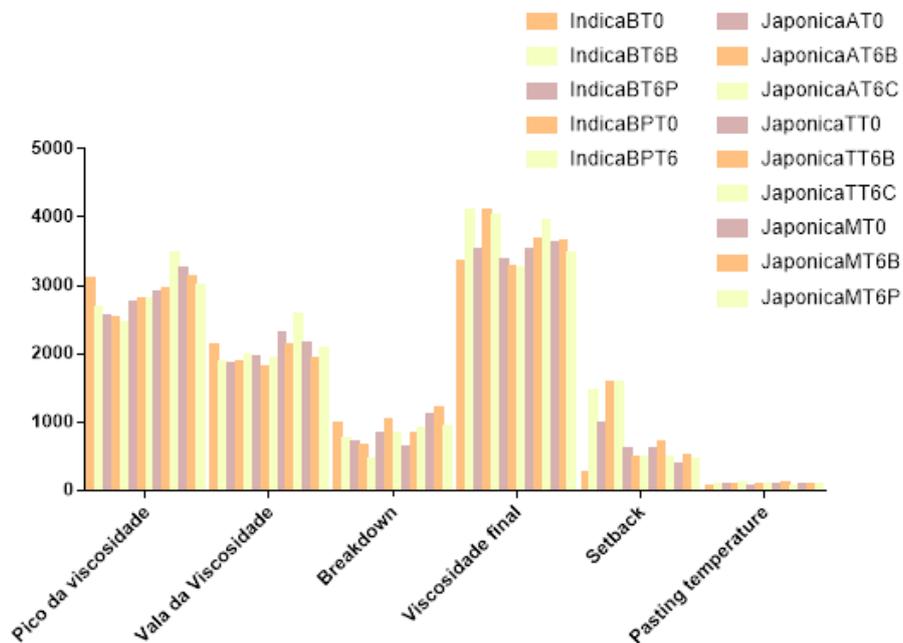
Nesta variedade é fulcral que a água e qualquer tipo de tempero seja absorvido de modo a obter-se o produto final pretendido. Verifica-se que o tempo de prateleira dificulta a entrada de água podendo refletir-se num produto final mais seco. Note-se ainda que a

diferença entre parâmetros não é significativa, neste caso seria interessante avaliar o parâmetro t12 meses de modo a entender o quanto modifica esta variedade após a campanha.



**Figura 35** - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira da amostra JaponicaM

Na figura 36 é possível visualizar a relação entre todas as amostras estudadas neste ensaio.



**Figura 36** - Parâmetros obtidos pela análise de RVA após ensaio tempo de prateleira de todas as amostras submetidas ao ensaio do tempo de prateleira

O tempo de prateleira não segue qualquer padrão de variação, nem se verifica qualquer correlação entre as variáveis tempo e modo de armazenagem, concluindo-se assim que cada variedade varia com os fatores de forma diferente e única. Verifica-se ainda que o parâmetro que sofre menos variâncias é a viscosidade final e *Pasting temperature*.

O tempo de prateleira 6 meses não prejudica a qualidade do arroz, sendo que em alguns dos casos melhora, como é o caso da amostra IndicaB; noutras variedades como JaponicaA e IndicaBP os fatores em estudo vão ter pouco ou mesmo nenhum impacto no produto final. Para a amostra JaponicaM os dados não foram tão positivos, dado que o produto final será algo não esperado naquela variedade, podendo mesmo pôr em causa a qualidade do produto.

### **3.6 Fortificação nutricional do arroz**

Para este ensaio a variedade escolhida é uma variedade conhecida como baixo índice glicémico e por norma recomendada para uso na alimentação de jovens lactantes, podendo também ser usada na alimentação convencional, logo acrescentar valor a este produto é uma mais valia.

Na figura 37 pode-se comparar o arroz nas várias etapas deste ensaio. A figura 37-A está representado o arroz sem qualquer tratamento (controlo), a figura 37-B representa o arroz após 12 horas de pré-germinação e na figura 37-C a amostra após sofrer pré germinação, indução mecânica e secagem a vácuo. A amostra que sofreu apenas indução mecânica não está representado, contudo o aspeto final assemelha-se à figura 37-C.

É visível que nas amostras que sofreram tratamento GABA há uma diminuição do *kett*, embora antes da secagem se verifique o contrário. A amostra inicial (figura 37-A) apresenta um *kett* de 29,6 e após tratamento e secagem o *kett* baixou para 25,9/26,2 dependendo do tratamento. Após tratamento e antes da secagem é o tratamento com pré-germinação que torna o arroz com maior brancura, tal pode-se justificar devido à quantidade de água no final de cada processo. Quanto maior água e mais tempo exposto às mesmas condições irá causar maior perda de película devido às forças abrasivas, levando assim a um aumento da brancura total.

Após pré-germinação o arroz apresenta uma humidade entre os 35,0 a 37,0 %, enquanto que, após o processo de estimulação de GABA apenas mecânico se verifica uma

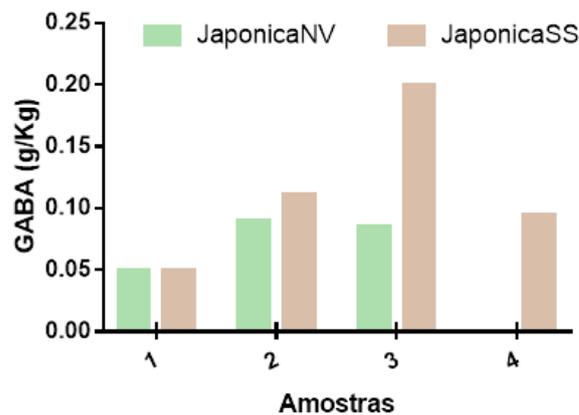
humidade de 16,0 a 17,0 % e humidade parte sempre de uma amostra controlo com um valor de cerca de 13,0 %.



**Figura 37** - A) Arroz subespécie Japónica após descasque e sem tratamento. B) Arroz após pré germinação C) Arroz após tratamento GABA e secagem

### 3.6.1 Quantificação de GABA

A quantificação de GABA (figura 38) foi realizada num laboratório externo, sendo realizado a cada tratamento duas análises de quantificação do neurotransmissor. De modo a termos comparações também se analisou o arroz sem qualquer tratamento designado por controlo.



- 1 - Amostras Controlo
- 2 - Amostras submetidas a indução mecânica
- 3 - Amostras submetidas a pré-germinação seguida de indução mecânica
- 4 - Amostras submetidas a pré-germinação

**Figura 38** - Quantificação do GABA nas amostras controlo e em ambos os tratamentos para indução de GABA

Ambos os controlos apresentaram valores inferiores a 0,050 g/kg, ou seja, abaixo do limite de quantificação. Todavia, as análises realizadas por LC-MS/MS para a quantificação de GABA nas variedades controlo e germinadas demonstram que ocorre um aumento deste neurotransmissor após tratamento, comprovando que ambos os tratamentos geram condições de *stress* de modo a que ocorra a descarboxilação de L-glutamato pela enzima GAD, que é ativada no gérmen.

Para a amostra JaponicaNV há um aumento de 0,039 g/kg quando se compara a indução mecânica com o controlo, havendo depois um decréscimo de 0,0038 g/kg aquando da comparação da indução mecânica com a pré-germinação seguida de indução mecânica. Para a amostra JaponicaSS há um aumento de mais que o dobro quando se compara o controlo com a amostra que apenas sofreu indução mecânica, havendo um incremento da concentração ainda maior, com aumento de 0,089 g/kg, quando se compara a indução mecânica com a pré-germinação acoplada de indução mecânica. Note-se que o valor de aumento entre estes dois tratamentos é superior ao aumento que houve com a amostra JaponicaNV em ambos os tratamentos.

Depois de comparar o ensaio de indução mecânica com o ensaio de pré-germinação seguida de indução mecânica, verifica-se claramente que a junção dos dois tratamentos na amostra JaponicaSS tem efeitos positivos, mas na amostra JaponicaNV tal não é claro. Além do mais, verifica-se que é a amostra JaponicaSS que apresenta melhores resultados em ambos os tratamentos, sendo por esse motivo a única amostra submetida a um tratamento de pré-germinação apenas. Consta-se, após comparação dos resultados dos três tratamentos submetidos à amostra JaponicaSS, que a combinação dos dois métodos (pré-germinação seguida de indução mecânica) é o que leva a um maior incremento do neurotransmissor inibitório. Verifica-se ainda que os dois métodos realizados de forma isolada apresentam valores na mesma ordem de grandeza.

