

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA “ELISEU MACIEL”
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Dissertação

**Influência de cultivar, do tempo de colheita e forma de beneficiamento de arroz
nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção**

CAROLINA FERREIRA PITTA
Nutricionista

Pelotas, 2020

Carolina Ferreira Pitta

**Influência de cultivar, do tempo de colheita e forma de beneficiamento de arroz
nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação: Dr^a. Márcia Arocha Gularte
Me. Aline Machado Pereira

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P688i Pitta, Carolina Ferreira

Influência de cultivar, do tempo de colheita e forma de beneficiamento de arroz nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção / Carolina Ferreira Pitta ; Márcia Arocha Gularte, orientadora ; Aline Machado Pereira, coorientadora. — Pelotas, 2020.

62 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Arroz integral. 2. Arroz polido. 3. Colheita. 4. Cocção. I. Gularte, Márcia Arocha, orient. II. Pereira, Aline Machado, coorient. III. Título.

CDD : 633.18

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Data da Defesa: 10 de novembro de 2020.

Banca examinadora:

Profª Drª. Márcia Arocha Gularte (Orientadora)

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Me. Aline Machado Pereira (Co-orientadora)

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas

Profª Drª. Helayne Aparecida Maieves

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Drª. Mara Grohs

Doutora pela Universidade Federal de Santa Maria

Profª Drª. Maria Rita Macedo Cuervo

Doutora em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Nara e Fernando e
aos meus filhos, Manoela, Sara e Mateus.

Agradecimentos

A Deus pela vida e por me abençoar com o dom da sabedoria para realizar este curso e este projeto.

Aos meus pais, Fernando e Nara, pelo apoio incondicional em tudo que faço.

A Manoela, Sara e Mateus, meus filhos amados, pela compreensão, pela força, apoio e paciência.

A minha orientadora, Prof^a. Dra. Márcia Arocha Gularte, por acreditar na minha capacidade acadêmica e profissional, pelos ensinamentos e excelente orientação durante a realização deste trabalho.

A minha jovem, dedicada e experiente co-orientadora, Me. Aline Machado Pereira, pelo suporte, ensinamentos e dicas valiosas.

Ao Instituto Rio Grandece do Arroz, ao ex-presidente Eng^o Agrônomo Guinter Frantz, ao ex-Diretor Comercial Eng^o Agrônomo Me. Tiago Sarmiento Barata, ao Eng^o Agrônomo Me. Fernando Fumagalli Miranda, à Eng^a. Agrônoma Dra^a. Mara Grohs, pela oportunidade, incentivo, disponibilidade dos materiais e apoio durante o mestrado.

Aos excelentes professores do curso, por disponibilizarem tempo e dividirem seus conhecimentos e experiências com seus alunos.

Aos meus colegas de turma, pela parceria, amizade e colaboração.

Aos colegas do Laboratório de Análise Sensorial, por todo auxílio durante os experimentos e análises, pelo carinho e atenção dispensados a mim.

Aos meus amigos, pelo carinho, incentivo e por compreenderem minha ausência.

Aos meus alunos, pelo incentivo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade.

A Banca Examinadora, pela disponibilidade, troca de conhecimentos e excelentes contribuições.

E a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

*“Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo.”
Paulo Freire*

Resumo

PITTA, Carolina Ferreira. **Influência de cultivar, do tempo de colheita e forma de beneficiamento de arroz nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção**. 2020. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. É o principal componente da dieta básica da população mundial, um alimento de extrema importância para a segurança alimentar e nutricional. Assim, objetivou-se verificar o efeito da cultivar, do tempo de colheita e das formas de beneficiamento nas propriedades nutricionais, sensoriais e no comportamento de cocção do arroz. As amostras utilizadas foram: BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, de propriedade do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), colhidas em tempo ideal e com atraso de quinze dias, grão integral e polido, analisadas cruas e cozidas. De acordo com os resultados foi possível concluir em relação à quantidade de proteína que a cultivar BR-IRGA 409, grão polido, apresentou melhores resultados, tanto colhida em tempo ideal quanto com 15 dias de atraso e a cultivar IRGA 424 RI, grão integral, apresentou melhores resultados quando colhida com 15 dias de atraso. Em relação à digestibilidade da proteína, todas as cultivares se demonstraram valores elevados, mas com melhores resultados quando colhidas com 15 dias de atraso, indicando que o atraso na colheita é benéfico. Em relação ao amido resistente, todas cultivares mostraram efeito nutricional, porém a cultivar IRGA 424 RI, colhida em tempo ideal, se destacou. Todas as cultivares tem elevado fator de rendimento e de cocção e características sensoriais agradáveis ao consumidor.

Palavras-chave: arroz integral, arroz polido, 15 dias de atraso, cocção, proteínas, amido resistente.

Abstract

PITTA, Carolina Ferreira. **Influence of cultivar, harvest time and form of rice processing on nutritional properties and cooking behavior.** 2020. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most produced and consumed cereals in the world. It is the main component of the basic diet of the world population, a food of extreme importance for food and nutritional security. Thus, the objective was to verify the effect of cultivar, harvest time and forms of processing on nutritional, sensory and cooking behavior of rice. The samples used were: BR-IRGA 409, IRGA 424 RI and IRGA 431 CL, owned by the Rio Grandense do Arroz Institute (IRGA), collected in ideal time and with a delay of fifteen days, whole grain and polished, analyzed raw and cooked. According to the results it was possible to conclude in relation to the amount of protein that the cultivar BR-IRGA 409, polished grain, presented better results, both harvested in ideal time and 15 days late and the cultivar IRGA 424 RI, whole grain, presented better results when harvested 15 days late. Regarding protein digestibility, all cultivars showed high values, but with better results when harvested 15 days late, indicating that the delay in harvest is beneficial. Regarding resistant starch, all cultivars showed a nutritional effect, but the cultivar IRGA 424 RI, harvested in ideal time, stood out. All cultivars have a high yield and cooking factor and pleasant sensory characteristics for the consumer.

Keywords: brown rice, polished rice, 15 days late, cooking, proteins, resistant starch.

Lista de figuras

Figura 1	As dez cultivares mais semeadas na safra 2019-2020.	20
Figura 2	Fenologia do arroz irrigado.	22
Figura 3	Grãos beneficiados na forma integral, parboilizado e polido.	25
Figura 4	Estrutura do grão do arroz.	27
Figura 5	Estrutura da amilose (A) e estrutura da amilopectina (B).	35

Lista de tabelas

Tabela 1	Quantidade de proteína em gramas/dia por faixa etária/fase fisiológica	31
Tabela 2	Quantidade de carboidrato em gramas/dia para cada faixa etária/ fase fisiológica	34
Tabela 3	Delineamento experimental sobre a influência da cultivar, tempo de colheita e do beneficiamento de arroz nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção do arroz	40
Tabela 4	Escalas para análise de textura pelo teste de panela para arroz	43
Tabela 5	Efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na proteína do arroz cru e cozido	44
Tabela 6	Efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na digestibilidade da proteína do arroz cru e cozido	46
Tabela 7	Efeito da classe no ponto ideal de colheita no amido resistente, não resistente e amido total de arroz cozido (%)	48
Tabela 8	Comportamento de cocção do arroz polido	49
Tabela 9	Correlação do arroz polido entre tempos de colheita ideal e 15 dias de atraso	50

Lista de abreviaturas e siglas

ABIARROZ	Associação Brasileira da Indústria do Arroz
ANR	Amido Não Resistente
AR	Amido Resistente
CDO	Cooperação e Defesa da Orizicultura
CL	Clearfield
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EEA	Estação Experimental do Arroz
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
ha	Hectare
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NPU	Utilização da Proteína Líquida
OMS	Organização Mundial da Saúde
RI	Resistência a Imidazolinonas
SOSBAI	Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
UNU	Universidade das Nações Unidas
UFIR	Unidade Fiscal de Referência
USDA	United States Department of Agriculture
VCU	Valor de Cultivo e Uso

Sumário

1. Introdução	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. Hipótese.....	16
4. Revisão da Literatura	17
4.1 Produção e consumo de arroz.....	17
4.2 Colheita do arroz.....	21
4.3 Arroz na alimentação.....	24
4.3.1 Arroz integral e Arroz polido	26
4.3.2 Cultivares.....	28
4.3.3 Proteína.....	30
4.3.4 Amido Resistente, Não Resistente e Amido Total	34
5. Metodologia.....	39
5.1. Material.....	39
5.1.1 Amostras.....	39
5.1.2 Delineamento Experimental	39
5.2. Métodos.....	40
5.2.1 Proteína bruta.....	40
5.2.2 Digestibilidade protéica.....	41
5.2.3. Amido resistente, amido não resistente e amido total.....	41
5.2.4 Tempo de cocção e fator de cocção.....	41
5.2.5. Teste de panela.....	42
5.3 Análise Estatística.....	43
6. Resultados e Discussão.....	44
7. Conclusão.....	51
8. Considerações Finais.....	52
9. Referência Bibliográfica.....	53

1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa L.*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo (USDA, 2015). É o principal componente da dieta básica da população mundial, sendo, portanto, um alimento de extrema importância para a segurança alimentar e nutricional mundial e, em função disso, aspectos relacionados à sua produção e consumo devem ser continuamente monitorados e avaliados em profundidade, para que o seu suprimento seja garantido (BARATA, 2005).

Este cereal é cultivado e consumido em todos os continentes e sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (CONAB, 2010). O Brasil está entre os dez maiores produtores de arroz do mundo e desempenha importante papel cultural, social e econômico, constituindo juntamente com o feijão a base da alimentação dos brasileiros. Na safra 2019/2020, foram 936.316 ha semeados e 933.168 ha colhidos, ou seja, 3.148 ha da área efetivamente semeada, não foram colhidos (IRGA, 2020).

É uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de carboidratos, principalmente amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possui baixo teor de lipídios, constituindo alimento importante para o equilíbrio alimentar e nutricional na alimentação saudável (WALTER et al., 2008).

Componentes como o amido resistente e a fibra alimentar, por exemplo, em determinados níveis exercem efeitos benéficos ao organismo humano. Estudos relatam que, o auxílio no controle da glicose sanguínea, redução dos lipídios séricos e da pressão arterial, entre outros, são efeitos benéficos à saúde por auxiliarem na prevenção e no controle de doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (MILLER et al., 1992; KOIDE et al., 1996; QURESHI et al., 1997; RONG et al., 1997; XIA et al., 2003).

O arroz polido, forma mais tradicionalmente consumida, é o produto do qual, ao ser beneficiado, são retirados o germe (embrião), o pericarpo e a maior parte da camada interna (aleurona). O polimento do grão resulta em redução no teor de

nutrientes, exceto o amido, o que ocasiona diferenças na composição entre o arroz polido e o integral (BRASIL, 2009; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Além do valor nutricional do arroz, outra questão observada pelos consumidores e fonte de estudos, é seu rendimento. Para que possa ser consumido, o arroz deve ser submetido ao cozimento, tendo como objetivos: manter ou melhorar o valor nutritivo, aumentar a digestibilidade, aumentar a palatabilidade, alterar a textura ou a consistência (ORNELLAS, 2007).

As modificações no padrão alimentar estão ocorrendo em função das variações no estilo de vida das famílias: crescimento da participação da mulher no mercado de trabalho, maior frequência de refeições fora de casa, variação na renda do consumidor. Dentre esses fatores, a substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados de origem vegetal (arroz, feijão, milho) e preparações culinárias à base desses alimentos por produtos industrializados prontos para consumo são os mais preocupantes em termos de risco para saúde da população brasileira (BRASIL, 2014).

Faz-se necessária, portanto, uma pesquisa mais aprofundada sobre as características das cultivares do IRGA, BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e da IRGA 431 CL. BR-IRGA 409 é uma das mais antigas e é considerada a cultivar mais importante das últimas 3 décadas, conservando até hoje presença significativa na lavoura, devido, principalmente a excelente qualidade de grãos e ao alto potencial produtivo. IRGA 424 RI tem resistência à herbicida, alto potencial produtivo, alta capacidade de perfilhamento e resistência à brusone e à toxidez por excesso de ferro no solo. IRGA 431 CL é a mais nova cultivar do Instituto e tem qualidade de grãos, tanto no aspecto industrial como culinário na resistência ao acamamento e a doenças, além de seu potencial produtivo.

Essa pesquisa vai esclarecer um pouco mais sobre os benefícios do consumo do cereal através da sua composição química, além dos padrões culinários para ampliar as indicações dietéticas aos indivíduos sadios e enfermos, conseqüentemente auxiliando a população em geral a ter maior conhecimento do quão imprescindível ele é para a alimentação.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Verificar o efeito da cultivar, do tempo de colheita e das formas de beneficiamento nas propriedades nutricionais, sensoriais e no comportamento de cocção do arroz em diferentes cultivares.

2.2 Objetivos Específicos

Determinar a proteína bruta e a digestibilidade das cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, arroz polido e integral, cru e cozido, em ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita;

Quantificar o teor de amido resistente, amido não-resistente e amido total das cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, em arroz cozido polido e integral, em ponto ideal de colheita;

Identificar o tempo de cocção e rendimento volumétrico das cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, em arroz polido, em ponto ideal de colheita.

Identificar características de textura (pegajosidade e grau de dureza) das cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, em arroz polido, em ponto ideal de colheita.

3. Hipótese

O arroz integral e polido das cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, tanto em ponto ideal de colheita, como com 15 dias de atraso, têm alto conteúdo protéico e digestibilidade, amido resistente com efeito nutricional, elevado fator de rendimento e de cocção e com características sensoriais agradáveis ao consumidor.

4. Revisão da Literatura

4.1 Produção e consumo de arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é uma espécie anual da família *Poaceae* e gênero *Oryzae*. Classificada às plantas com sistema fotossintético C3, embora apresente comportamento semelhante às plantas C4. É adaptada ao ambiente aquático, pela presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, possibilitando a passagem de oxigênio do ar para a rizosfera (SOSBAI, 2018). Esta espécie pode ser dividida em duas subespécies, sendo elas: Indica e Japônica, onde a grande diferença está no tipo predominante de amido presente no grão, sendo que a primeira é constituída por maiores teores de amilose e a segunda por teores mais baixos da mesma.

Diversos historiadores e cientistas apontam o sudeste da Ásia como o local de origem do arroz. Duas formas silvestres são apontadas na literatura como precursoras do arroz cultivado: a espécie *Oryza rufipogon*, procedente da Ásia, originando a *O. sativa* e a *Oryza barthii* (*Oryza breviligulata*), derivada da África Ocidental, dando origem à *O. glaberrima* (EMBRAPA, 2010). É cultivado há mais de 7 mil anos e chegou ao Brasil pela frota de Pedro Álvares Cabral, porém o seu cultivo em território nacional só foi relatado após 1530, na capitania de São Vicente. Espalhou-se, mais tarde, por outras regiões do litoral, sempre em pequenas lavouras de subsistência, principalmente na região Nordeste (PEREIRA, 2002).

A cultura do arroz destaca-se como uma das mais importantes do mundo. Por apresentar facilidade de adaptação a condições edafoclimáticas distintas, o arroz é cultivado nos mais diversos ambientes em todos os continentes (FORNASIERI et al., 2006).

Considerado um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas. É o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximada de 168 milhões de hectares. A produção de cerca de 741 milhões de toneladas de grãos em casca corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação humana (SOSBAI, 2016).

O arroz tem a sua produção e consumo concentrados nos países do Sudeste Asiático. Segundo *The Global Rice Science Partnership* (2013), 91% da produção e 87% do consumo de arroz do mundo está nesta região. A espécie *Oryza sativa L.* representa uma das principais culturas alimentares do mundo, com uma produção anual global estimada em cerca de 480 milhões de toneladas métricas¹ (base arroz beneficiado) (USDA, 2015).

O Brasil está entre os dez maiores produtores de arroz do mundo e desempenha importante papel cultural, social e econômico, constituindo juntamente com o feijão a base da alimentação dos brasileiros. Fora do continente asiático, o Brasil se destaca como o principal produtor e consumidor de arroz. De acordo com o *United States Department of Agriculture* (USDA, 2015), a produção brasileira de arroz na safra 2019/2020 correspondeu a 1,4% da produção mundial do cereal.

A agricultura é um negócio a céu aberto, sujeito, safra após safra, às intempéries climáticas que, na maioria das vezes, causam prejuízos às lavouras, sendo este outro fator de prejuízo a ser considerado. Na safra 2019/2020, foram 936.316 ha semeados e 933.168 ha colhidos, ou seja, 3.148 ha da área efetivamente semeada, não foram colhidos. As principais causas disso podem ser enchentes, estiagens ou granizo. No entanto, outros fatores, como altas ou baixas temperaturas, também podem causar algum tipo de estresse na planta, reduzindo o potencial produtivo da lavoura (IRGA, 2020).

A produção de arroz no território nacional se dá por duas formas, o cultivo irrigado e o cultivo em terras altas. Os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina são os principais produtores de arroz, juntos respondem por 76% da produção brasileira (CONAB, 2020). O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional de arroz irrigado, sendo responsável por em torno de 70% do total produzido no Brasil (SOSBAI, 2016).

O Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) é uma entidade pública, como autarquia administrativa do Estado do Rio Grande do Sul, subordinada à Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, mas com independência administrativa, financeira e orçamentária. Sua finalidade é promover o desenvolvimento sustentável do setor orizícola do Rio Grande do Sul por meio da

¹ A tonelada métrica, cujo símbolo é t, consiste numa unidade de massa que não pertence ao sistema internacional (SI) e é equivalente a 10³ kg. Por razões de extensão, o sistema internacional permite utilizá-la juntamente com as suas unidades de massa.

geração e da difusão de conhecimentos, de informações e de tecnologias, bem como propor políticas de interesse setorial e do consumidor.

Entre os principais serviços prestados pelo Irga estão: Análise de solo, água e sementes; Produção e distribuição de sementes básicas; Divulgação diária da previsão do tempo para todo o RS; Planejamento de lavouras; Projeto de sistematização do solo; Promoção de palestras, cursos e seminários; Incentivo ao consumo do arroz; Publicação da revista Lavoura Arrozeira; Licenciamento de cultivares de arroz e soja; Divulgação dos números das safras e da taxa de Cooperação e Defesa da Orizicultura (CDO); Promoção de Dias de Campo; e Manutenção de Biblioteca com amplo material de pesquisa.

A trajetória do Irga começa com a iniciativa do Sindicato Arrozeiro do Rio Grande do Sul, que para dinamizar a cultura no Estado resolveu transformar o sindicato no Instituto do Arroz do Rio Grande, no dia 31 de maio de 1938, sendo oficializado pelo Decreto nº 7.296. Seu principal objetivo era a defesa dos segmentos da orizicultura, o desenvolvimento de pesquisa e assistências técnicas aos produtores.

No dia 20 de junho de 1940 foi criado como entidade pública, já com o nome de Instituto Rio Grandense do Arroz, por meio do Decreto-Lei nº 20, tendo como finalidade principal incentivar, coordenar e superintender a defesa da produção, da indústria e do comércio de arroz produzido no Estado. Finalmente, em 31 de dezembro de 1948, o Irga foi institucionalizado por meio da Lei nº 533, que em 2011 recebeu modificações pela Lei nº 13.697.

O Irga é mantido pelo pagamento da Taxa CDO, também criada originalmente pela Lei nº 533, de 1948. A taxa CDO correspondente a 18,83% da UFIR por cada saco de 50 kg de arroz que é paga por importadores, beneficiadores e exportadores do arroz em casca e em qualquer estágio de industrialização.

A cultura do arroz irrigado foi introduzida no Brasil pelos imigrantes europeus no final do século XIX. As primeiras cultivares utilizadas no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina pertenciam à subespécie japônica e caracterizavam-se por apresentar plantas de porte alto, com folhas largas e decumbentes, crescimento exuberante, baixo potencial produtivo e ciclo de maturação de médio a longo. Os grãos, de diferentes formas e tamanhos (desde curtos e arredondados até longos e largos) se apresentam macios e pegajosos após a cocção, sendo por isso, rejeitados pela

maior parte dos consumidores. As cultivares com essas características eram conhecidas pela denominação geral de variedades tradicionais para diferenciá-las dos grupos de cultivares: a) com grãos do tipo longo e fino; b) de porte baixo, modernas ou filipinas. Somente no início da década de 1980, com o lançamento das cultivares BR/IRGA 409 e BR/IRGA 410, que combinam alto potencial produtivo e boa qualidade dos grãos, passaram a ocupar áreas expressivas (SOSBAI, 2018).

Como é recorrente nas últimas safras, a cultivar IRGA 424 RI foi a que teve maior área na maioria das regionais, exceto na Campanha, em que a cultivar ficou em segundo lugar, com 30%. A cultivar lançada na última safra, a IRGA 431 CL, aparece em terceiro lugar em área semeada, nas regionais da Fronteira Oeste, Campanha, Planície Costeira Externa e Zona Sul. De modo geral, na média do Estado, a cultivar com maior área semeada foi a IRGA 424 RI, com 49,6%. Em segundo lugar, com 18,7 % ficou a cultivar Guri INTA CL e, em terceiro lugar, a nova cultivar IRGA 431 CL, com 8,5 % da área (FIGURA 1).

Figura 1. As dez cultivares mais semeadas na safra 2019-2020



Fonte: IRGA, 2020.

O consumo per capita de arroz no Brasil é de 34 quilos por ano. É o que mostra pesquisa sobre o consumo nacional do cereal, realizada pela primeira vez pela Euromonitor (2019). O levantamento, encomendado pela Associação Brasileira da Indústria do Arroz (ABIARROZ), também confirma que o arroz se mantém como um dos principais alimentos na mesa do brasileiro, de norte a sul do país. De acordo

com a pesquisa, o consumo de arroz se mantém estável no país, com previsão de leve alta de 0,2% ao ano. O Sudeste é a principal região consumidora de arroz em volume, enquanto o Centro-Oeste tem o maior consumo per capita (40 kg por ano).

O arroz é o cereal mais importante do mundo como principal componente da dieta básica da população. Sua importância mundial não se remete apenas ao volume de produção, mas principalmente, por se constituir no principal alimento do homem, ao lado do trigo. A qualidade de grãos em arroz influencia o valor do produto no mercado, a aceitação do produto pelo consumidor e a adoção de novas cultivares. Atributos como aparência física, propriedades físico-químicas e culinárias caracterizam o produto e direcionam decisões sobre as cultivares no mercado consumidor (CASTRO et al., 1999; AGRIANUAL, 2011).

4.2 Colheita do arroz

A colheita tem papel fundamental na agricultura, pois é o resultado de todos os esforços empregados durante a produção. Desta forma é fundamental que todo processo produtivo, desde a semeadura até a colheita sejam feitas no momento adequado, possibilitando a maior produtividade, rendimento industrial e qualidade nutricional e culinária. Antes de ocorrer a colheita é preciso semear e a época de semeadura é um dos principais fatores determinantes da produtividade de grãos do arroz irrigado.

A escolha da época de semeadura é uma decisão importante e depende de vários fatores, especialmente da região de cultivo, das condições meteorológicas, do tipo de solo, do grau de incidência de plantas daninhas e da cultivar utilizada. Em arroz irrigado, a estação de crescimento é limitada ao período no qual os fatores temperatura e radiação solar estão disponíveis em quantidades suficientes para permitir o pleno desenvolvimento da planta (SOSBAI, 2018).

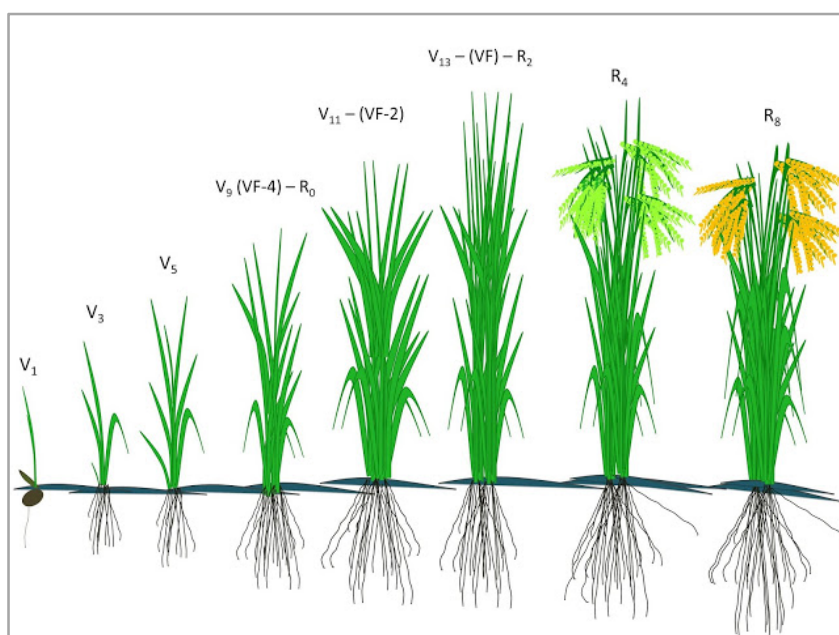
No Rio Grande do Sul, os períodos recomendados de semeadura são aqueles em que a fase crítica da planta coincide com as menores probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas menores ou iguais a 15°C e com a maior disponibilidade possível de radiação solar. Assim, dependendo das regiões/subregiões ecológicas, os períodos favoráveis de semeadura variam de 21

de setembro a 20 de novembro, para as cultivares de ciclo médio, e de 11 de outubro a 10 de dezembro, para as precoces.

Vários são os fatores que afetam a produtividade de grãos, dentre eles, pode-se considerar como de especial importância o ponto de colheita. O ponto ideal de colheita do arroz é determinado basicamente pelo aspecto da panícula, pela duração de estágios de desenvolvimento da cultura e pelo teor de umidade dos grãos. Admite-se que uma observação visual cuidadosa permite determinar com bastante precisão o momento mais favorável para a colheita. O maior rendimento é obtido quando, aproximadamente, os dois terços superiores do ráquis estão amarelados, ocorrendo o curvamento da panícula.

A fenologia do arroz caracteriza-se por fenômenos periódicos (associados ao desenvolvimento que se constituem de variações de volume, peso, forma e estrutura, visíveis ou invisíveis) associados a uma condição do ambiente. Os estádios são momentos específicos dentro do ciclo de um indivíduo e detalham de maneira clara e objetiva as etapas de desenvolvimento das plantas, estas, chamadas de escalas fenológicas. A Figura 2 apresenta os estádios fenológicos da cultura do arroz (SOSBAI, 2012).