Tal como já referido, é a amostra JaponicaSS que tem valores mais positivos quando comparada com a amostra JaponicaNV, dado que é a mesma variedade de arroz, cultivada na mesma zona geográfica estes valores podem ser explicados pela amostra JaponicaNV ser de um outro ano de colheita e as condições climáticas serem diferentes de ano para ano. A justificação mais plausível, e a qual corrobora a bibliografia será mesmo o fator idade. Segundo Guzmán-Ortiz et al. devem-se usar grãos de arroz com menos de 4-6 meses após a colheita, uma vez que após esse tempo o conteúdo de compostos bioativos diminui e os grãos podem perder a capacidade para aumentar o teor de GABA através da germinação (Guzmán-Ortiz et al., 2019).

O facto de a germinação ocorrer em condições nas quais há elevado  $a_w$  e o processo durar algumas horas, faz com que haja uma proliferação elevada de microorganismos. A presença de microorganismos em quantidade controlada, é um benefício porque irá desencadear proliferação de microorganismos LAB que têm capacidade de produzir o neurotransmissor GABA, o que irá, possivelmente, incrementar o valor do mesmo no produto final. Além de bactérias LAB, a presença de fungos e bolores também produzem ou induzem o incremento de GABA (Thitinunsomboon et al., 2013). Assim sendo, é o processo de pré-germinação que no final irá ter uma maior  $a_w$  e um maior tempo exposto a estas condições, o que poderá, também, justificar a diferença entre valores obtidos na amostra JaponicaSS entre os dois tratamentos.

### **3.6.2 Ensaios organoléticos**

Uma das etapas fundamentais aquando do lançamento de um produto novo são os ensaios organoléticos, avaliando mais uma vez a qualidade do produto.

O painel de avaliação foi composto por 3 colaboradores do Departamento de Qualidade da Novarroz, o qual preencheu a tabela 8, indicando se o sabor, cor, odor preenchendo os parâmetros com Normal ou Desvio, sendo que normal era quando não era notório qualquer alteração e o desvio era quando havia alterações dos padrões de qualidade.

Para o ensaio organolético foram cozidos o controlo, o arroz com indução mecânica, o arroz com pré-germinação e o arroz com pré-germinação seguida de indução mecânica de ambas as amostras no tempo  $t_0$  dias, ou seja, após a realização do ensaio, e no  $t_{30}$  dias, após 30 dias, sendo que em ambos foram analisados os mesmos parâmetros. Salienta-se que o processo de secagem a vácuo não provoca qualquer alteração nos parâmetros organoléticos da variedade em questão proporcionando uma melhoria na qualidade do arroz, no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos e conseqüentemente durabilidade do produto.

A tabela 8 apresenta os dados obtidos para os três tratamentos estudados e os dois tempos dado que os parâmetros se encontram iguais em ambas as amostras para cada tratamento e após o  $t_0$  e  $t_{30}$ . É possível concluir que o tratamento GABA não provoca desvios significativos nos parâmetros organoléticos.

**Tabela 8** - Tabela preenchida por 3 colaboradores após a análise organolética no tempo 0 e tempo 30 dias

	Colaborador 1	Colaborador 2	Colaborador 3
Odor	Normal	Normal	Normal
Sabor	Normal	Normal	Normal
Cor	Normal	Normal	Normal

Antes de cozer as amostras também se analisou os parâmetros odor e cor, e entre o t0 e t30 dias não houve alteração desse parâmetro, indicando que não ocorreu fermentação e não houve proliferação significativa de microorganismos, sendo também um indicativo de qualidade.

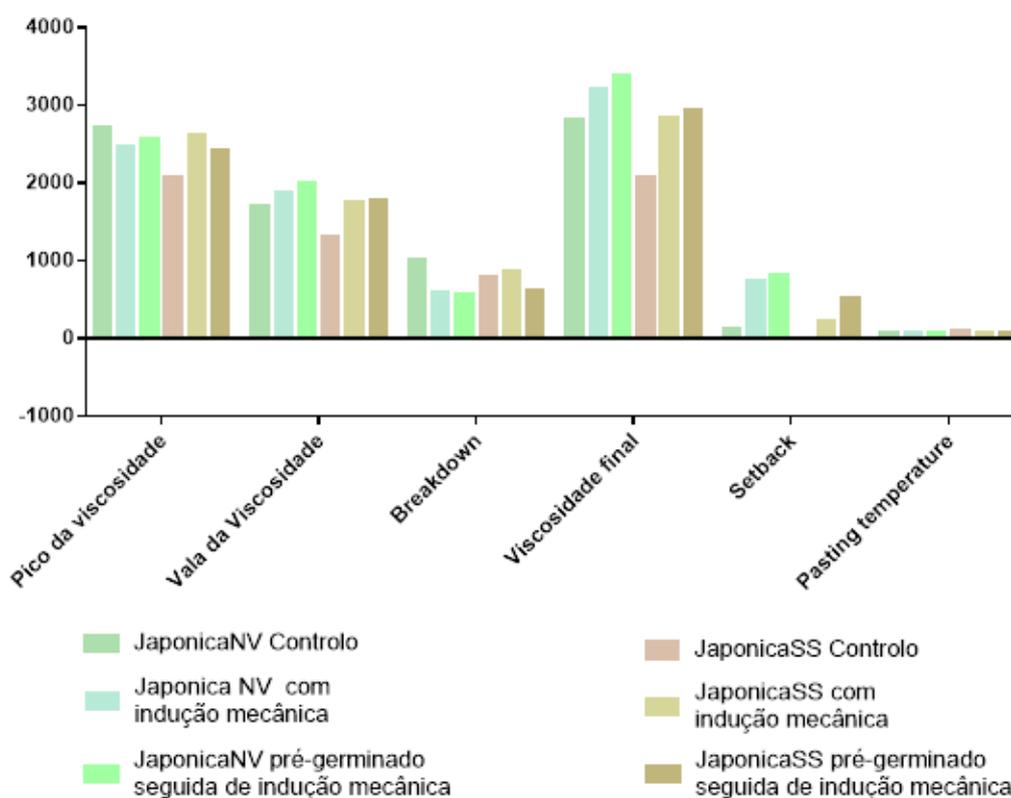
### 3.6.3 Ensaio reológicos

Dado que a estimulação de stress a que sujeitamos a amostra envolve água, embora esta não seja a altas temperaturas, o amido poderá sofrer alteração no comportamento. Salienta-se ainda que a bibliografia existente refere que este tipo de tratamento irá ativar a atividade de algumas enzimas, particularmente as enzimas responsáveis por processos de hidrólise, como a  $\alpha$ -amilase (Wu et al., 2013). Esta tem a capacidade de converter o amido em compostos mais simples, o que resultará em alterações na estrutura de amido do arroz (Wu et al., 2013). Avaliou-se o comportamento do amido através da análise da viscosidade para que seja possível avaliar a qualidade e a palatabilidade do produto final. Na figura 39 é possível visualizar todos os parâmetros analisados através da análise RVA a ambas as amostras em todos os tratamentos.

Há diferenças em diversos aspetos, até mesmo entre amostras controlo e verifica-se mais uma vez que os parâmetros tempo do pico e *pasting temperature* não sofrem alterações, não estando representado o parâmetro tempo do pico por esse motivo.

Para as amostras controlo é a amostra JaponicaNV que possui um maior pico de viscosidade, uma maior vala, assim como um *breakdown* superior e uma viscosidade final superior, indicando que há um maior número de grânulos de amido inchados, logo maior desintegração. Entre os dois controlos vai haver uma maior facilidade na perda da integridade na amostra JaponicaNV. Quanto ao *setback* o mesmo se verifica, o controlo JaponicaNV apresenta um *setback* superior, enquanto que o *setback* do controlo

JaponicaSS é negativo, o que indica que a amostra JaponicaSS após cozedura vai ter um aspeto mais viscoso.



**Figura 39** - Parâmetros obtidos pela análise de RVA das amostras controlo e das amostras que sofreram tratamento GABA

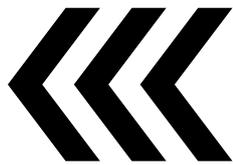
Os dados que se obtêm após o mesmo tratamento, variando apenas a amostra, apresentam diferenças e estas podem ser justificadas pelo facto de as próprias amostras controlo apresentam comportamentos diferentes.

Na amostra JaponicaNV com o tratamento de apenas indução mecânica há um decréscimo no pico e *breakdown* e um aumento da vala, viscosidade final e no *setback*, sendo este último considerável. O mesmo tipo de comportamento se verifica quando se submete a amostra JaponicaNV a pré-germinação seguida de indução mecânica. Dado que o *breakdown* não é elevado apesar de apresentar um pico e vala elevados poderá indicar que há pouca desintegração dos grânulos, podendo tal ser justificado pela interação entre o amido e outro constituinte, como proteínas ou lípidos, o qual consequentemente fortalece a estabilidade do grânulo e mantém a integridade dos mesmos. O produto final vai apresentar um comportamento diferente relativamente ao

controle, vai haver uma maior estabilidade do amido, uma maior capacidade de formar gel, uma maior dureza do arroz cozido.

Na amostra JaponicaSS verifica-se que sofreu indução mecânica em comparação com o controle e apresenta todos os parâmetros com um valor superior. A amostra que foi submetida a tratamento de pré-germinação seguida de indução mecânica apresenta comportamentos diferentes quando comparada com o controle, um pico, vala, viscosidade final e *setback* superior, mas um *breakdown* inferior. Quando se compara a amostra JaponicaSS mas com tratamentos diferentes, o único parâmetro que difere é o *breakdown*. Reflete-se assim na amostra JaponicaSS submetida a pré-germinação acoplado de indução mecânica um pico de viscosidade alto, uma vala de viscosidade alta e um *breakdown* baixo, sinónimo mais uma vez que há uma baixa desintegração do amido, e uma vez que esta é a amostra que apresentou melhores resultados, estes parâmetros podem ser justificados pela interação do amido com as proteínas. O produto final desta amostra fortificada com GABA irá refletir-se numa maior dureza do arroz assim como uma maior estabilidade do amido, no caso do arroz que sofreu a junção dos dois tratamentos.

Segundo a bibliografia Wang et al. obtiveram no arroz germinado um pico da viscosidade, *breakdown*, viscosidade final e *setback* mais baixos que o arroz não germinado (Wang et al., 2020). Tumpanuvat et al. evidenciou que houve uma diminuição do *breakdown* e pico da viscosidade (Tumpanuvat et al., 2018). Podemos assim concluir que os dados obtidos não são coerentes com a literatura, sendo o único parâmetro igual a diminuição do *breakdown* o qual ocorre na maioria das amostras, mas não em todas. Tal pode ser justificado com o objetivo deste estudo: encontrar um método que incrementasse a concentração de GABA no arroz, o qual tivesse dados positivos em menor tempo. Assim sendo, nunca realizamos uma germinação do grão completa, e, os dados que consta na bibliografia são de arroz que sofreu o processo de germinação completo tendo um produto final com broto. O arroz formulado neste estudo devido ao tempo submetido a condições de germinação, possivelmente, as reações de decomposição de compostos complexos em compostos na forma mais simples esperadas não ocorreram na totalidade. Resultando assim num produto final com um perfil de viscosidade diferente do esperado.



## **4. Conclusão**

Os objetivos estipulados para este Estágio foram cumpridos, realizando-se a caracterização reológica e física de variedades de arroz e a formulação de um produto com valor acrescentado.

Quanto à análise física conseguiu-se caracterizar o grão de arroz pelo seu comprimento e pela sua brancura. No que diz respeito ao comprimento do arroz e à relação comprimento/largura conclui-se que a subespécie *Indica* apresenta uma relação superior, sendo caracterizada por apresentar um grão comprido e fino, sendo a variedade aromática, por norma a que apresenta um grão mais fino. O grão da subespécie *Japónica* caracteriza-se por um grão mais curto e largo. Relativamente à análise de brancura, a espécie *Japónica* é caracterizada por apresentar maior quantidade de gessados e barrigas brancas sendo que a variável percentagem de gessados relaciona-se positivamente com o valor de *kett*, obtendo-se em geral um maior número de área gessada e um maior *kett* na subespécie *Japónica*. Verificou-se que as variedades vaporizadas apresentam um *kett* menor e não apresentam grãos gessados, e isto deve-se ao pré-tratamento que esta variedade está sujeita conferindo-lhe uma tonalidade amarela, encobrindo a presença, se existente, de gessados.

Cada variedade tem propriedades diferentes e também tempos de cozedura diferentes, variando entre os 12 a 20 min, sendo a subespécie *Japónica* e a variedade vaporizado que apresentam maiores tempos de cozedura, isto devido ao rácio de amilose amilopectina e ao pré-tratamento de vaporização. As características físicas também influenciam o tempo de cozedura, mais propriamente a relação C/L, sendo que, quanto maior for esta razão mais rapidamente se obtém o arroz cozido.

Em relação às propriedades químicas estudaram-se as propriedades reológicas do arroz, concluindo-se que após obtenção e análise dos resultados percebeu-se que as variedades vaporizadas se comportam sempre de maneira distintas e não seguem nenhum padrão independentemente da subespécie, dado que o amido já sofreu processamento durante o pré-tratamento, tendo uma menor capacidade em inchamento dos grânulos. A subespécie *Japónica* é caracterizada por um menor teor de amilose, tendo o amido uma elevada capacidade de ligar-se à água, resultando em picos de viscosidade elevados e em valores altos de *breakdown* dado que os grânulos absorveram mais água, logo incham mais e há uma maior desintegração, porque são subespécies que não são tão resistentes às forças de corte. Após o arrefecimento esta subespécie vai ter uma menor capacidade de se reorganizar, ou seja, um menor valor de retrogradação, resultando numa viscosidade final e num *setback* mais baixo, e ainda num produto final com um gel macio e viscoso e

com menor dureza. A subespécie *Indica*, em geral, comporta-se de forma contrária, devido a ter um maior teor de amilose, tem uma menor capacidade de absorção de água, logo uma menor desintegração dos grânulos, e maior capacidade de reorganização após o arrefecimento da pasta, resultando num gel mais firme e em *setbacks* altos que indicam dureza do produto final. Contudo a mesma subespécie apresenta amostras que não seguem este padrão, indicando que durante o processo de gelatinização pode existir interação entre o amido e outro componente como lípidos ou proteínas, resultando em parâmetros como pico da viscosidade e viscosidade final elevado, e um *breakdown* baixo. Verificou-se, após análise de todos os dados, a existência de uma correlação positiva entre o pico da viscosidade, a vala, *breakdown* e a viscosidade final.

Para validar os efeitos do tempo de prateleira foi realizada a mesma análise para caracterização reológica, avaliando os parâmetros tempo (0 e 6 meses) e o tipo de armazenagem (tal como chegou à Novarroz e em branqueado tal como chega ao consumidor). Concluiu-se deste ensaio que cada variedade se vai comportar de forma diferente, independentemente da subespécie, resultando numa variedade aromática com um melhor produto final face ao requerido aquando armazenada durante 6 meses em branco e numa outra variedade aromática sem alterações evidentes após 6 meses. Verificou-se ainda que o arroz tipo médio após 6 meses iria apresentar um produto final com maior dureza e com menor capacidade de absorver água, o que é o inverso ao esperado desta variedade. Seria assim interessante em futuros trabalhos prolongar este tempo de prateleira para 12 meses, assim como a inclusão de outras variedades.

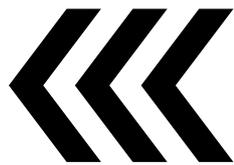
O processo de formulação de um novo produto também foi realizado com sucesso, validando três métodos possíveis para tal. Através da indução mecânica conseguimos passar de 0,050 g/Kg de GABA para 0,089 g/Kg e 0,11 g/Kg, e obteve-se valores na mesma ordem de grandeza quando se submeteu a amostra apenas a pré germinação. Todavia, obteve-se valores mais promissores através da pré-germinação seguindo-se indução mecânica obteve-se valores, partindo do mesmo valor inicial para o arroz controlo, de 0,085 g/Kg e 0,20 g/Kg. Concluindo-se assim que a junção dos dois métodos, pré-germinação e indução mecânica é o método mais promissor. Contudo para obter-se uma conclusão mais sólida teriam de se realizar mais ensaios com outras variedades. Entre as duas amostras estudadas a única variável existente é o ano de colheita, concluiu-se que quanto mais recente for a amostra maior será o incremento no conteúdo de GABA. Como trabalhos futuros seria também interessante avaliar o aumento do neurotransmissor através de uma germinação completa. Salienta-se que se optou por estes três ensaios

porque estes métodos são mais rentáveis a nível de tempo quando se compara com germinação tradicional, dado que uma germinação teria como tempo mínimo pelo menos 24 horas.