Figura 2. Fenologia do arroz irrigado



Adaptado: Counce et al. (2000); SOSBAI (2012).

A umidade do grão de arroz é o fator predominante para que a colheita esta seja iniciada. O ponto de ideal deve ser monitorado com o uso de determinadores de umidade de grãos, devidamente calibrados. Para evitar problemas no processo de trilha recomenda-se não realizar a colheita nas horas do dia em que houver orvalho, bem como observar a correta regulagem das máquinas e equipamentos de acordo com as características da cultivar. Em casos de desuniformidade de maturação deve-se colher em separado o arroz de marachas ou taipas, não misturando os grãos de quadros ou quarteirões. Da mesma forma, não se recomenda misturar grãos de cultivares diferentes para não prejudicar o beneficiamento industrial e a qualidade do arroz beneficiado (SOSBAI, 2018).

O arroz (*Oryza sativa* L.), após atingir a maturidade fisiológica, que ocorre em torno de 28 a 30% de umidade, permanece no campo aguardando a redução de umidade para ser colhido (SOARES, 2001). Para a maioria das cultivares, há um consenso de que a colheita deva ser realizada quando os grãos apresentarem umidade de 24 a 20% (EPAMIG, 1983; HESSE, 1983; FERNANDES et al., 1987; CASTRO et al., 1999; SOSBAI, 2018).

As cultivares são classificadas de acordo com o ciclo reprodutivo, ou seja, de acordo com o número de dias decorridos entre o plantio e a maturação de colheita, as cultivares de arroz são classificadas como: precoces de até 120 dias; intermediárias de 120 a 135 dias e tardias com mais de 135 dias. Em condições similares, as cultivares com maior duração de crescimento pode ser mais produtivas do que as de ciclo curto, pois têm mais tempo para produzir e acumular fotoassimilados. As cultivares precoces de terras altas podem ser mais produtivas do que as de ciclo médio, quando escapam dos efeitos de veranicos (EMBRAPA, 2013).

Considerando que a colheita seja atrasada, o grão de arroz permanece por um maior período exposto às mudanças climáticas, ataques de fungos e pragas, além do desgrane² natural. A uma amplitude aproximada de 50 % na umidade relativa do ar durante o dia é suficiente para provocar fissuras internas nos grãos de

² Tirar ou separar os grãos = DEGRANAR

arroz, desde que a umidade dos grãos seja menor do que 18% (KUNZE et al., 1988; MARCHEZAN, 1995).

A colheita antecipada ou tardia afeta a produção de grãos e a qualidade do produto. Os prejuízos da colheita muito cedo são: elevada ocorrência de grãos verdes, gessados e mal formados, que não completaram o seu desenvolvimento. Por outro lado, se a colheita for feita tardiamente, com os grãos apresentando umidade muito baixa, ocorrem perdas por degrana natural, por acamamento, ataque de insetos, pássaros e roedores (EMBRAPA, 1999; SOARES, 2001). Entretanto, o maior prejuízo produzido pela colheita tardia (umidade abaixo de 18 %) é a redução no rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, reduzindo drasticamente o valor comercial do produto (EPAMIG, 1983; HESSE, 1983; BRESEGHELLO & STONE, 1998; EMBRAPA, 1999).

4.3 Arroz na alimentação

A preferência do mercado brasileiro é por arroz de grão longo-fino, translúcido, com bom aspecto visual (sem defeitos), alta renda do benefício (= 70%) e alto rendimento industrial de grãos inteiros (> 60%). Após a cocção, os grãos de arroz branco polido devem permanecer secos, macios, soltos e sem o centro mal cozido. O arroz que após o preparo ficar com os grãos mais pegajosos não tem boa aceitação pelo consumidor brasileiro. Esse comportamento na cocção está associado, principalmente, ao teor de amilose no amido dos grãos e à temperatura de gelatinização. Cultivares que possuem grãos com teor intermediário ou alto de amilose (= 23%) e temperatura de gelatinização baixa ou intermediária (63 a 73°C) apresenta melhor desempenho na panela. O processamento industrial por parboilização reduz os defeitos na cocção decorrentes de teores baixos de amilose (< 23%) e de temperatura de gelatinização alta (74 a 80°C) (BARATA, 2005; SOSBAI, 2018). A Figura 3 mostra os grãos de arroz beneficiado na forma integral, parboilizado e polido.

Figura 3. Grãos beneficiados na forma integral, parboilizado e polido



Fonte: Irga

O maior consumo, pouco mais de 70% do total, ainda é de arroz branco polido. Em segundo lugar aparece o arroz parboilizado, cujo consumo quintuplicou nas duas últimas décadas, e se aproxima de 25%, ficando o arroz integral com 3 a 4% do que é consumido no Brasil (ELIAS et al., 2012).

De maneira geral, a qualidade de grãos em arroz pode ser dividida em quatro aspectos: valor nutritivo, qualidade industrial, adequação do produto aos padrões de comercialização e qualidade culinária e sensorial. Os fatores que controlam a qualidade culinária do arroz estão relacionados às características físico-químicas do amido, uma vez que este compreende cerca de 90% do total de matéria seca no grão de arroz polido. O conhecimento dessas características é importante para o entendimento das modificações pelas quais passa o alimento durante o processo de cozimento (ANACLETO et al., 2015).

O arroz é a principal fonte alimentar de carboidratos consumidos por quase metade da população em todo o mundo. Mais de 5000 variedades de arroz estão disponíveis no mundo com diferentes qualidades físicas, bioquímicas, de moagem e culinária (BHATTACHARJEE et al., 2002; YANG et al., 2008). É uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, e possui baixo teor de lipídios. (KENNEDY et al., 2002). O arroz é uma das principais fontes de calorias e proteínas na alimentação e entre os cereais, apresenta baixo índice glicêmico, maior valor biológico e elevada taxa de eficiência protéica (PEREIRA et al., 2007).

Os requisitos de energia e proteína de um indivíduo são definidos nos seguintes termos: energia (carboidratos) sendo a necessidade de energia de um

indivíduo o nível de ingestão de energia dos alimentos que vai equilibrar o gasto de energia quando o indivíduo tem tamanho, composição corporal e nível de atividade física, consistente com uma boa saúde em longo prazo – e isso permitirá a manutenção da atividade física economicamente necessária e socialmente desejável; proteína: a necessidade de proteína de um indivíduo é definida como o nível mais baixo de ingestão de proteína na dieta que irá equilibrar as perdas de nitrogênio do corpo em pessoas que mantêm o equilíbrio energético em níveis modestos de atividade física (JULIANO & BECHTEL, 1985).

Nos países em desenvolvimento, onde o arroz é um dos principais alimentos da dieta, ele é responsável por fornecer, em média, 715 kcal per capita por dia, 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios da alimentação (FAOSTAT, 2001). No Brasil, o consumo per capita é de 108g por dia, fornecendo 14% dos carboidratos, 10% das proteínas e 0,8% dos lipídios da dieta (KENNEDY et al., 2002). Majoritariamente consumido na forma de grãos descascados e polidos, apenas um pequeno percentual da produção é destinado à produção de farinhas e outros produtos (WALTER et al., 2008).

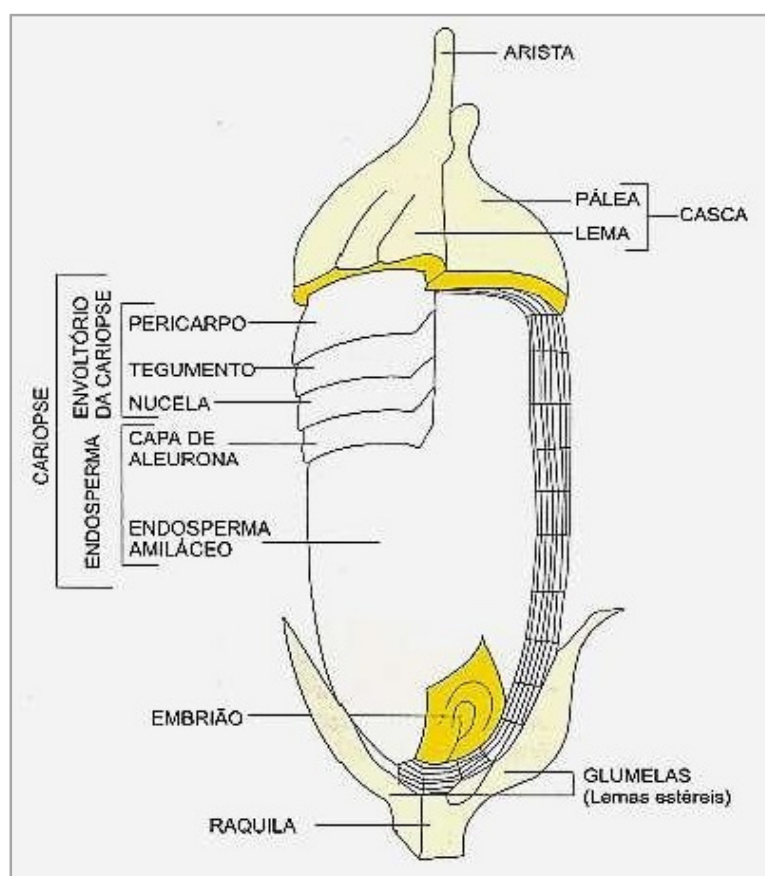
Nos últimos anos as modificações no padrão alimentar estão ocorrendo em função das variações no estilo de vida das famílias: crescimento da participação da mulher no mercado de trabalho, maior frequência de refeições fora de casa, variação na renda do consumidor. Dentre esses fatores, a substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados de origem vegetal (arroz, feijão, milho) e preparações culinárias à base desses alimentos por produtos industrializados prontos para consumo são os mais preocupantes em termos de risco para saúde da população brasileira (BRASIL, 2014).

Sabendo-se que no Brasil, a forma de consumo do arroz é a do produto polido, fica claro que a maior preocupação do consumidor não está no valor nutricional do cereal, sendo mais importantes a aparência do produto cru e o seu comportamento e rendimento de cocção. A avaliação subjetiva do comportamento das cultivares de arroz, com relação à pegajosidade, dureza e rendimento após a cocção, é obtida a partir do teste de panela ou teste de cocção. O beneficiamento de arroz pode ser uma maneira de atender as preferências e estilo de vida dos consumidores.

4.3.1 Arroz integral e Arroz polido

O grão de arroz consiste da cariopse e de uma camada protetora, a casca. A casca, composta de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, corresponde a cerca de 20% do peso do grão. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, o tegumento e a camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral. A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona (corpos protéicos) e os corpos lipídicos. O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos protéicos (JULIANO & BECHTEL, 1985). A Figura 4 mostra a estrutura do grão do arroz.

Figura 4. Estrutura do grão do arroz



Fonte: VIEIRA, RABELO, 2006

Segundo a Instrução normativa nº 6 de 16 de fevereiro de 2009, arroz são os grãos provenientes da espécie *Oryza sativa L.*, arroz em casca natural é o produto que antes do beneficiamento não passa por qualquer preparo, arroz beneficiado é o produto maduro que foi submetido a algum processo de beneficiamento e se encontra desprovido, no mínimo, da sua casca, arroz descascado ou arroz integral (esbramado) é o produto do qual somente a casca foi retirada e arroz polido é o produto de que, ao ser beneficiado, se retiram o germe, o pericarpo e a maior parte da camada interna (aleurona), (BRASIL, 2009).

A presença do farelo atribui ao arroz integral maior conteúdo de fibras, lipídios, vitaminas e minerais, e valor nutritivo superior ao branco polido (HUNT; JOHNSON; JULIANO, 2002; WYATT; TRIANA-TEJAS, 2002). Consequentemente, o polido, forma mais tradicionalmente consumida, é o produto do qual, ao ser beneficiado, são retirados o germe (embrião), o pericarpo e a maior parte da camada interna (aleurona). O polimento do grão resulta em redução no teor de nutrientes, exceto o amido, o que ocasiona diferenças na composição entre o arroz polido e o integral (BRASIL, 2009; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

4.3.2 Cultivares

A escolha da cultivar deve ser feita com base em diversos fatores, entre os quais destacam-se: o sistema de cultivo (irrigado ou de terras altas); a disponibilidade de água; o conhecimento das principais características das cultivares, como ciclo, altura da planta, resistência a doenças, tolerância ao estresse hídrico, qualidade do produto e produtividade; a verificação de quais cultivares são recomendadas para a sua região e a disponibilidade de sementes certificadas; o nível de tecnologia a ser utilizada; a fertilidade do solo; e o sistema de plantio (EMBRAPA, 2013).

As cultivares do Instituto Rio Grandense do Arroz, de acordo com Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009, são classificadas como classe I - longo fino: produto que contém, no mínimo, 80% do peso dos grãos inteiros medindo 6,00 mm (seis milímetros) ou mais no comprimento, a espessura menor ou igual 1,90 mm (um vírgula noventa milímetros) e a relação comprimento/ largura maior ou igual a 2,75 (dois vírgula setenta e cinco), após polimento dos grãos.