Para validação deste novo produto executaram-se ensaios organoléticos após 0 dias e 30 dias, evidenciando que os parâmetros avaliados, odor, sabor e cor estavam normais após e antes da cozedura e não era notável o cheiro a fermentado, o que é um bom indicador. Ainda se caracterizou o produto fortificado reologicamente, através de análises da viscosidade, de modo a perceber que implicações esta fortificação iria ter no produto final. Verificou-se que na amostra mais antiga ambos os tratamentos resultaram num produto final idêntico, com maior viscosidade final, mas uma maior estabilidade do amido, e um gel mais macio, mas um arroz cozido mais duro. Quanto à variedade mais recente apresenta diferenças após tratamento, e entre tratamentos, sendo que a amostra que sofreu uma pré-germinação apresenta um *breakdown* inferior face aos restantes dados indicando que, possivelmente, o amido estabeleceu interação com outro constituinte, como proteínas, podendo estar relacionado com o aumento do neurotransmissor. Seria assim interessante como trabalho futuro realizar mais análises a este produto, que se verifica ser um produto com bastante potencial, nomeadamente FTIR, análises nutricionais, como a verificação do aumento de outros compostos fenólicos, analisar o teor de amido e seu índice glicémico.

Durante o Estágio, integrado no Departamento de Qualidade, foi possível realizar desde análises que cumpriram todos os procedimentos até à participação em atividades na área do ambiente, segurança alimentar e energia. Estagiar numa empresa que tem implementado um Sistema Gestão de Qualidade engloba também padronizar e controlar a qualidade, implicando assim a análise da legislação e consequentemente implementar procedimentos que visam o cumprimento da legislação, assim como assegurar sempre um produto conforme, tendo englobado o período de Estágio a criação de procedimentos para colmatar as pragas com o fim de melhorar a qualidade do produto final.

Este estudo permitiu à Novarroz adquirir um conjunto de dados essenciais para a sua base de dados de modo a aproximar-se e ajudar o consumidor, assim como dados essenciais para a formulação de um novo produto. A nível pessoal este Estágio permitiu obter conhecimentos práticos e teóricos relacionados com a indústria arroseira e sobre sistema gestão qualidade de uma empresa.



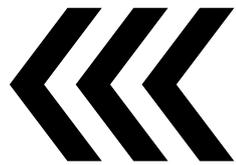
## **5. Bibliografia**

- Adebowale, K. O., Olu-Owolabi, B. I., Olawumi, E. K., Lawal, O. S. (2005). Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. *Industrial Crops and Products*, 21(3), 343–351.
- Adeghate, E., Ponery, A. S. (2002). GABA in the endocrine pancreas: Cellular localization and function in normal and diabetic rats. *Tissue and Cell*, 34(1), 1–6.
- Agboola, S., Ng, D., Mills, D. (2005). Characterisation and functional properties of Australian rice protein isolates. *Journal of Cereal Science*, 41, 283–290.
- Agronegócios, P. (2019). O arroz | Portal Agronegócios.eu. Retrieved October 27, 2019, from <http://www.agronegocios.eu/noticias/o-arroz/>
- Balindong, J. L., Ward, R. M., Liu, L., Rose, T. J., Pallas, L. A., Ovenden, B. W., Waters, D. L. E. (2018). Rice grain protein composition in fluences instrumental measures of rice cooking and eating quality. *Journal of Cereal Science*, 79, 35–42.
- Bao, J. (2019). *Rice starch. Rice: Chemistry and Technology*. AACCI. Published by Elsevier Inc. in cooperation with AACC International.
- Bao, J., Sun, M., Corke, H. (2007). Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. *Carbohydrate Polymers*, 67, 174–181.
- Bosaeus, I. (2004). Fibre effects on intestinal functions ( diarrhoea , constipation and irritable bowel syndrome ). *Clinical Nutrition Supplements*, 1, 33–38.
- Brites, C., Iniaiv, D. L. (2020). Arroz , um alimento saudável . Benefícios , riscos e mecanismos de promoção nutricional. *Vida Rural*, 1800, 40–42.
- Calixto, P. F. S., Abla, R. (1991). Resistant starch: an indigestible fraction of foods. *Grasas y Aceites*, 42(3), 239–242.
- Cavagnini, F., Pinto, M., Dubini, A., Invitti, C., Cappelletti, G., Polli, E. E. (1982). Effects of gamma aminobutyric acid (GABA) and muscimol on endocrine pancreatic function in man. *Metabolism*, 31(1), 73–77.
- Chang, T. (1965). The morphology and varietal characteristics. *The international rice research institute*, 3–22.
- Chanlat, N., Songsermpong, S., Charunuch, C., Naivikul, O. (2011). Twin-screw extrusion of pre-germinated brown rice: Physicochemical properties and  $\gamma$ -Aminobutyric Acid Content (GABA) of extruded snacks. *International Journal of Food Engineering*, 7(4).
- Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Piyachomkwan, K., Tungtrakul, P., Prinyawiwatkul, W. (2009). Germination conditions affect physicochemical properties of germinated brown rice flour. *Journal of Food Science*, 74(9), 658–665.
- Chen, H. H., Chen, Y. K., Chang, H. C. (2012). Evaluation of physicochemical properties of plasma treated brown rice. *Food Chemistry*, 135(1), 74–79.
- Choat, H. M., Martin, A., Mick, G. J., Heath, K. E., Tse, H. M., McGwin, G., McCormick, K. L. (2019). Effect of gamma aminobutyric acid (GABA) or GABA with glutamic acid decarboxylase (GAD) on the progression of type 1 diabetes mellitus in children: Trial design and methodology. *Contemporary Clinical Trials*, 82, 93–100.
- Chrastil, J., Regional, S. (1994). Stickiness of Oryzenin and Starch Mixtures from Preharvest and Postharvest Rice Grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2147–2151.
- Chungoo, N. K., Devi, A. G. (2019). Morphological and Rheological Properties of Starches Separated from Cultivars of Rice (*Oryza sativa* L.) from North East India. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 2019–2031.
- Chung, H. J., Jang, S. H., Cho, H. Y., Lim, S. T. (2009). Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1712–1716.
- Codex. (1995). Codex Standard 198-1995 CODEX STANDARD FOR RICE, 2–7.
- Cross, S., Science, P., Waters, D. L. E., Rose, T. J., King, G. J. (2013). Phospholipids in rice : significance in grain quality and health benefits : a review. *Southern Cross Plant Science*, 139(1), 1133–1145.
- Dawe, D., Robertson, R., Unnevehr, L. (2002). Golden rice : what role could it play in alleviation of vitamin A deficiency ? *Food Policy*, 27, 541–560.
- Decreto-Lei n.º 62/2000. (2000). Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de Abril. *Diário Da República - I Série-A*, 1689–1692.
- Decreto-Lei n.º 157/2017. (2017). Decreto-Lei n.º 157/2017, de 28 de dezembro (artigo 7º). *Diário Da República*.
- Denardin, C. C. (2009). Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, 39(3), 945–954.
- Dhakal, R., Bajpai, V. K., Baek, K. H. (2012). Production of GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) by

- microorganisms: A review. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1230–1241.
- Ding, J., Ulanov, A. V., Dong, M., Yang, T., Nemzer, B. V., Xiong, S., Feng, H. (2018). Enhancement of gamma-aminobutyric acid (GABA) and other health-related metabolites in germinated red rice (*Oryza sativa* L.) by ultrasonication. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40(August 2017), 791–797.
- Dipti, S. S., Bergman, C., Indrasari, S. D., Herath, T., Hall, R., Lee, H., Fitzgerald, M. (2012). The potential of rice to offer solutions for malnutrition and chronic diseases. *Rice*, 5(1), 1–18.
- Fitzgerald, M. A., Martin, M., Ward, R. M., Park, W. D., Shead, H. J. (2003). Viscosity of rice flour: A rheological and biological study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2295–2299.
- Furukawa, S., Mizuma, T., Kiyokawa, Y. (2003). Distribution of Storage Proteins in Low-Glutelin Rice Seed Determined Using a Fluorescent Antibody. *Journal of bioscience and bioengineering*, 96(5), 467–473.
- Ghosh, S., Datta, K., Datta, S. K. (2019). *Rice vitamins*. Rice. AACCI. Published by Elsevier Inc. in cooperation with AACCI International.
- Goi, I., Maa, E. (1996). Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56(4), 445–449.
- Gomez, R., Asnis, N., Tannhauser, S. L., Barros, H. M. T. (1999). GABA agonists differentially modify blood glucose levels of diabetic rats. *Japanese Journal of Pharmacology*, 80(4), 327–331.
- Guzmán-Ortiz, F. A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C. A., Mora-Escobedo, R., Rojas-León, A., Rodríguez-Marín, M. L., Román-Gutiérrez, A. D. (2019). Enzyme activity during germination of different cereals: A review. *Food Reviews International*, 35(3), 177–200.
- Hu, P., Zhao, H., Duan, Z., Linlin, Z., & Wu, D. (2004). Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. *Journal of Cereal Science*, 40(3), 231–237.
- Jimure, T., Kihara, M., Hirota, N., Zhou, T., Hayashi, K., Ito, K. (2009). A method for production of  $\gamma$ -amino butyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate. *Food Research International*, 42(3), 319–323.
- Inácio, R. (2014). Sensibilidade da molécula de insulina ao estado pós-prandial. *Instituto superior de ciências da saúde Egas Moniz*.
- Ito, V. C., Lacerda, L. G. (2019). Black rice (*Oryza sativa* L.): a review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. *Food Chemistry*, 301, 125304.
- Jannoey, P., Niamsup, H., Lumyong, S., Tajima, S. (2010).  $\gamma$ -Aminobutyric Acid (GABA) Accumulations in Rice. *Chiang Mai Journal*, 37(1), 124–133.
- Ju, Z. Y., Hettiarachchy, N. S., Rath, N. (2001). Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. *Journal of Food Science*, 66(2), 229–232.
- Juliano, B. (1984). *Rice Starch: Production, Properties, and Uses*. *Starch: Chemistry and Technology*, 507–528.
- Juliano, B. (1993). *Rice in human nutrition*, 9–133.
- Karladee, D., Suriyong, S. (2012).  $\gamma$ -Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination. *ScienceAsia*, 38(1), 13–17.
- Kennedy, G., & Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, 80(4), 589–596.
- Kennedy, G., Burlingame, B. (2019). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, 80, 589–596.
- Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 556–560.
- Kong, X., Zhu, P., Sui, Z., Bao, J. (2015). Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chemistry*, 172, 433–440.
- Koutroubas, S. D., Mazzini, F., Pons, B., & Ntanos, D. A. (2004). Grain quality variation and relationships with morpho-physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) genetic resources in Europe. *Field Crops Research*, 86(2–3), 115–130.
- Kumar, N., Gautam, A., Dubey, A. K., Ranjan, R., Pandey, A., Kumari, B., Mallick, S. (2019). GABA mediated reduction of arsenite toxicity in rice seedling through modulation of fatty acids, stress responsive amino acids and polyamines biosynthesis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 173(January), 15–27.
- Lewis, A. R., Ayabe, S., Hatae, K., Fyfe, C. A. (2007). Quantitative NMR imaging study of the cooking of Japonica and Indica rice. *Food Research International*, 40, 1020–1029.

- Lii, C., Tsai, M., Tseng, K. (1996). Effect of Amylose Content on the Rheological Property of Rice Starch. *Cereal Chemistry*, 73(4), 415–420.
- Lin, Q., Liu, Z., Xiao, H., Li, L., Yu, F., Tian, W. (2010). Studies on the pasting and rheology of rice starch with different protein residual. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 317, 407–419.
- Mathew, R. (2007). The RVA Handbook. *Journal of Texture Studies*, 38(6), 755–756.
- Melissa F. (2004) Starch. RICE Chem. Technol. American Association of Cereal Chemists, 109–190.
- Meullenet, J. F., Marks, B. P., Hankins, J. A., Griffin, V. K., Daniels, M. J. (2000). Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. *Cereal Chemistry*, 77(2), 259–263.
- Moongngarm, A., Saetung, N. (2010). Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Food Chemistry*, 122(3), 782–788.
- Novarroz. (2019). História, fábrica e capacidade de produção. Retrieved October 30, 2019, from <http://www.novarroz.pt/pt/quem-somos>
- Oh, C. H., Oh, S. H. (2004). Effects of Germinated Brown Rice Extracts with Enhanced Levels of GABA on Cancer Cell Proliferation and Apoptosis. *Journal of Medicinal Food*, 7(1), 19–23.
- Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y., Kasumi, T. (2005). Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(4), 303–316.
- Oko, A. O., Ubi, B. E., Dambaba, N. (2012). Rice Cooking Quality and Physico-Chemical Characteristics : a Comparative Analysis of Selected Local and Newly Introduced Rice Varieties in Ebonyi State , Nigeria. *Food and Public Health*, 2(1), 43–49.
- Oli, P., Ward, R., Adhikari, B., Torley, P. (2014). Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *Journal of Food Engineering*, 124, 173–183.
- Ondrasek, M. (1972). *the State of Food and Agriculture 1970. Australian Veterinary Journal* (Vol. 48).
- Ou, S., Kwok, K., Li, Y., Fu, L. (2011). In Vitro Study of Possible Role of Dietary Fiber in Lowering. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1026–1029.
- Panchan, K., Naivikul, O. (2009). Effect of pre-germination and parboiling on brown rice properties. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 515–524.
- Patil, S. B., Khan, M. K. (2011). Germinated brown rice as a value added rice product: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 661–667.
- Pinto, C. (2009). Caracterização e aproveitamento tecnológico de variedades de arroz autóctone de timor-leste. *Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa*, 1–109.
- Podlešáková, K., Ugena, L., Spíchal, L., Doležal, K., Diego, N. (2019). Phytohormones and polyamines regulate plant stress responses by altering GABA pathway. *New Biotechnology*, 48(17), 53–65.
- Roohinejad, S., Omidzadeh, A., Mirhosseini, H., Saari, N., Mustafa, S., Meor Hussin, A. S., Manap, M. Y. (2011). Effect of pre-germination time on amino acid profile and gamma amino butyric acid (GABA) contents in different varieties of Malaysian brown rice. *International Journal of Food Properties*, 14(6), 1386–1399.
- Saikusa, T., Horino, T., Mori, Y. (1994). Accumulation of  $\gamma$ -Aminobutyric Acid (Gaba) in the Rice Germ during Water Soaking. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 58(12), 2291–2292.
- Sang, Y., Bean, S., Seib, P. A., Pedersen, J., Shi, Y. C. (2008). Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6680–6685
- Sareepuang, K., Siriamornpun, S., Wiset, L., Meeso, N. (2008). Eff Effect of Soaking Temperature on Physical , Chemical and Cooking Properties of Parboiled Fragrant Rice Research Unit of Drying Technology for Agricultural Products. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 409–415.
- Simsek, S., Whitney, K., Ohm, J. (2013). Analysis of Cereal Starches by High-Performance Size Exclusion Chromatography. *Food Analytic Methods*, 6, 181–190.
- Sirisontarak, P., Nakornpanom, N. N., Koakietdumrongkul, K., Panumaswiwath, C. (2015). Development of quick cooking germinated brown rice with convenient preparation and containing health benefits. *LWT - Food Science and Technology*, 61(1), 138–144.
- Souza, A. C. de, & Magalhães, D. G. (2016). Influência Do Grau De Gelatinização Do Amido De Milho No Processo De Flotação Reversa De Minério De Ferro. *Tecnologia Em Metalurgia Materiais e Mineração*, 13(2), 141–147
- Statista. (2019). • Major rice importing countries worldwide 2018/2019 | Statista. Retrieved October 27, 2019, from <https://www.statista.com/statistics/255948/top-rice-exporting-countries-worldwide-2011/>
- Streeter, C. C., Jensen, J. E., Perlmutter, R. M., Cabral, H. J., Tian, H., Terhune, D. B., Renshaw, P. F. (2007). *Yoga Asana sessions increase brain GABA levels: A pilot study. Journal of Alternative and*