BR-IRGA 409, foi lançada em 1979, em parceria Embrapa Clima Temperado/Instituto Rio Grandense do Arroz, (BR/IRGA), teve rápida expansão, chegando a ocupar 72,7% da safra 1983/1984. É considerada a cultivar mais importante das últimas três décadas, conservando até hoje presença significativa na lavoura, especialmente na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, devido, principalmente à excelente qualidade de grãos e ao alto potencial produtivo. Suas principais limitações são a suscetibilidade à brusone (*Pyricularia oryzae*) - considerada a doença mais importante do arroz - e à toxidez por excesso de ferro. Esta cultivar tem ciclo intermediário 126 dias.

A cultivar IRGA 424 RI (Resistência a Imidazolinonas), lançada em 2013, é a denominação comercial da linhagem IRGA 424 RI – 2706-1, resultante da seleção pelo método de retrocruzamento, realizado com o objetivo de incorporar o gene de resistência à herbicida. Foram realizadas seis gerações de retrocruzamentos, sendo que o cruzamento inicial foi em 2008 na Estação Experimental do Arroz (EEA) em Cachoeirinha/RS. Apresenta como principais características morfológicas e agrônômicas: alto potencial produtivo, alta capacidade de perfilhamento e resistência à brusone e à toxidez por excesso de ferro no solo. Esta cultivar tem ciclo 424 RI ciclo intermediário de 132 dias.

O arroz-daninho é considerado a principal planta daninha nas lavouras comerciais de arroz irrigado no Sul do Brasil. Uma das alternativas existentes para contribuir no manejo desta planta daninha é o controle químico. Atualmente existe cultivares geneticamente resistentes a herbicida do grupo químico das imidazolinonas, adaptadas ao cultivo de arroz irrigado. Este sistema foi introduzido pela BASF, que formalizou parcerias com as instituições/empresas envolvidas com o melhoramento genético de arroz. As cultivares resistentes são identificadas com o sufixo “CL” (CLEARFIELD®), aceito no Registro Nacional de Cultivares/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e/ou Sistema Nacional de Proteção de Cultivares/MAPA (SOSBAI, 2018).

A cultivar IRGA 431 CL foi desenvolvida na EEA em Cachoeirinha/RS. Apresenta resistência a herbicida do grupo químico das imidazolinonas. Nas safras 2015/16 e 2016/17, para avaliação da cultivar, foram realizados Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) nas diferentes regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Por suas características adicionais de qualidade de grãos, tanto no

aspecto industrial como culinário, na resistência ao acamamento e a doenças, além de seu potencial produtivo, está sendo recomendada para cultivo no Rio Grande do Sul. IRGA 431 CL é a denominação comercial da linhagem IRGA 176 CL-6-9-4-1-5, resultante de seleção genealógica realizada em progênie derivada de uma geração de retrocruzamento (IRGA 2913-18-4-1-3Pg*1/IRGA 420 CL). O cruzamento inicial entre as linhagens IRGA 2913-18-4-1-3Pg e IRGA 420 CL foi realizado na safra agrícola de 2006/2007 e o retrocruzamento na safra 2007/2008. O gene que confere resistência a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas foi herdado da linhagem 420 CL, que por sua vez foi transferido, por retrocruzamento, da linhagem PCW16, proveniente do Centro de Agricultura da Universidade da Louisiana, Estados Unidos. Lançamento em 2018. É uma variedade de excelente qualidade culinária, bom rendimento de panela e rápido cozimento. Além disso, os grãos permanecem secos e soltos após a cocção e permitem o reaquecimento sem perder as características iniciais de qualidade. Esta cultivar é de ciclo 431 CL ciclo precoce, com 120 dias (IRGA, 2019).

Os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas podem persistir no solo, vindo afetar culturas sensíveis, semeadas em sucessão ou rotação, inclusive as cultivares de arroz não resistente a estes herbicidas. Os danos, em sua maioria, podem ser observados visualmente e, dependendo de seu grau, podem causar até a morte de plantas. Como consequência, podem ocorrer reduções significativas na produtividade das culturas não tolerantes. Alguns estudos e observações de campo sugerem que os principais fatores determinantes da persistência das Imidazolinonas no ambiente estão diretamente associados às condições de clima e solo, como por exemplo: a) áreas com problemas de drenagem; b) inverno e primavera muito secos e/ou com temperaturas baixas (SOSBAI, 2018).

4.3.3 Proteína

A proteína é um nutriente essencial na dieta, pois promove o crescimento e manutenção do corpo, porém diferentes fontes de proteína diferem em qualidade. Ao longo dos anos vários especialistas da FAO/OMS/UNU têm estimado as necessidades específicas de proteína para as várias faixas etárias em termos de

quantidade e qualidade (2007). A Tabela 1 mostra a quantidade de proteína em gramas/dia para cada faixa etária/ fase fisiológica.

Tabela 1. Quantidade de proteína em gramas/dia por faixa etária/fase fisiológica

Faixa etária	Proteína em g/d
Bebês	
0 – 6 meses	9,1
6 – 12 meses	11
Crianças	
1 – 3 anos	13
4 – 8 anos	19
Homens	
9 – 13 anos	34
14 – 18 anos	52
19 – > 70 anos	56
Mulheres	
9 – 13 anos	34
14 – > 70 anos	46
Gestantes / Lactante	
14 – 50 anos	71

Fonte: Adaptado de Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Total Water and Macronutrients (2002/2005).

A qualidade da proteína refere-se à sua capacidade de satisfazer os requerimentos nutricionais do homem por aminoácidos essenciais e nitrogênio não-essencial, para fins de síntese protéica (BLANCO & BRESSANI, 1991).

A digestibilidade é a medida da porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo na forma de aminoácidos ou de qualquer outro composto nitrogenado. Trata-se de um determinante da qualidade protéica da dieta. Quando certas ligações peptídicas não são hidrolisadas no processo digestivo, parte da proteína é excretada nas fezes ou transformada em produtos do metabolismo pelos microorganismos do intestino grosso (SGARBIERI, 1996; RUTHERFURD & MOUGHAN, 2012).

As fontes de proteína de origem animal, incluindo laticínios, ovos e carne são altamente digestíveis (>90%) (FAO, 2012). Dependendo do método de processamento (EEFSA, 2012; TANG, 2009) e da presença de vários fatores antinutricionais³ (GILANI, 2012). Fontes de origem vegetal, tais como milho, aveia, feijão, ervilha e batata tendem a apresentar digestibilidade mais baixa do que a das

³ Componentes da fonte alimentar que interferem na digestão e absorção da proteína disponível, tais como os inibidores de tripsina, etc.

fontes de origem animal, com valores variando de 45% a 80% (VAN DER FLIER & CLEVERS, 2009).

Em geral, parece que as fontes de proteína de origem vegetal, com exceção da proteína isolada da soja, podem apresentar digestibilidade mais baixa do que as proteínas de origem animal (FAO, 2012). Ao lado das fontes de proteína animal, classicamente consideradas como de alto valor biológico, tem sido demonstrado que misturas de vegetais, como de um cereal e de uma leguminosa, também resultam em misturas protéicas de alto valor biológico (OLIVEIRA & VANNUCCHI, 1983). No Brasil, a principal fonte protéica da alimentação é derivada da ingestão de arroz e feijão (SANTOS et al., 1979). Esta mistura tem adequado teor nitrogenado, supre os aminoácidos essenciais e tem digestibilidade ao redor de 80%.

As proteínas podem ser classificadas em albumina, globulina, prolamina e glutelina, e estão organizadas em dois tipos de corpos protéicos no endosperma. Os corpos protéicos I são grandes estruturas esféricas, com anéis concêntricos, ricos em prolamina. Já os corpos protéicos II não apresentam a estrutura em anéis e são ricos em glutelina e globulina (ZHOU et al., 2004).

A proteína é o principal componente não amiláceo do grão do arroz (*Oryza sativa L.*) variando de 6,4% a 14,8% da massa seca do arroz beneficiado. É responsável por 6-10% da matéria seca dos grãos de arroz descascados e é importante para a qualidade do grão para nutrição, cozimento e cerveja (JULIANO, 1965).

O conteúdo protéico do arroz (grão cru), em média de 7,5 % (base úmida), pode oscilar entre 5% e 13% pelas diferenças varietais (KENNEDY & BURLINGAME, 2003). A proteína do arroz é constituída por diferentes frações protéicas - albumina, globulina, prolamina e glutelina. A glutelina, maior fração presente no grão (70% a 80% da proteína total), contém 16,8% de nitrogênio, sendo por isso considerado no caso do arroz o fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína. Essa fração apresenta teores mais elevados do aminoácido essencial lisina em relação às frações globulina e prolamina (SGARBIERI, 1996; TAIRA, 1995).

No endosperma, a glutelina forma a principal fração, correspondendo a aproximadamente 80% das proteínas, com menor concentração de albumina e globulina (15%) e prolamina (5-8%). Já o farelo apresenta aproximadamente 60% de albumina, seguido por prolamina e glutelina (27%) e globulina (7%)

(JULIANO, 1993). Portanto, a composição em proteínas do endosperma difere do farelo. Os grãos de arroz branco polido, que correspondem à principal forma de consumo desse cereal, possuem 90% de amido, 7,5% de proteína, 0,6% de fibra e 0,5% de minerais em sua constituição (KENNEDY & BURLINGAME, 2003).

O arroz tem a maior digestibilidade de proteína entre os alimentos básicos (EGGUM, 1969, 1977, 1979). A proteína da batata teve um valor biológico mais alto do que as proteínas dos cereais, consistente com sua alta pontuação de aminoácidos, mas sua Utilização Líquida de Proteína (NPU) foi menor do que a do arroz. A proteína utilizável foi comparável no arroz integral, trigo, milho, centeio, aveia e batata, mas foi menor no sorgo e maior no milho. O arroz tem a maior digestibilidade energética, provavelmente em parte devido ao seu baixo teor de fibra alimentar e tanino (SOUCI et al., 1986; EGGUM, 1969, 1977 e 1979).

Os valores de digestibilidade das proteínas do arroz cozido e moído foram menores do que os do arroz cru (quase 100%) quando testados em ratos em crescimento, mas foram próximos aos valores de outras proteínas de cereais, exceto pelo baixo valor do sorgo. Com base na digestibilidade verdadeira média de proteína de ovo, leite, queijo, carne e peixe de 95%, a digestibilidade relativa do arroz beneficiado é de 93% (OMS, 1985).

A proteína do arroz cozido tem uma digestibilidade verdadeira mais baixa em humanos do que a proteína do arroz cru em ratos em crescimento. A proteína do arroz cozido também tem uma digestibilidade verdadeira de 89% em ratos em crescimento (EGGUM et al., 1977).

A proteína do arroz pode impactar a digestibilidade do amido do arroz *in vitro* por meio das interações proteína-amido. Já foi confirmado que as frações individuais da proteína do arroz podem reduzir a digestibilidade do amido do arroz e lança alguma luz sobre a possibilidade de manipular a digestibilidade do amido do arroz alterando a composição da proteína do arroz. Componentes não protéicos, como moléculas de lipídios individuais no arroz, também podem afetar a digestibilidade do amido do arroz, o que justifica investigações adicionais (KHATUN et al., 2020).

4.3.4 Amido Resistente, Não Resistente e Amido Total

Para garantirmos um envelhecimento saudável, precisamos em primeiro lugar nos alimentar bem e, para isso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que mais do que 55% da energia ingerida pelo ser humano seja proveniente de carboidratos. Assim sendo, precisamos nos preocupar com o tipo de carboidrato que estaremos ingerindo, pois as fibras, que entram na classificação dos carboidratos, devem ser ingeridas de 25-30 g/dia/pessoa, o que não ocorre normalmente (2003).

Os glicídeos são uma importante fonte de energia na dieta humana. Nos últimos anos, a obesidade e o diabetes são os principais problemas de saúde da humanidade. Carboidratos não é apenas uma fonte de calorias, mas tipos específicos de carboidratos são incluídos na dieta, dependendo do distúrbio fisiológico (DEEPA et al., 2010).

Os carboidratos constituem a maior fração da dieta, porém, o conceito de carboidratos complexos tem sido modificado pelas descobertas relacionadas aos seus efeitos fisiológicos e nutricionais. Nesse grupo incluem-se o amido e os polissacarídeos não-amiláceos, diferindo em suas estruturas químicas e em seus efeitos fisiológicos (LOBO; SILVA, 2003). A Tabela 2 mostra a quantidade de carboidrato em gramas/dia para cada faixa etária/ fase fisiológica.

Tabela 2. Quantidade de carboidrato em gramas/dia para cada faixa etária/ fase fisiológica

Faixa etária	Carboidrato em g/d
Bebês	
0 – 6 meses	60
6 – 12 meses	95
Crianças	
1 – 8 anos	130
Homens	
9 – > 70 anos	130
Mulheres	
9 – > 70 anos	130
Gestantes	
14 – 50 anos	175
Lactante	
14 – 50 anos	210

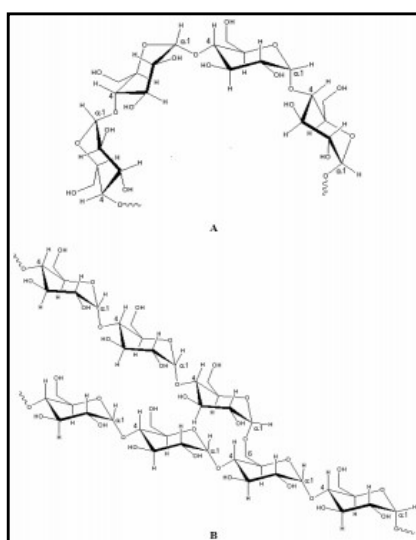
Fonte: Adaptado de Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Total Water and Macronutrients (2002/2005).