- Storck, C. R. (2004). Variação na composição química em grãos de arroz submetidos a diferentes beneficiamentos. Dissertação de Mestrado Em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 11–93.
- Thitinunsomboon, S., Keeratipibul, S., Boonsiriwit, A. (2013). Enhancing gamma-aminobutyric acid content in germinated brown rice by repeated treatment of soaking and incubation. *Food Science and Technology International*, 19(1), 25–33.
- Tiansawang, K., Luangpituksa, P., Varayanond, W., Hansawasdi, C. (2016). GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) production, antioxidant activity in some germinated dietary seeds and the effect of cooking on their GABA content. *Food Science and Technology*, 36(2), 313–321.
- Tumpanuvat, T., Jittanit, W., Surojanametakul, V. (2018). Effects of drying conditions in hybrid dryer on the GABA rice properties. *Journal of Stored Products Research*, 77, 177–188.
- Tayuan, C., Ruksagul, N., Sriputhlong, R. (2006). Effect of Geminated Rough Rice Media on Growth of Selected Probiotic Bacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(14), 2657–2661.
- Walter, M., Marchezan, E., Avila, L. (2008). Arroz : composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38, 1184–1192.
- Wang, H., Xiao, N., Ding, J., Zhang, Y., Liu, X., Zhang, H. (2020). Effect of germination temperature on hierarchical structures of starch from brown rice and their relation to pasting properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147, 965–972.
- Wu, F., Yang, N., Touré, A., Jin, Z., Xu, X. (2013). Germinated Brown Rice and Its Role in Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 451–463.
- Xu, J. G., Hu, Q. P., Duan, J. L., Tian, C. R. (2010). Dynamic changes in  $\gamma$ -aminobutyric acid and glutamate decarboxylase activity in oats (*Avena nuda* L.) during steeping and germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(17), 9759–9763.
- Xu, J., Zhang, H., Guo, X., Qian, H. (2012). The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2), 380–387.
- Youn, Y. S., Park, J. K., Jang, H. D., Rhee, Y. W. (2011). Sequential hydration with anaerobic and heat treatment increases GABA ( $\gamma$ -aminobutyric acid) content in wheat. *Food Chemistry*, 129(4), 1631–1635.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C. (2002). Review Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 849–868.
- Zhu, L., Liu, Q., Wilson, J. D., Gu, M., Shi, Y. (2011). Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa* L.) flours and starches differing in amylose content. *Carbohydrate Polymers*, 86(4), 1751–1759.



## **6. Anexos**

**Anexo A** – Características biométricas das amostras

**Anexo B**- Tempo de cozedura e respetivo desvio padrão das amostras

**Anexo C** – Características reológicas das amostras – análise RVA

**Anexo D** – Características reológicas das amostras submetidas ao tempo de prateleira  
– análise RVA

**Anexo E** – Análise organolética das amostras submetidas a tratamento GABA

**Anexo F** – Características reológicas das amostras submetidas a tratamento GABA –  
análise RVA

**Anexo G** – Correlação de todos os parâmetros analisados nas amostras submetidas a  
caracterização física e reológica

**Anexo A – Características biométricas das amostras**

<b>Código</b>	<b>Comprimento máquina (mm)</b>	<b>Largura máquina (mm)</b>	<b>C/L máquina</b>	<b>Kett Médio</b>	<b>Área Gessada</b>
JaponicaL1	6,4	2,4	2,6	46,7	0,6
JaponicaL2	6,0	2,4	2,5	42,3	0,7
JaponicaL3	6,0	2,4	2,5	42,9	0,3
JaponicaA1	6,0	2,5	2,3	36,3	0,6
JaponicaA2	6,0	3,4	2,5	40,3	0,9
JaponicaA3	6,0	2,3	2,6	40,5	2,7
JaponicaO1	6,1	2,7	2,3	38,1	0,9
JaponicaT1	6,1	2,4	2,6	38,5	0,6
JaponicaT2	6,0	2,4	2,5	40,4	0,5
JaponicaC	5,8	2,5	2,3	37,2	1,4
JaponicaK	5,6	2,6	2,3	41,4	1,2
JaponicaD1	5,7	2,4	2,4	43,8	0,5
JaponicaD2	4,8	2,8	1,8	41,6	0,1
JaponicaCI	6,0	2,4	2,5	43,1	3,9
JaponicaCa	6,2	2,5	2,5	43,4	2,3
JaponicaN	6,4	2,5	2,6	40,2	0,7
JaponicaE	5,9	2,4	2,5	43,5	1,4
JaponicaJ	5,7	2,6	2,3	42,0	2,4
JaponicaLo	5,8	2,6	2,3	43,9	1,7
JaponicaAr	6,1	2,1	2,9	40,2	0,8
JaponicaCx	6,1	2,3	2,7	45,7	2,4
JaponicaCe	6,3	2,5	2,5	44,6	2,5
JaponicaML	5,6	2,6	2,1	43,5	2,6
JaponicaMG1	5,1	2,8	1,9	47,4	1,9
JaponicaMG2	5,0	2,7	1,9	48,0	1,9
JaponicaMB1	5,7	2,6	2,2	39,9	0,5
JaponicaMB2	5,5	2,6	2,1	39,9	0,6
JaponicaMA	4,8	2,7	1,8	47,7	1,0
JaponicaRJ1	5,4	3,0	1,8	44,5	2,7
JaponicaRJ2	5,2	2,9	1,8	45,7	0,8
JaponicaRS	4,3	2,5	1,7	47,7	0,8
JaponicaSG1	5,1	2,4	2,2	40,0	2,6
JaponicaSG2	5,4	2,6	2,1	39,3	2,7
JaponicaSG3	5,6	2,7	2,1	43,8	0,7
JaponicaSK	4,6	3,0	1,6	43,8	1,7
JaponicaSGR1	5,4	2,5	2,2	40,1	0,7
JaponicaSGR2	5,5	2,6	2,1	41,4	0,8
JaponicaSC	5,8	2,6	2,3	42,7	2,7

**Anexo A – Características biométricas das amostras (continuação)**

<b>IndicaV1</b>	6,9	2,1	3,3	24,0	-
<b>IndicaV2</b>	6,9	2,1	3,4	26,0	-
<b>IndicaM</b>	7,0	2,1	3,4	37,7	0,9
<b>IndicaP</b>	7,0	2,0	3,4	39,4	0,9
<b>IndicaPu</b>	6,2	1,9	3,4	41,2	1,2
<b>IndicaMi</b>	6,8	1,9	3,5	41,2	0,4
<b>IndicaG</b>	7,0	2,1	3,4	40,6	1,6
<b>IndicaO</b>	6,1	2,0	3,0	40,3	1,4
<b>IndicaB1</b>	6,7	1,7	3,9	39,6	0,9
<b>IndicaB2</b>	6,4	1,8	3,7	40,2	1,8
<b>IndicaBP</b>	7,9	1,8	4,3	39,2	1,1
<b>IndicaJ</b>	6,7	2,0	3,4	40,1	1,3

**Anexo B- Tempo de cozedura e respetivo desvio padrão das amostras**

<b>Código</b>	<b>Tempo cozedura 90% (min)</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>JaponicaL1</b>	18,9	0,6
<b>JaponicaL2</b>	17,7	0,9
<b>JaponicaL3</b>	18,1	0,6
<b>JaponicaA1</b>	16,9	0,4
<b>JaponicaA2</b>	15,7	0,2
<b>JaponicaA3</b>	13,6	0,3
<b>JaponicaO1</b>	14,4	0,5
<b>JaponicaT1</b>	15,9	0,5
<b>JaponicaT2</b>	12,9	0,8
<b>JaponicaC</b>	14,0	0,2
<b>JaponicaK</b>	16,7	0,2
<b>JaponicaD1</b>	19,2	0,3
<b>JaponicaD2</b>	18,8	0,1
<b>JaponicaCl</b>	16,4	0,7
<b>JaponicaCa</b>	18,0	0,4
<b>JaponicaN</b>	13,1	0,8
<b>JaponicaJ</b>	16,6	0,5
<b>JaponicaML</b>	16,5	0,3
<b>JaponicaMG1</b>	16,7	0,6
<b>JaponicaMG2</b>	16,4	0,3
<b>JaponicaMB1</b>	15,4	0,6

**Anexo B-** Tempo de cozedura e respetivo desvio padrão das amostras (continuação)

<b>JaponicaMB2</b>	19,9	0,3
<b>JaponicaRJ1</b>	15,2	0,7
<b>JaponicaRJ2</b>	16,5	0,8
<b>JaponicaRS</b>	15,8	0,9
<b>JaponicaSG1</b>	16,7	0,7
<b>JaponicaSG2</b>	16,5	0,3
<b>JaponicaSG3</b>	13,1	0,6
<b>JaponicaSK</b>	16,9	0,3
<b>JaponicaSGR1</b>	13,9	0,3
<b>JaponicaSGR2</b>	16,5	0,7
<b>IndicaV1</b>	17,4	0,4
<b>IndicaV2</b>	18,4	0,5
<b>IndicaM</b>	14,4	0,1
<b>IndicaP</b>	12,2	0,5
<b>IndicaPu</b>	15,6	0,2
<b>IndicaMi</b>	14,2	0,4
<b>IndicaG</b>	14,2	0,5
<b>IndicaO</b>	14,2	1,0
<b>IndicaB1</b>	12,0	0,3
<b>IndicaB2</b>	14,4	0,1
<b>IndicaBP</b>	13,2	0,5
<b>IndicaJ</b>	14,7	0,0

Anexo C – Características reológicas das amostras – análise RVA

Código	Pico (Cp)	Vala (Cp)	Breakdown	Viscosidade final (Cp)	Setback	Tempo do pico (min)	Pasting Temp (°C)
JaponicaL1	3320 ± 54	1907 ± 60	1413 ± 8	3319 ± 18	-1 ± 78	6 ± 0	83 ± 0
JaponicaL2	2120 ± 31	1326 ± 21	794 ± 6	2547 ± 70	427 ± 18	6 ± 0	87 ± 0
JaponicaL3	2400 ± 6	1637 ± 29	763 ± 46	2987 ± 43	586 ± 58	6 ± 0	85 ± 0
JaponicaA1	2339 ± 2	1772 ± 41	566 ± 15	3060 ± 86	721 ± 46	6 ± 0	75 ± 0
JaponicaA2	2757 ± 37	1942 ± 7	815 ± 11	3363 ± 46	606 ± 87	6 ± 0	63 ± 0
JaponicaA3	2714 ± 46	2018 ± 4	696 ± 3	3213 ± 116	499 ± 15	7 ± 0	90 ± 0
JaponicaO1	1326 ± 102	1070 ± 11	256 ± 9	1800 ± 64	473 ± 55	6 ± 0	94 ± 0
JaponicaT1	2907 ± 5	2292 ± 58	615 ± 34	3508 ± 55	600 ± 17	7 ± 0	84 ± 0
JaponicaT2	2959 ± 42	2352 ± 34	607 ± 1	3412 ± 14	453 ± 28	7 ± 0	89 ± 0
JaponicaC	2861 ± 34	1888 ± 15	973 ± 14	3216 ± 11	355 ± 70	6 ± 0	63 ± 0
JaponicaK	2628 ± 14	1963 ± 16	665 ± 14	3169 ± 42	541 ± 38	6 ± 0	89 ± 0
JaponicaD1	2986 ± 20	2123 ± 7	863 ± 36	3179 ± 49	193 ± 67	7 ± 0	81 ± 0
JaponicaD2	3359 ± 126	2245 ± 57	1114 ± 74	3182 ± 17	-177 ± 96	7 ± 0	82 ± 0
JaponicaCl	3005 ± 18	2118 ± 4	887 ± 26	3449 ± 43	444 ± 9	6 ± 0	81 ± 0
JaponicaCa	2737 ± 28	2081 ± 14	655 ± 48	3221 ± 29	485 ± 7	7 ± 0	82 ± 0
JaponicaN	2749 ± 47	1979 ± 39	770 ± 7	3343 ± 5	594 ± 26	6 ± 0	65 ± 0
JaponicaE	2599 ± 29	1885 ± 17	714 ± 13	3305 ± 24	705 ± 14	6 ± 0	81 ± 0
JaponicaJ	3638 ± 4	2292 ± 37	1346 ± 14	3310 ± 42	-328 ± 139	7 ± 0	76 ± 1
JaponicaLo	3554 ± 73	2191 ± 51	1363 ± 13	3368 ± 38	-186 ± 79	7 ± 0	70 ± 0
JaponicaAr	3162 ± 61	2325 ± 38	836 ± 20	3535 ± 42	373 ± 61	6 ± 0	75 ± 0
JaponicaCx	2350 ± 19	1645 ± 24	705 ± 46	2949 ± 105	598 ± 42	6 ± 0	79 ± 1
JaponicaCe	2507 ± 24	1767 ± 65	740 ± 45	3236 ± 26	729 ± 79	6 ± 0	81 ± 1
JaponicaML	2968 ± 8	2091 ± 16	877 ± 25	3374 ± 46	406 ± 19	6 ± 0	68 ± 00

Anexo C – Características reológicas das amostras – análise RVA (continuação)

JaponicaMG1	2788 ± 79	2176 ± 14	612 ± 16	3256 ± 79	467 ± 26	6 ± 0	78 ± 0
JaponicaMG2	2793 ± 9	2155 ± 66	638 ± 3	3235 ± 42	442 ± 19	6 ± 0	67 ± 0
JaponicaMB1	3294 ± 34	2238 ± 42	1056 ± 11	4008 ± 108	713 ± 33	6 ± 0	65 ± 0
JaponicaMB2	3104 ± 76	2142 ± 46	962 ± 4	3724 ± 78	620 ± 26	6 ± 0	85 ± 0
JaponicaMA	2600 ± 41	2062 ± 14	512 ± 8	3622 ± 39	1047 ± 21	6 ± 0	67 ± 0
JaponicaRJ1	3457 ± 20	2299 ± 50	1158 ± 39	3332 ± 27	-125 ± 78	6 ± 0	66 ± 0
JaponicaRJ2	3100 ± 33	2293 ± 42	806 ± 13	3197 ± 69	97 ± 46	6 ± 0	73 ± 0
JaponicaRS	2764 ± 19	1962 ± 36	802 ± 45	3035 ± 45	271 ± 76	6 ± 0	70 ± 0
JaponicaSG1	2992 ± 36	2298 ± 19	693 ± 79	3421 ± 76	429 ± 16	6 ± 0	80 ± 0
JaponicaSG2	3246 ± 21	2136 ± 36	1109 ± 83	3620 ± 121	374 ± 60	6 ± 0	87 ± 0
JaponicaSG3	2878 ± 10	2000 ± 27	877 ± 39	3300 ± 94	422 ± 13	6 ± 0	88 ± 0
JaponicaSK	2952 ± 15	1910 ± 56	1041 ± 12	3001 ± 13	49 ± 76	6 ± 0	87 ± 0
JaponicaSGR1	2510 ± 53	1705 ± 102	805 ± 76	2841 ± 9	330 ± 95	6 ± 0	90 ± 0
JaponicaSGR2	3464 ± 24	2317 ± 89	1146 ± 84	3645 ± 40	181 ± 62	6 ± 0	82 ± 0
JaponicaSC	2881 ± 29	1973 ± 9	907 ± 94	3096 ± 60	215 ± 22	6 ± 0	79 ± 0
IndicaV1	2139 ± 69	1582 ± 28	544 ± 16	2861 ± 8	734 ± 39	5 ± 0	-
IndicaV2	517 ± 31	250 ± 21	267 ± 14	292 ± 87	-225 ± 119	3 ± 0	-
IndicaM	2615 ± 29	2268 ± 4	346 ± 40	3779 ± 8	1164 ± 78	6 ± 0	86 ± 0
IndicaP	3747 ± 27	3263 ± 25	484 ± 1	5371 ± 180	1624 ± 9	6 ± 0	77 ± 0
IndicaPu	2371 ± 34	1723 ± 2	697 ± 20	2934 ± 162	564 ± 4	6 ± 0	72 ± 0
IndicaMi	1670 ± 84	1102 ± 39	577 ± 8	2100 ± 14	421 ± 14	5 ± 0	65 ± 1
IndicaG	3520 ± 6	3164 ± 25	355 ± 34	4715 ± 17	1195 ± 17	6 ± 0	82 ± 0
IndicaO	3353 ± 9	2994 ± 26	359 ± 21	4737 ± 6	1383 ± 6	6 ± 0	75 ± 0
IndicaB1	3102 ± 47	2120 ± 103	986 ± 2	3347 ± 16	240 ± 50	6 ± 0	65 ± 0
IndicaB2	2576 ± 31	1846 ± 31	730 ± 16	3623 ± 13	1046 ± 19	6 ± 0	64 ± 0
IndicaBP	2807 ± 36	1992 ± 34	815 ± 33	3813 ± 54	1006 ± 22	6 ± 0	71 ± 1