O arroz possui propriedades incomparáveis aos demais cereais, é considerado uma excelente fonte de energia, por ser constituído em sua maioria por amido, apresentando também quantidades significativas de vitaminas, minerais e proteínas, baixo teor de lipídeos, além de possuir características como hipoalergenicidade e gosto agradável, o que o torna atrativo para o desenvolvimento de novos produtos (HAGENIMANA et al., 2006).

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz. Além do amido, que corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, também estão presentes açúcares livres e fibra. Enquanto o endosperma é composto principalmente por amido, o farelo e o gérmen apresentam principalmente fibra, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (JULIANO, 1993).

O amido é composto por dois polissacarídeos, amilose e a amilopectina (FIGURA 5), cujas proporções variáveis influem na viscosidade, no poder de geleificação e em outras propriedades do amido (BOBBIO & BOBBIO, 1995). A amilopectina é o principal componente na maioria dos amidos, já que sozinha é suficiente para formar o grânulo, é uma molécula muito maior do que a amilose. É uma estrutura altamente ramificada construída por cadeias de resíduos de α -d-glucose ligadas em α -1,4 sendo ramificada com 5-6% das ligações em α -1,6 (COISIDINE et al., 2011). A amilose é uma mistura heterogênea de moléculas, com diferentes tamanhos. As moléculas são essencialmente polímeros lineares formados por unidades de α -d-glucose, ligadas em α -1,4, com poucas ($< 0,1\%$) ligações α -(1 \rightarrow 6), (COISIDINE et al., 2011).

Figura 5. Estrutura da amilose (A) e estrutura da amilopectina (B) – COISIDINE et al., 2011



O grão de arroz é constituído de amido, polissacarídeo constituído por moléculas de glicose, cujas propriedades são determinadas pela relativa disposição dessas moléculas na cadeia. Quando linear, compõem a amilose; quando ramificada, a amilopectina. O teor de amilose está correlacionado com as propriedades texturais, como maciez, coesão, cor, brilho e volume de expansão. Um alto teor de amilose normalmente resulta em grãos secos e soltos, que podem endurecer após o resfriamento. Relaciona-se, portanto, com as mudanças que ocorrem durante o processo de cocção e determinam a qualidade culinária e pode variar de 0% a 35% e um baixo teor resulta em grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. (PURI & SIDDIQ, 1980; PEREIRA et al., 2007).

Amilose e amilopectina possuem diferentes propriedades: a amilose tem uma alta tendência a retrogradar e produz géis resistentes e filmes fortes; a amilopectina, dispersa em água, produz géis macios e filmes fracos (PÉREZ & BERTOFT, 2010). O amido de arroz possui teores mais baixos de amilopectina quando comparado com outras fontes de amido (ZHOU et al., 2002).

As cultivares se classificam em baixo teor (<21%), intermediário (21 a 25%) e alto teor (>25%). Um alto teor de amilose normalmente resulta em grãos secos e soltos, que podem endurecer após o resfriamento. Um baixo teor resulta em grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento. As cultivares com teor intermediário, preferidas pelo consumidor brasileiro, apresentam grãos secos e soltos após cozimento, que se mantêm macios no reaquecimento (MAGRI et al., 2005).

Dentro da classificação nutricional, dividimos os carboidratos de acordo com a digestibilidade. Existem os carboidratos que são rapidamente digeríveis, a ação enzimática que resulta em glicose inicia-se na boca e estende-se até o início do intestino delgado; os lentamente digeríveis, nos quais a ação enzimática ocorre ao longo de todo o intestino delgado; e os resistentes à ação enzimática, ou seja, os resistentes à digestão (PEREIRA, 2007; RAIGOND et al., 2015).

O amido total se divide em disponível e resistente. A atuação do amido resistente é similar a da fibra alimentar. Possui efeito prebiótico e atua no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e o risco de colite ulcerativa e câncer de cólon (SHAMAI et al., 2003).

O amido de reserva é uma importante fonte de nutrição para humanos e muitos animais. A maior parte do amido nas dietas dos humanos é ingerida em

alimentos cozidos e digerida rapidamente no intestino delgado. No entanto, uma proporção variável não é assimilada no trato gastrointestinal superior, conhecida como amido resistente (AR), chega ao intestino grosso, onde atua como substrato para a fermentação da microflora que habita aquela região do intestino (ENGLYST, 1992).

O termo amido resistente foi sugerido inicialmente por ENGLYST et al. (1982). A partir de 1992, a definição para amido resistente assumiu um caráter mais relacionado aos seus efeitos biológicos, representando “a soma do amido e produtos de sua degradação que não são absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis” (FAISANT et al., 1993; GOÑI et al., 1996). Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente sejam, em alguns casos, comparáveis aos da fibra alimentar (CHAMP & FAISANT, 1996).

Alimentos com elevado índice de amido resistente têm potencial para melhorar a saúde humana, prevenir infecções por patógenos ou diarreia e ser benéficos em uma variedade de processos patológicos, como doença inflamatória intestinal (JACOBASCH et al., 1999), risco de câncer de cólon (GOVERS, 1999), resistência à insulina e diabetes (HIGGINS et al., 1996) e doença renal ou hepática crônica (YOUNES et al., 1997). A ingestão estimada de amido resistente pelos americanos está na faixa de aproximadamente 3-8 g por pessoa por dia (MURPHY, 2008).

O consumo de alimentos integrais tem recebido atenção considerável devido aos seus benefícios para a saúde na atenuação de doenças crônicas, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes tipo II, câncer e distúrbios gastrointestinais. Cereais integrais são uma fonte única de fibra alimentar contendo vários compostos bioativos (ENGLYST et al. 1996) e nutrientes (MARQUART et al. 2002).

Estudos de digestibilidade do amido mostraram diferenças na resposta glicêmica em três tipos de arroz. O teor de amido resistente do arroz descascado e cozido aumentou com o tempo de armazenamento na temperatura de refrigeração (4°C) (DEEPA et al., 2010).

A formação de amido resistente também é influenciada pela relação amilose-amilopectina no arroz (FREI et al., 2003). O amido quando cozido e resfriado, o rearranjo de cadeias de amilose e amilopectina ocorre (retrogradação), o que leva a um aumento na natureza cristalina (tipo B) de grânulos de amido (JANE & ROBYT,

1984) e diminuição da digestibilidade do amido. Durante a retrogradação, as cadeias de amilose formam uma estrutura em dupla hélice (JANE & ROBYT, 1984), enquanto a cristalização da amilopectina ocorre pela reassociação das cadeias curtas mais externas (RING et al., 1987). A retrogradação da amilose é um processo mais rápido, ocorrendo imediatamente durante o resfriamento, mas a amilopectina requer mais tempo e, portanto, as condições de armazenamento são fatores importantes que afetam a retrogradação (GARCIA-ALONSO et al., 1999).

Os amidos nativos são na sua maioria indigestos. Cozinhar em excesso de água leva ao inchaço dos grânulos de amido seguido por desintegração, expondo as cadeias de amido e tornando-as mais acessíveis à ação das enzimas digestivas. O amido total e o amido digerível após a gelatinização são devidos à exposição das cadeias de amilose e amilopectina à ação da enzima (amilase e glicosidase) levando a sua quebra para a glicose (DEEPA et al., 2010),

O elevado teor de amilose do arroz, a baixa temperatura de armazenamento, a baixa umidade de gel de amido, entre outras condições, pode influenciar a retrogradação do amido e conseqüentemente esse amido retrogradado passa a representar uma fonte de amido resistente. Esses fatores precedentes podem sugerir como o resfriamento e o congelamento aumentaria os teores de amido resistente dos alimentos (BASSO, 2011).

Eerlingen et al. (1994), observaram um aumento de 10%, 6% e 4% nos teores de AR, quando amostras de amido de trigo gelatinizado foram armazenadas por vários dias em temperaturas de 100°C, 68°C e 0°C, respectivamente. Menezes *et al.* (1998)²⁶ evidenciaram um aumento no teor de AR em alimentos armazenados em temperaturas reduzidas (-20°C e 5°C) por um período de 24 horas. Posteriormente, Rosin (2000), estudou o efeito do armazenamento de vários alimentos (arroz polido e integral, batata, ervilha, lentilha, macarrão, grão de bico, milho, polenta, feijão e pão francês) em condições de temperatura reduzida (-20°C), encontrando aumentos significativos na formação do AR em períodos de 7 e 30 dias.

5. Metodologia

5.1. Material

5.1.1 Amostras

As amostras de arroz (*Oryza Sativa L.*), utilizadas no estudo, denominadas: BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, de propriedade do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), cultivadas e colhidas, em 2019, na EEA em Cachoeirinha/RS. As amostras foram secas com umidade em torno de 13% e descansaram 30 dias antes de ser beneficiadas. Foram beneficiadas quando a umidade estava em 13,5%, que é a umidade de equilíbrio higroscópico para as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Foram colhidas em dois tempos de colheita: tempo ideal e com atraso de quinze dias. Todas as amostras foram analisadas com grão integral e polido. As cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL foram analisadas cruas e cozidas e a amostra BR-IRGA 409 foi analisada apenas crua.

5.1.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental da pesquisa: influência de cultivar, do tempo de colheita e forma de beneficiamento de arroz nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção das cultivares está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Delineamento experimental sobre a influência da cultivar, tempo de colheita e do beneficiamento de arroz nas propriedades nutricionais e comportamento de cocção do arroz

Cultivares	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes
	Tempo colheita	Beneficiamento	Processos	
BR-IRGA 409	Ideal	Integral	Cru	Proteína bruta
	15 dias	Polido		Digestibilidade protéica
IRGA 424 RI	Ideal	Integral	Cru	Amido resistente
	15 dias	Polido		Amido não-resistente
IRGA 431 CL	Ideal	Integral	Cru	Amido Total
	15 dias	Polido		Cozido
				Análise Sensorial

5.2 Métodos

5.2.1 Proteína bruta

A análise foi realizada de acordo com Método de Kjeldahl clássico, conforme Instituto Adolfo Lutz (2008).

O resultado é resultado da matéria orgânica decomposta e o nitrogênio existente finalmente transformado em amônia. Sendo o conteúdo de nitrogênio das diferentes proteínas proximadamente 16%, introduz-se o fator empírico 6,25 para transformar o numero de g de nitrogênio encontrado em numero de g de proteínas. As etapas foram: digestão – a matéria orgânica existente na amostra foi decomposta com ácido sulfúrico e um catalisador, onde o nitrogênio foi transformado em sal amoniacal; destilação – a amônia foi liberada do sal amoniacal pela reação com hidróxido e recebida numa solução ácida de volume e concentração conhecidos; titulação – Determinou-se a quantidade de nitrogênio presente na amostra titulando-se o excesso do acido utilizado na destilação com hidróxido. O fator de conversão do nitrogênio total em proteína foi de 5,95.

5.2.2 Digestibilidade protéica

A análise foi realizada conforme Hsu (1977), para digestibilidade protéica *in vitro*. Baseia-se na correlação entre velocidade inicial de proteólise e digestibilidade, medida através do pH, utilizando-se uma solução enzimática para digerir a amostra. Utilizaram-se enzimas tripsina, quimotripsina e peptidase. O presente trabalho utilizou para a hidrólise da solução de proteínas uma solução enzimática contendo as enzimas tripsina e pancreatina. Ajustou-se o pH de 50 mL da suspensão protéica em água destilada (contendo 6,25 mg de proteína/ml), para pH 8, sob agitação, em banho-maria a 37°C. Cinco ml da solução enzimática foram, então, adicionados à suspensão protéica mantida em banho-maria a 37°C. A queda do pH foi medida após a adição da solução enzimática, a partir de 15 segundos e posteriormente de 1 em 1 minutos, por um período de 10 minutos.

5.2.3. Amido resistente, amido não resistente e amido total

A determinação de amido resistente e amido não resistente foram realizados segundo método oficial da AOAC *Method* 2002.02 e AACC *Method* 32-40.01 utilizando um kit de reagentes da marca *Megazyme International Ireland K-RAPRS 11/19*, especialmente desenvolvido para esta finalidade e vendido comercialmente. O amido total foi calculado por diferença de amido resistente e amido não resistente de 100.

5.2.4 Tempo de cocção e fator de cocção

O tempo de cocção e fator de cocção foi realizado conforme o protocolo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Código 036.020.005.005 - Embrapa Arroz e Feijão (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Título: Procedimento técnico de teste de panela para arroz, utilizado pelo Instituto Rio Grandense do Arroz.

O teste de panela foi realizado por meio do uso da panela de alumínio. Para cozimento do arroz polido foi medido o grau de polimento e em seguida iniciada a cocção do arroz. Em seguida lavou-se 1 xícara de arroz e refogou-se com 1 colher

de óleo em fogo alto, após foi colocada 1,5 xícaras de água quente e 1/4 colher de sal, misturando bem. Por 5 minutos foi deixado em temperatura média com a tampa semi-aberta. Colocou-se em temperatura baixa e cozinhou, sem mexer, até que secasse toda a água da panela. O fogo foi desligado respeitando as faixas de limites de tempo de cozimento estipulados para arroz de terras altas (padrão BRS Primavera) e irrigado (padrão IRGA-409). Após desligar a chama e a panela ficou tampada por aproximadamente 5 minutos fora do fogo. Ao final foi feita a avaliação de rendimento, textura e pegajosidade.