**Anexo C – Características reológicas das amostras – análise RVA (continuação)**

<b>IndicaJ</b>	4079 ± 40	2171 ± 59	1908 ± 42	3357 ± 4	-722 ± 67	6 ± 0	72 ± 0
----------------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-------	--------

**Anexo D – Características reológicas das amostras submetidas ao tempo de prateleira – análise RVA**

<b>Código</b>	<b>Tempo</b>	<b>Pico (Cp)</b>	<b>Vala (Cp)</b>	<b>Breakdown</b>	<b>Viscosidade final (Cp)</b>	<b>Setback</b>	<b>Tempo do pico (min)</b>	<b>Pasting Temp (°C)</b>
<b>IndicaBT0</b>	0 meses	3107 ± 47	2120 ± 103	987 ± 2	3347 ± 16	240 ± 50	6 ± 0	65 ± 1
<b>IndicaBT6B</b>	6 meses	2664 ± 7	1871 ± 46	762 ± 44	4090 ± 30	145 ± 47	6 ± 0	78 ± 0
<b>IndicaBT6P</b>	6 meses	2543 ± 58	1842 ± 25	701 ± 80	3514 ± 36	977 ± 97	6 ± 0	88 ± 1
<b>JaponicaAT0</b>	0 meses	2757 ± 37	1942 ± 7	815 ± 11	3363 ± 46	606 ± 88	7 ± 0	63 ± 1
<b>JaponicaAT6B</b>	6 meses	2805 ± 30	1789 ± 40	1016 ± 43	3278 ± 27	472 ± 9	7 ± 0	81 ± 0
<b>JaponicaAT6C</b>	6 meses	2793 ± 18	1936 ± 32	836 ± 36	3239 ± 44	466 ± 54	7 ± 0	89 ± 0
<b>JaponicaMT0</b>	0 meses	3246 ± 38	2136 ± 74	1109 ± 29	3620 ± 42	374 ± 36	6 ± 0	87 ± 0
<b>JaponicaMT6B</b>	6 meses	3130 ± 71	1927 ± 77	1204 ± 49	3643 ± 33	513 ± 25	6 ± 1	76 ± 1
<b>JaponicaMT6P</b>	6 meses	3007 ± 49	2081 ± 60	926 ± 32	3470 ± 82	462 ± 10	6 ± 0	87 ± 1
<b>JaponicaTT0</b>	0 meses	2907 ± 5	2296 ± 58	615 ± 35	3508 ± 55	600 ± 17	7 ± 0	84 ± 0
<b>JaponicaTT6B</b>	6 meses	2955 ± 20	2119 ± 13	836 ± 55	3668 ± 44	713 ± 17	7 ± 0	91 ± 0
<b>JaponicaTT6C</b>	6 meses	3470 ± 21	256 ± 27	907 ± 26	3945 ± 21	475 ± 89	6 ± 0	64 ± 1
<b>IndicaBPT0</b>	0 meses	2514 ± 11	1864 ± 96	648 ± 44	4092 ± 28	1580 ± 39	6 ± 0	77 ± 0
<b>IndicaBPT6</b>	0 meses	2438 ± 87	1980 ± 14	458 ± 79	4011 ± 89	1573 ± 47	6 ± 0	90 ± 0

**Anexo E** – Análise organolética das amostras submetidas a tratamento GABA

<b>Controlo arroz 'JaponicaNV'</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

<b>Indução mecânica de GABA em 'JaponicaNV'</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

<b>Indução mecânica de GABA em 'JaponicaNV' pré-germinado</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

**Anexo E – Análise organolética das amostras submetidas a tratamento GABA (continuação)**

<b>Controlo arroz 'JaponicaSS'</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

<b>Indução mecânica de GABA em 'JaponicaSS'</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

<b>Indução mecânica de GABA em 'JaponicaNV' pré-germinado</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

<b>Pré-germinação em 'JaponicaSS'</b>			
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T0 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Resultado organolético ao arroz após GABA – T30 dias</b>			
<b>Colaboradores</b>			
	1	2	3
<b>Cheiro</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Sabor</b>	Normal	Normal	Normal
<b>Cor</b>	Normal	Normal	Normal

**Anexo F** – Características reológicas das amostras submetidas a tratamento GABA – análise RVA

Ensaio	Código	Pico (cP)	Vala (cP)	Breakdown	Viscosidade final (cP)	Setback	Tempo do pico (min)	Pasting Temp (°C)
Controlo	JaponicaNV	2708 ± 1	1693 ± 58	1015 ± 2	2820 ± 104	112 ± 12	6 ± 0	74 ± 0
Arroz GABA com Indução mecânica	JaponicaNV	2476 ± 73	1885 ± 78	591 ± 30	3220 ± 21	744 ± 34	7 ± 0	69 ± 0
Arroz GABA com pré-germinação seguida de indução mecânica	JaponicaNV	2576 ± 40	2009 ± 21	565 ± 63	3380 ± 51	803 ± 21	6 ± 0	81 ± 0
Controlo	JaponicaSS	2074 ± 80	1296 ± 73	779 ± 15	2068 ± 8	-7 ± 34	7 ± 0	85 ± 0
Arroz GABA com Indução mecânica	JaponicaSS	2621 ± 37	1764 ± 79	857 ± 74	2840 ± 25	219 ± 41	7 ± 0	75 ± 0
Arroz GABA com pré-germinação seguida de indução mecânica	JaponicaSS	2410 ± 18	1788 ± 52	621 ± 55	2926 ± 7	516 ± 19	6 ± 0	66 ± 0

**Anexo G** – Correlação de todos os parâmetros analisados às amostras submetidas a caracterização física e reológica.

Correlação de Pearson	
Muito fraca	0 < r < 0,19
Fraca	0,2 < r < 0,39
Moderada	0,40 < r < 0,59
Forte	0,40 < r < 0,59
Muito Forte	0,80 < r < 1,0

Anexo G – Correlação de todos os parâmetros analisados nas amostras submetidas a caracterização física e reológica (continuação)

	Pico (Cp)	Vala (Cp)	Breakdown	Viscosidade final	Setback	Tempo do pico (min)	Pasting Temp (°C)	Tempo de cozedura (min)	kett	% de gessados	Comprimento (mm)	Largura (mm)	C/L
Pico (Cp)		0,86	0,62	0,79	-0,10	0,51	-0,15	0,25	0,40	0,31	-0,18	0,12	-0,18
Vala (Cp)	0,86		0,14	0,93	0,33	0,60	-0,06	0,10	0,32	0,23	-0,09	0,01	-0,08
Breakdown	0,62	0,14		0,11	-0,69	0,07	-0,18	0,39	0,28	0,25	-0,20	0,21	-0,26
Viscosidade final	0,79	0,93	0,11		0,53	0,58	-0,13	0,13	0,28	0,16	0,05	-0,09	-0,02
Setback	-0,10	0,33	-0,69	0,53		0,24	0,00	-0,17	-0,09	-0,16	0,32	-0,31	0,25
Tempo do pico (min)	0,51	0,60	0,07	0,58	0,24		0,26	0,27	0,52	0,33	-0,26	0,20	-0,36
Pasting Temp (°C)	-0,15	-0,06	-0,18	-0,13	0,00	0,26		0,10	-0,09	0,10	-0,08	0,09	0,37
Tempo de cozedura (min)	0,25	0,10	0,39	0,13	-0,17	0,27	0,10		0,32	0,23	-0,14	0,13	-0,42
Kett	0,40	0,32	0,28	0,28	-0,09	0,52	-0,09	0,32		0,47	-0,53	0,38	-0,45
% de gessados	0,31	0,23	0,25	0,16	-0,16	0,33	0,10	0,23	0,47		-0,26	0,25	-0,21
Comprimento (mm)	-0,18	-0,09	-0,20	0,05	0,32	-0,26	-0,08	-0,14	-0,53	-0,26		-0,70	0,39
Largura (mm)	0,12	0,01	0,21	-0,09	-0,31	0,20	0,09	0,13	0,38	0,25	-0,70		-0,45
C/L	-0,18	-0,08	-0,26	-0,02	0,25	-0,36	0,37	-0,42	-0,45	-0,21	0,39	-0,45	