Cozimento do arroz integral: foi adicionado 500 ml de água quente na panela de alumínio; com o fogo em temperatura alta, foi acrescentado 100 g de arroz integral previamente lavado e 4 g de sal, misturar bem; quando levantou a fervura, a chama do fogo foi diminuída para fogo médio; cozido em fogo médio, com a panela semi-tampada, por aproximadamente 40 minutos ou até a panela secar; desligou-se o fogo e a panela ficou tampada por aproximadamente 5 minutos após desligar a chama.

5.2.5. Teste de panela

Procedimento técnico de teste de panela para arroz, realizado pelo Instituto Rio Grandense do Arroz, a partir do método da Embrapa (2010), código 036.020.005.005.

Rendimento: o arroz cozido foi transferido para uma bandeja, utilizando a mesma xícara/copo medidor usada para medir o arroz, cuidando para não misturar as partes superior, central e inferior da panela; O rendimento de panela foi expresso em número de xícaras.

Pegajosidade: foi avaliada a segunda xícara retirada da panela (porção central da panela); A pegajosidade foi avaliada visualmente verificando se a amostra de arroz cozido se desmanchava ou não ao ser vertida da xícara para a bandeja. A classificação da pegajosidade da amostra é conforme a Tabela 4.

Textura: Avaliar a amostra de arroz cozido da segunda xícara retirada da panela (porção central); Deixar o arroz cozido esfriar até 45°C, monitorando a temperatura com auxílio de um termômetro; Para determinar a textura da amostra,

imprimir pressão leve em alguns grãos entre os dedos indicador e polegar; Classificar a textura da amostra de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4. Escalas para análise de textura pelo teste de panela para arroz

Legendas	Notas para Pegajosidade	Notas para Dureza
GP = Grau de polimento	MS = Muito solto	MM = Muito Macio
R = Rendimento Volumétrico	S = Solto	M = Macio
TC = Tempo de cozimento na panela (minutos)	L = Ligeiramente Solto / Pegajoso	L = Ligeiramente Macio / Firme
	P = Pegajoso	F = Firme
	MP = Muito pegajoso	MF = Muito firme

Fonte: Embrapa, 2010.

5.3 Análise Estatística

A comparação entre as médias foi feita utilizando o teste ANOVA e complementada por Tukey ($p \leq 0,05$), teste 't' e correlação de Pearson pelo software Statistica 7.0.

6. Resultados e Discussão

Os resultados do efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na proteína do arroz cru e cozido estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na proteína do arroz cru e cozido

Amostra	Classe	Ponto ideal cru	Ponto ideal cozido	15 dias de atraso cru	15 dias de atraso cru
BR-IRGA 409	Polido	8,01±0,22 ^{bcB}	3,10±0,66 ^{aA}	9,25±0,32 ^{abA}	3,37±0,33 ^{abA}
IRGA 424 RI	Polido	7,04±0,07 ^{cb}	2,06±0,44 ^{aA}	9,21±0,05 ^{abA}	2,45±0,02 ^{bcA}
IRGA 431 CL	Polido	8,00±0,43 ^{bcA}	2,73±0,22 ^{aA}	7,71±0,10 ^{ca}	2,00±0,10 ^{cb}
BR-IRGA 409	Integral	10,12±0,24 ^{aA}	3,38±0,14 ^{aA}	9,33±0,35 ^{aB}	3,80±0,59 ^{aA}
IRGA 424 RI	Integral	8,67±0,73 ^{abB}	3,30±0,15 ^{aB}	9,6±0,18 ^{aA}	4,37±0,44 ^{aA}
IRGA 431 CL	Integral	7,92±0,35 ^{cbB}	2,95±0,08 ^{aB}	8,78±0,83 ^{abA}	4,18±0,13 ^{aA}

* média com letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey, com letras maiúsculas na linha em cada tempo de colheita (ponto ideal e atraso de 15 dias) e processamento (cru e cozido) pelo 't' ($p>0,05$).

Na tabela 3, mostra destaque em conteúdo de proteínas para a cultivar BR-IRGA 409 em tempo ideal de colheita e para a cultivar IRGA 424 RI com 15 dias de atraso na colheita quando comparada com as demais. As cultivares BR-IRGA 409 e IRGA 431 CL polido cru apresentaram valores mais altos no conteúdo de proteínas que a cultivar IRGA 424 RI, porém, não diferiram significativamente entre si. Estes achados mostram valores maiores de proteína que o valor médio de 7% apresentado por Lumen & Chow (1995), 7,5% mostrado por Kennedy & Burlingame (2003), pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 7,2% da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (UNICAMP, 2011), 6,3% – 7,1% de BIRLA et al., 2017 e de 7,08% mostrados por ZHU et al., 2020. No entanto, o conteúdo de proteína das BR-IRGA 409 e IRGA 431 CL polido cru estão de acordo com os resultados de cerca de 8% encontrados por Wang et al. (2007). As cultivares BR-

IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL em grão integral, colhidas com 15 dias de atraso e cozidos não apresentaram diferença significativa entre si. A cultivar BR-IRGA 409 colhida com 15 dias de atraso, somente para grãos polidos se destacou quanto ao percentual de proteínas, seguida da cultivar IRGA 424 RI, mostrando que o atraso na colheita foi benéfico em termos de conteúdo de proteínas. A cultivar BR-IRGA 409 não apresentou diferença significativa para a cultivar IRGA 424 RI que não diferiu significativamente da cultivar IRGA 431 CL, mas a BR-IRGA 409 diferiu significativamente da cultivar IRGA 431 CL. Considerando a classe integral, a cultivar BR-IRGA 409 na forma de arroz cru apresentou maior conteúdo de proteínas em comparação às cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL e estes achados apresentam valores maiores aos 7,3% de proteína no arroz integral cru apresentado na TACO e os teores de proteína no arroz integral de 7,1% – 8,3% (BIRLA et al., 2017). Sendo a amostra IRGA 431 CL o menor percentual, diferindo significativamente da amostra BR-IRGA 409. As cultivares BR-IRGA 409 e IRGA 424 RI grãos polido e integral, colhidas com 15 dias de atraso apresentaram maior percentual de proteína em comparação com a cultivar IRGA 431 CL e também maiores que as mesmas cultivares analisadas neste estudo em ponto ideal de colheita, tanto para arroz polido como arroz integral cru, mas não maior que a cultivar BR-IRGA 409 grão integral cru colhida em tempo ideal, mostrando que o atraso da colheita foi benéfico para o conteúdo de proteína. Quanto à quantidade de proteínas, esses achados estão com valores maiores aos demonstrados por JULIANO, 1965; JULIANO, ALBANO, & CAGAMPANG, 1964, KENNEDY & BURLINGAME, 2003, que mostram uma média de 7,5% de proteína no grão. Para arroz cozido em tempo ideal de colheita a quantidade de proteína da cultivar BR-IRGA 409 se destacou, mas sem diferenças significativas com as demais, quando comparados com os valores apresentados na TACO (2,5%), apenas IRGA 424 RI apresentou valores mais baixos.

O teor de proteína do arroz é influenciado por fatores como: práticas de manejo e tipo de cultura, clima e genótipo (CHAMPAGNE et al., 2004). Diferenças na composição proteica das frações da moagem de arroz resultam em diferenças na qualidade nutricional de seu componente protéico.

Os resultados do efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na digestibilidade da proteína do arroz cru e cozido estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Efeito da classe no ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita na digestibilidade da proteína do arroz cru e cozido

Amostra	Classe	Ponto ideal cru	Ponto ideal cozido	15 dias atraso cru	15 dias atraso cozido
BR-IRGA 409	Polido	75,21± 1,83 ^{aA}	81,93±2,56 ^{aA}	73,25±0,32 ^{aB}	82,83±1,28 ^{aA}
IRGA 424 RI	Polido	76,50± 0,00 ^{aB}	83,74±0,00 ^{aA}	77,4±0,05 ^{aA}	84,64±1,28 ^{aA}
IRGA 431 CL	Polido	75,59± 1,28 ^{aA}	82,83±1,28 ^{aA}	76,49±0,10 ^{aA}	81,02±1,28 ^{aA}
BR-IRGA 409	Integral	76,50± 5,12 ^{aA}	80,12±2,56 ^{aA}	76,49±0,35 ^{aA}	81,02±1,28 ^{aA}
IRGA 424 RI	Integral	72,88± 0,00 ^{aB}	80,12±2,56 ^{aA}	73,78±0,18 ^{aA}	82,83±1,28 ^{aA}
IRGA 431 CL	Integral	74,69± 0,00 ^{aB}	81,93±0,00 ^{aA}	76,49±0,83 ^{aA}	83,73±0,00 ^{aA}

* média com letras minúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey, com letras maiúsculas na linha em cada tempo de colheita (ponto ideal e atraso de 15 dias) e processamento (cru e cozido) pelo 't' (p>0,05).

Quanto à digestibilidade da proteína, tanto em tempo ideal quanto com 15 dias de atraso na colheita, as cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL não apresentaram diferença significativa entre si, havendo destaque para a cultivar IRGA 424 RI e os achados mostram valores maiores que apresentados por Bradbury et al. (1984), que descobriram uma diferença entre arroz integral e arroz beneficiado polido de 73% - 68% e de 79% - 70%, respectivamente e também maiores que os valores mostrados por Sgarbieri (1996). O maior declínio na digestibilidade da proteína no presente estudo pode ser devido às diferenças nos métodos de cozimento e variedades de arroz. Em contra partida, as três cultivares apresentaram valores menores para grão polido e sem diferença significativa entre si no que tange à digestibilidade protéica, tanto para integral quanto para o grão polido.

As proteínas de origem animal apresentam digestibilidade superior a 95% e as de origem vegetal, abaixo de 80% (SGARBIERI, 1996). A cocção é um processo que ocasiona trocas químicas, físico-químicas e estruturais dos componentes dos alimentos provocadas intencionalmente por efeito do calor. Nos diferentes métodos

de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo, e o meio de cocção são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar o valor nutricional dos alimentos; além disso, períodos prolongados de cozimento causam mudanças estruturais em nível celular, provocando perda de nutrientes (GARCIA–ARIAS et al., 2003; POTTER; HOTCHKISS, 1995; WASSIMI; HOSFIELD; UEBERSAX, 1988). A digestibilidade da proteína e o valor biológico do arroz foram relatados como sendo mais elevados que os dos outros cereais principais (trigo, milho e cevada) (EGGUM, 1979). O arroz (*Oryza sativa L.*) é o alimento básico predominante e fornece mais de 20% das necessidades calóricas de quase dois terços da população mundial. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2020), o arroz branco é composto por cerca de 7 % de proteínas. Entretanto, a composição tem variações em virtude da variedade do grão, das condições e variações climáticas, ambientais, de manejo, de processamento e armazenamento (ZHOU et al., 2002). O farelo de arroz é um dos coprodutos mais abundantes na indústria de processamento de arroz. Ele contém uma quantidade substancial de proteína que varia de 12% a 20% (SANDERS, 1990). HAN et al. (2015) mostraram que a proteína do farelo de arroz tem uma qualidade nutricional superior a proteína do endosperma do arroz.

Em um estudo de Han et al. (2015), a proteína do farelo de arroz apresentou digestibilidade de 94,8%, enquanto o mesmo índice para a proteína do endosperma desse arroz foi de 90,8%. Estes achados mostram valores maiores quando comparados às cultivares estudadas neste trabalho, em que tanto os grãos crus integral como o polido em tempo ideal de colheita mostraram média de 75,22 % de digestibilidade, não apresentando diferença significativa entre si, mas mostram a importância nutricional do arroz integral.

A colheita tem papel fundamental em todas as atividades agrícolas, porque faz valer o esforço empregado em todas as outras operações. É de grande importância que a tomada de decisão para seu início seja feita no momento adequado, possibilitando a maior produtividade, rendimento industrial e qualidade culinária. Durante o período reprodutivo das plantas, considera-se que o grão está completamente formado na maturação fisiológica, entretanto, esta fase ainda não é considerada ideal para o início da colheita, pois a secagem do material deve ser imediata, a fim de evitar a fermentação, gerando maiores custos e energia na

secagem (BINOTTI et al., 2007). Além disto, a colheita nesta fase leva a uma maior ocorrência de defeitos, como grãos verdes, gessados e mal formados (RIBEIRO et al., 2004), os quais causam descontos na remuneração ao produtor.

O Efeito da classe no ponto ideal de colheita no amido resistente, não resistente e amido total de arroz cozido está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Efeito da classe no ponto ideal de colheita no amido resistente, não resistente e amido total de arroz cozido (%)

Amostra	Classe	AR	ANR	Amido
IRGA 424 RI	Polido	11,63±1,17 ^a	19,56±0,19 ^a	68,81±1,21 ^c
IRGA 431 CL	Polido	7,81±0,40 ^b	18,94±0,81 ^a	73,26±0,98 ^{ab}
IRGA 424 RI	Integral	9,81±1,49 ^{ab}	18,35±0,82 ^a	71,84±0,66 ^{bc}
IRGA 431 CL	Integral	7,90±0,35 ^b	18,41±0,31 ^a	73,69±0,04 ^{ab}

* média com letras distintas diferente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). \pm = Desvio padrão.

A cultivar IRGA 424 RI em tempo ideal de colheita grão polido apresentou valores mais altos para amido resistente quando comparada à cultivar IRGA 431 CL integral e polido, apresentando diferenças significativas entre elas, mas quando comparamos a cultivar IRGA 424 RI integral com a cultivar IRGA 431 CL, não apresentou diferença significativa entre elas. Quanto ao conteúdo de amido total, a cultivar IRGA 424 RI no tempo ideal de colheita em grão polido apresentou valor menor, quando comparada com a mesma variedade de grão integral e com a cultivar IRGA 431 CL grão integral e polido, que não mostraram diferenças significativas entre elas.

O amido resistente é um componente natural da dieta. O consumo em geral é de cerca de 3 g/pessoa/dia (PEREIRA, 2007), sendo que os resultados das cultivares estudadas contribui de forma positiva na alimentação humana. O conteúdo de amido total mostrado por ZHU et al. (2020), foi de 78,63% sendo menor que os 90% de amido total apresentados por KENNEDY & BURLINGAME (2003) e ambos maiores que os achados deste trabalho. O amido é o principal constituinte dos grãos de arroz, composto por macromoléculas de amilose e amilopectina; seu conteúdo pode variar de acordo com o genótipo (ASHWAR et al., 2016).

Os efeitos da cocção em função da umidade, do grau de polimento, rendimento volumétrico, tempo de cocção de panela, dureza e pegajosidade, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Comportamento de cocção e características de textura do arroz polido

Amostra	Umidade (%)	GP	R %	TC (min)	Pegajosidade	Dureza
BR IRGA 409	12,15	99	196,5	12	P	M
IRGA 424 RI	12,2	98,66	186,5	12	S	M
IRGA 431 CL	11,91	99	196,66	12	L/S	M

Legenda: GP = Grau de polimento, R = Rendimento Volumétrico, TC = Tempo de cozimento na panela (minutos). Notas para Pegajosidade: MS = Muito solto; S = Solto L = Ligeiramente Solto / Pegajoso; P = Pegajoso e MP = Muito pegajoso. Notas para Dureza: MM = Muito Macio, M = Macio, L = Ligeiramente Macio / Firme, F = Firme e MF = Muito firme.

As cultivares BR-IRGA 409, IRGA 424 RI e IRGA 431 CL em grãos polidos, apresentaram semelhança no teor de umidade, rendimento volumétrico, tempo de cocção em minutos e notas de dureza, mas apresentam notas de pagajosidade diferentes nas cultivares BR IRGA 409 e IRGA 424 RI identificadas como pegajosas ao cozimento padrão.

No decorrer da cocção, os alimentos sofrem alterações e o Fator de Cocção ou Indicador de Conversão é um indicador interpretado como a relação entre a quantidade de alimento cozido (pronto para consumo) e a quantidade de alimento cru e limpo usado na preparação. Ele revela o rendimento do alimento nas preparações (COSTA, 2017). Existe uma visão comum de que o teor de proteína tem uma correlação positiva com a dureza do arroz cozido (AMAGLIANI et. Al., 2017). Os perfis de viscosidade em arroz com propriedades de amido semelhantes apoiaram que a proteína se correlacionou negativamente com a temperatura de gelatinização e a viscosidade de pico (BORNHORST et al., 2013; FITZGERALD et al., 2003). No entanto, alguns estudos mostraram que mais água fornecida para o arroz de alta proteína era benéfica para a gelatinização do amido e poderia reduzir a dureza do grão cozido em certa medida (CHRASIL, 1990).

A qualidade do arroz cozido é uma característica complexa, afetada não apenas pelas características inerentes do grão, mas também pelos componentes do arroz (VIDAL et al., 2007). Durante o cozimento, o grão de arroz passa por muitas mudanças, como hidratação, formação de rachaduras, expansão, lixiviação de

sólidos, gelatinização do amido etc., todos os quais podem contribuir para a textura final do arroz cozido (LI et al., 2017; TAMURA et al., 2015).

A correlação entre arroz polido colhido em ponto ideal e com 15 dias de atraso na colheita, grão cru e cozido de acordo com sua digestibilidade, teor de amido resistente (AR) e amido não resistente (ANR), estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Correlação do arroz polido entre tempos de colheita ideal e 15 dias de atraso

	Proteína Arroz cru	Digestibilidade Arroz cru	Proteína Arroz cozido	Digestibilidade Arroz cozido	AR	ANR
Proteína	1,0000	-,8562	,8781	-,1974	-,8882	-,8758
Arroz cru	p= ---	p=,144	p=,122	p=,803	p=,112	p=,124
Digestibilidade	-,8562	1	-,6795	-,3333	,6310	,9831
Arroz cru	p=,144	p= ---	p=,320	p=,667	p=,369	p=,017
Proteína	,8781	-,6795	1,0000	-,2512	-,6386	-,7840
Arroz cozido	p=,122	p=,320	p= ---	p=,749	p=,361	p=,216
Digestibilidade	-,1974	-,3333	-,2512	1,0000	,4676	-,2878
Arroz cozido	p=,803	p=,667	p=,749	p= ---	p=,532	p=,712
AR	-,8882	,6310	-,6386	,4676	1,0000	,5989
	p=,112	p=,369	p=,361	p=,532	p= ---	p=,401
ANR	-,8758	,9831	-,7840	-,2878	,5989	1,0000
	p=,124	p=,017	p=,216	p=,712	p=,401	p= ---

Quanto ao efeito dos tempos de colheita, observamos que para o arroz polido a relação entre digestibilidade do grão cru em relação ao amido não resistente, foi positiva. E quando comparamos o arroz integral colhido em ponto ideal versus com 15 dias de atraso, não encontramos correlação, ou seja, no arroz integral não houve efeito dos tempos de colheita.

7. Conclusão

De acordo com os resultados foi possível concluir em relação à quantidade de proteína que a cultivar BR-IRGA 409, grão polido, apresentou melhores resultados, tanto colhida em tempo ideal quanto com 15 dias de atraso e a cultivar IRGA 424 RI, grão integral, apresentou melhores resultados quando colhida com 15 dias de atraso. Em relação à digestibilidade da proteína, todas as cultivares se demonstraram valores elevados, mas com melhores resultados quando colhidas com 15 dias de atraso, indicando que o atraso na colheita é benéfico. Em relação ao amido resistente, todas cultivares mostraram efeito nutricional, porém a cultivar IRGA 424 RI, colhida em tempo ideal, se destacou. Todas as cultivares tem elevado fator de rendimento e de cocção e características sensoriais agradáveis ao consumidor.

8. Considerações finais

É importante que pesquisadores nos campos da nutrição e agronomia trabalhem em conjunto, no sentido de compreender as maneiras pelas quais a composição dos nutrientes é afetada durante a produção bem como aperfeiçoar a composição dos nutrientes do produto final.

Educação nutricional, continuidade nas pesquisas sobre melhoramento genético das cultivares e maior documentação sobre influência da variedade na composição de nutrientes deve ser realizada.

As novas variedades de arroz devem passar por uma análise completa do conteúdo de nutrientes. Tais resultados são essenciais para a avaliação da adequação da ingestão de nutrientes em relação à escolha das cultivares produzidas, tanto beneficiando a população como o produtor em termos de rentabilidade da lavoura.

9. Referências Bibliográficas

AACC. International Methods 32-05.01, 32-07.01, 32-28.01, 32-31.01, 32-32.01, 32-33.01, 32-40.01, 32-41.01, and 32-45.01. **AACC International Approved Methods of Analysis**, 11th Ed. AACC International PRESS, St. Paul, MN, U.S.A., 2009.

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. Arroz. São Paulo: FNP, p. 161-167, 2011.

ANACLETO, R., CUEVAS, R. P., JIMENEZ, R., LLORENTE, C., NISSILA, E.; HENRY, R., SREENIVASULU, N., Prospects of breeding high-quality rice using post-genomic tools. **Theor Appl Genet. Review**, v. 128, n. 8, p. 1449 – 1466, 2015.

AMAGLIANI, L., O'REGAN, J., KELLY, A. L., & O'MAHONY, J. A. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 64, p. 1–12, 2017.

AOAC International Official Methods 985.29, 991.42, 991.43, 999.03, 993.19, 997.08, 999.03, 2000.11, 2001.02, 2001.03, 2002.02, and 2009.01. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 18th Ed. Horwitz, W., ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, U.S.A., 2005

BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Cepan, Porto Alegre, RS, 2005.

BASSO C, SILVA LP, BENDER ABB, SILVEIRA F. Elevação dos níveis de amido resistente: efeito sobre a glicemia e na aceitabilidade do alimento. **Revista Instituto Adolfo Lutz.**, v. 70, n. 3, p. 276-82, 2011.

BHATTACHARJEE P, SINGHAL RS, KULKARNI PR. Basmati rice: A review. **Int J Food Sci Technol**, v. 37, p. 1–12, 2002.

BINOTTI, F.F.S. et al. Momento de colheita e períodos de armazenamento no rendimento industrial e na qualidade fisiológica do arroz de terras altas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p. 219-226, 2007.

BLANCO, A., BRESSANI, R. Biodisponibilidad de aminoácidos in El frijol (*Phaseolus vulgaris*). **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, v. 41, n. 1, p. 38-51, 1991.

BRADBURY, J. H., COLLINS, J. G., PYLIOTIS, N. A. Digestibility of proteins of the histological components of cooked and raw rice. **British Journal of Nutrition**, v. 52, n. 3, p. 507–513, 1984.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. São Paulo. Varela, 233p. 1995.

BORNHORST, G. M., FERRUA, M. J., RUTHERFURD, S. M., HELDMAN, D. R., & SINGH, R. P. Rheological Properties and Textural Attributes of Cooked Brown and White Rice During Gastric Digestion in Vivo. **Food Biophysics** volume 8, pages137–150(2013).

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira/** Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed., 1. reimpr. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. **Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem**. Brasília, 2009.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 30 p. 1999.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. **Bol SBCTA**, v.30, n.1, p.37-43, 1996.

CHAMPAGNE, E. T., WOOD, D. F., JULIANO, B. O., BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In E. T. Champagne (Ed.), *Rice: Chemistry and technology* (3rd ed., pp. 77e107). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 2004.

CHRASIL, J. Protein-starch interactions in rice grains. Influence of storage on oryzenin and starch. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, v. 38, p. 1804–1809, 1990.

COISIDINE, T. et al. Rheological investigations of interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 2008-2017, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. -- Brasília: Conab, 2010. 60 p. : il. ISBN : 978-85-62223-02-0

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Cenário mundial favorece exportações brasileiras de arroz**. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 de ago. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento safra bras**. grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-112 fevereiro 2020. Monitoramento agrícola.

COSTA, R. **Determinação de fatores de cocção em preparações**. 2017. 35 pag. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Curso de Nutrição, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

DEEPA, VASUDEVA SINGH & K. AKHILENDER NAIDU. A comparative study on starch digestibility, glycemic index and resistant starch of pigmented ('Njavara' and 'Jyothi') and a non-pigmented ('IR 64') rice varieties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 644–649, 2010.

EFSA. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. **EFSA Journal** 2012;10(2):2557.

EGGUM, B.O.. RESURRECCIÓN A.P. JULIANO, B.O. Effect of cooking on nutritional value of milled rice in rats. **Nutr. Rep. Int.**, v. 16, p. 649655, 1977.

EGGUM, B.O.. Nutritional aspects of cereal protein. In A. Muhammad, R. Aksel & R.C. von Boustel, eds. **Genetic diversity in plants**, p. 349369. New York: Plenum Press, 1977.

EGGUM, B.O. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. In Proceedings, Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, p. 91-111. Los Baños, Laguna, the Philippines, IRRI, 1979.

EGGUM, B.O. **Evaluation of protein quality and the development of screening techniques**. In **New approaches to breeding for improved plant protein**, p. 125-135. Vienna, IAEA, 1969.

ELIAS, M. C. F. et al. **Industrialização de arroz por processo convencional e por parboilização**. In: ELIAS, M. C. F.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. (Ed.). Qualidade de arroz da pós-colheita ao consumo. Pelotas: Ed. Universidade da UFPEL, 2012. cap. 4, p.43-55.

EMPRESA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A cultura de arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1999. 633 p.

EMPRESA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004 270 p. ISSN 1676-7683. Arroz Irrigado - Oryza sativa - Cultivar - Clima, Solo, Água - Manejo integrado - Aspecto econômico - Colheita, Pós-colheita - Rio Grande do Sul - Santa Catarina. III- Título. IV. Série.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Origem e História do Arroz**. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde** – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2013. 245 p. : il. – (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas). ISBN 978-85-7035-199-9

ENGLYST, H.N. et al. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, v.107, p.307-318, 1982.

ENGLYST, H.N.; HUDSON, G.J. The classification and measurement of dietary carbohydrates. **Food Chem**, v.57, n.1, p.15-21, 1996.

EPAMIG. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Influência do ponto de colheita na qualidade de grãos de cultivares de arroz**. Belo Horizonte, 1983. Relatório de pesquisa apresentado à Embrapa em 1983.

EERLINGEN, R.C., CILLEN, G., DELCOUR, J.A. **Enzyme-resistant starch IV: Effect of endogenous lipids and added sodium dodecyl sulfate on formation of resistant starch**. *Cereal Chem* 1994; 71(2):170-77.

EUROMONITOR CONSULTING. **Oportunidades no mercado de arroz no brasil**. 2019.

FAO/WHO/UNU. Expert Consultation on Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition (2002: Geneva, Switzerland), Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization & United Nations University. 2007.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Consultation on “Protein Quality Evaluation in Human Nutrition”: the assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods**. Rome (Italy): FAO; 2012

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report of a sub-committee of the 2011 FAO Consultation on **“Protein Quality Evaluation in Human Nutrition”**: The assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods. Rome (Italy): FAO; 2012.

FAOSTAT. **FAO statistic al data bases**. Retrieved 2 May 2001 from the World Wide Web: <http://apps.fao.org/>.

FERNANDES, G. M. B.; AMORIM NETO, S. **Qualidade do arroz em função da época de colheita e do teor de umidade no beneficiamento em engenho**. Rio de Janeiro: Pesagro, 1987. 4 p. (Comunicado Técnico, 180).

FITZGERALD, M. A., MARTIN, M., WARD, R. M., PARK, W. D., & SHEAD, H. J. Viscosity of rice flour: Archeological and biological study. **Journal of Agricultural & Food chemistry**, v. 51, p. 2295–2299, 2003.

FORNASIERI, F. D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal. FUNEP. 589p. 2006.

FREI, M.; P. SIDDHURAJU; K. BECKER. Studies on the in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, v. 83, n. 3, p. 395 – 402, 2003.

GARCÍA-ALONSO, A. et al. Influence of botanical source and processing on formation of resistant starch type III. **Cereal Chem**, v.75, n.6, p.802-804, 1998.

GILANI S.G., XIAO W. C., COCKELL KA. Impact of anti-nutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br J Nutr* 2012;108: Suppl 2:S315–32.

GOÑI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.

GOVERS, M. J.; GANNON, N. J.; DUNSHEA, F. R.; GIBSON, P. R.; MUIR, J. G. Wheat bran affects the site of fermentation of resistant starch and luminal indexes related to colon cancer risk: a study in pigs, v. 45, p. 840–847, 1999.

GRISP (Global Rice Science Partnership). Rice almanac, 4th edition. Los Baños (Philippines): **International Rice Research Institute**. 2013, 283 p.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, v.43, p.38-46, 2006.

HAN, S., CHEE, K., CHO, S. Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. **Food Chemistry**, v. 172, p. 766-769, 2015.

HESSE, S. R. **Maturação fisiológica das sementes de arroz (*Oryza sativa* Linnaeus)** cv. IAC 47. Porto Velho: EMBRAPA/UEPAE, 1983. 4 p.

HIGGINS, J. A.; BRAND MILLER, J. C.; DENYER, G. S. Development of insulin resistance in the rat is dependent on the rate of glucose absorption from the diet. **J. Nutr.**, v. 126, p. 596–602, 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 44-45.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. IRGA 431 Cl: Resistência à brusone e excelente qualidade de grãos. Circular Técnica 002/Ago/2019 - Instituto Rio Grandense do Arroz/Irga.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Texto elaborado pela DATER (Divisão de Assistência Técnica e Extensão Rural), Seção de Política Setorial e meteorologista Jossana Ceolin Cera, com o apoio das Coordenadorias Regionais e dos NATEs (Núcleos de Assistência Técnica e Extensão. **Condições meteorológicas ocorridas na safra boletim de resultados da lavoura– SAFRA 2019/2020** Condições meteorológicas e seus impactos sobre as lavouras de arroz irrigado e soja em rotação, 2020.

JACOBASCH, G.; SCHMIEDL, D.; KRUSCHEWSKI, M.; SCHMEHL, K. Dietary resistant starch and chronic inflammatory bowel diseases. **Int. J. Colorectal Dis.**, v. 14, p. 201–211, 1999.

JANE, J.; ROBYT, J. F. Structures studies of amylose V complexes and retrogradated amylose by action of alpha amylase, a new method for preparing amyloextrins. **Carbohydrate Research**, v. 132, n. 1, p. 105-110, 1984.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap.2, p.17-57.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome. FAO, 1993. Disponível em: [http://www.fao.org/3/t0567e/T0567E0o.htm#Bibliography%20\(N-S\)](http://www.fao.org/3/t0567e/T0567E0o.htm#Bibliography%20(N-S)). Setembro de 2020. JULIANO, B. O. Rice in human nutrition. FAO Food and Nutrition Series. N° 26.

JULIANO, B. O. The proteins of rice grain. **Philippine Journal of Nutrition**, v. 18, n. 4, p. 250–258, 1965.

KHATUN, A., WATERS, D. L., LIU, L. The impact of rice protein on in vitro rice starch digestibility. **Food Hydrocolloids**, v. 109, 2020.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, v.80, p. 589-596, 2003.

KENNEDY, G. et al. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v.51, p.33-42, 2002.

KOIDE, T. et al. Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from grape rinds and red rice. **Cancer Biotherapy and Radiopharmacology**, v.11, n.4, p.273-277, 1996.

KUNZE, O. R. Effect of environment and variety on milling qualities of rice. IN: INTERNATIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, Manila, 1985.

LI, H., WEN, Y., WANG, J., SUN, B. G. The molecular structures of leached starch during rice cooking are controlled by thermodynamic effects, rather than kinetic effects. **Food Hydrocolloids**, v. 73, p. 295–299, 2017..

LUMEN, B.O.; CHOW, H. Nutritional quality of rice endosperm. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice utilization**. 2.ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995. V.2, cap.15, p.363-395.

MAGRI, C. F. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.

MARCHEZAN, E. **Efeito de elementos meteorológicos na época de colheita sobre a quantidade de grãos inteiros em arroz**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 191- 195, 1995.

MARQUART, L.; JACOBS, D.R.; SLAVIN, J.L. Whole grains and health an overview. **Journal of the American College Nutrition**, v.19, n.90003, p.289-290, 2002

MENEZES, E.W., CANZIO, A.E., LAJOLO, F.M. **Formação de amido resistente em alimentos armazenados em baixas temperaturas**. In: Lajolo FM, Menezes EW. Fibra dietética temas em tecnologia de alimentos México: INP 1998; 2:191-8. [Anais do Simpósio Iberoamericano sobre Fibra Dietética em Alimentos- Projeto CYTED XI 6, São Paulo; 1997].

MILLER JB, PANG E, BRAMALL L. Rice: a high or low glycemic index food. **Am J Clin Nutr**. 34, p. 1034–1036, 1992.

MURPHY, M. M.; Douglass, J. S.; Birkett, A. Resistant starch intakes in the United States. **J. Am. Diet. Assoc**, v. 108, p. 67–78, 2008.

OLIVEIRA. J.E.D. de VANNUCCHI, H. **The protein requirement of Brazilian rural works studies with a rice and a bean a diet**. In: RAND, W.M. Proteinenergy requirements of developing countries: results of international research. Tokio, United University, p. 98-114, 1983.

OMS/FAO. Organização Mundial da Saúde. Relatório pericial sobre dieta alimentar, nutrição e prevenção de doenças crônicas. Comunicado de Imprensa conjunto da OMS/FAO 32, 23 de Abril 2003.

ORNELLAS LH. **Técnica Dietética: seleção e preparo de alimentos**. 8a ed. São Paulo: Editora Atheneu; 2007.

PEREIRA, C. D. Resistant starch, the latest generation of energy control and healthy digestion. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, p. 88-92, 2007.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. Caatinga, Mossoró, Brasil, **Caatinga**, v.20, n.1, p.43-48, 2007.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. **Starch**, Weinheim, v. 62, n. 8, p. 389-420, 2010.

POTTER, N. N.; HOTCHKIN, J. H. **Ciencia de los alimentos**. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 667 p.

PURI, R. P.; SIDDIQ, E. A. Studies on cooking and nutritive qualities of cultivated rice *Oryza sativa* L. I. Qualitative genetic characterization of amylose content. **Genetica Agraria**, v. 34, n. 1/2, p.1-14, 1980.

QURESHI, A.A. et al. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. **Nutritional Biochemistry**, v.8, p.290-298, 1997.

RAIGOND, P.; EZEKIEL, R.; RAIGOND, B. Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science Food and Agriculture*, London, v. 95, n. 10, p. 1968-1978, Aug. 2015.

RIBEIRO, G.J. et al. Efeitos do atraso na colheita e do período de armazenamento sobre o rendimento de grãos inteiros de arroz de terras altas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p.1021-1030, 2004.

RING, S. G.; COLONNA, P.; I' ANSON, K. J.; KALICHEVSKY, M. T.; MILES, M. J.; MORRIS, V. J.; ORFORD, P. D. The gelation and crystallisation of amylopectin. **Carbohydrate Research**, v. 162, p. 277-293, 1987.

RONG, N. et al. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. **Lipids**, v.32, n.3, p.303-309, 1997.

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

RUTHERFURD S.M., MOUGHAN P.J. Available versus digestible dietary amino acids. **Br J Nutr**, v. 108, p. S298–S305, 2012.

SANDERS, R. M. The properties of rice bran as a food stuff. **Cereal Foods World**, v. 35, p. 632–662, 1990.

SANTOS, J.E., HOWE, J.M., DUARTE, F.A.M., OLIVEIRA, J.E.D. de. Relationship between the nutritional efficacy of a rice and bean diet and energy intake in pre-school children. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 32, n. 1, p. 541-4,1979.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1990. 517 p.

SGARBIERI, V.C. **Fontes de proteínas na alimentação**. In: SGARBIERI, V.C. Proteínas em alimentos protéicos. São Paulo: Varela, 1996. cap.2, p.139-257.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorfismo resistant starch type III. **Carbohydrate Polymers**, v.54, p. 363-369, 2003.

SOARES, A. A. **Cultura do arroz**. Lavras: UFLA, 2001. 111 p.

SOSBAI - Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **ARROZ IRRIGADO: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil XXXII REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO** Farroupilha - RS - Brasil 08 a 10 de agosto de 2018. 205p.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz irrigado: **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**, Pelotas, Rio Grande do Sul, 2016

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí, SC: SOSBAI, 2012. 179p.

SOUCI, S.W., FUCHMANN, W. & KRAUT, H. **Food composition and nutrition tables**, 3rd rev. ed. Stuttgart, 1986.

Tang, J.E., & Phillips, S.M. (2009). **Maximizing muscle protein anabolism: The role of protein quality**. *Cur Opi Clin Nutr Met Car*, 12(1), 66-71.

TAIRA, H. **Grain quality: physicochemical properties and quality of rice grains**. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). *Science of the rice plant*. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, 1995. v.2 (Physiology). capo6.1, p.1063-1089.

TAMURA, M.; SINGH, J.; KAUR, L.; OGAWA, Y. Impact of the degree of cooking on starch digestibility of rice – An in vitro study. **Food Chemistry**, v. 191, p. 98–104, 2015.

UNICAMP - Tabela Brasileira De Composição De Alimentos / NEPA –.4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: **NEPA- UNICAMP**, 2011. 161 p.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, supply and distribution online** – Foreign Agricultural Service. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdResult.aspx>>. Acessoem: out. 2020.

USDA– UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Grain: World markets and trade**. Washington, DC: UnitedStates Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2015, Disponívelem:<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56068/>>. Acessoem: set. 2020.

VAN DER FLIER & CLEVERS. **Stem Cells, Self-Renewal, and Differentiation in the Intestinal Epithelium**. *Annual Review of Physiology*. Vol. 71: 241-260. 2009.

VIDAL, R. A. et al. Definindo resistência aos herbicidas. R. **Plantio Direto**, v. 100, n. 1, p. 18-19, 2007.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23. p. 869-900.

XIA, M. et al. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. **Journal of Nutrition**, v.133, n.3, p.744-751, 2003.

YANG DS, SHEWFELT RL, LEE KS, KAYS SJ. Comparison of odor-active compounds from six distinctly different rice flavor types. **J Agric Food Chem**, 2008.

YOUNES, H.; REMESY, C.; BEHR, S.; DEMIGNE, C. Fermentable carbohydrate exerts a urea-lowering effect in normal and nephrectomized rats. *Am. J. Physiol.*, v. 272, p. 515-521, 1997.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.

WANG, Z. C., LIU, W. D., YAO, H. Y. Characteristics and structure of thermal denatured rice proteins (I): Solubility and amino acid composition of rice proteins. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, v. 22, n. 2, p. 05–07, 2007.

WASSIMI, N. N.; HOSFIELD, G. L.; UEBERSAX, M. A. Combining ability of tannin content and protein characteristics of raw and cooked dry beans. **Crop Science**, v. 28, n. 3, p. 452-458, 1988.

ZHOU, Z. et al. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.849-868, 2002.

ZHOU, Z. et al. The distribution of phenolic acids in rice. **Food Chemistry**, v.87, p.401-406, 2004.

ZHU, L., et al. Investigation on molecular and morphology changes of protein and starch in rice kernel during cooking. **Food Chemistry**, v.316, 2020