UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS

Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto
Constanza Catarina Cid Bustamante

Avaliação de risco da exposição ao arsênio inorgânico pelo consumo dos diferentes tipos de arroz pela população brasileira

Ouro Preto
2021

Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto
Constanza Catarina Cid Bustamante

Avaliação de risco da exposição ao arsênio inorgânico pelo consumo dos diferentes tipos de arroz pela população brasileira

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr. Aureliano Claret da Cunha

Coorientador: Dr. Milton Cabral de Vasconcelos Neto

Ouro Preto
2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P377a Peixoto, Bianca Christina Gonçalves Mol.
Avaliação de risco da exposição ao arsênio inorgânico pelo consumo dos diferentes tipos de arroz pela população brasileira. [manuscrito] / Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto. Constanza Catarina Cid Bustamante. - 2021.
23 f.

Orientador: Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha.
Coorientador: Dr. Milton Cabral de Vasconcelos Neto.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Contaminação de alimentos. 2. Metal pesado. 3. Arsênio. 4. Arroz. I. Bustamante, Constanza Catarina Cid. II. Cunha, Aureliano Claret da. III. Vasconcelos Neto, Milton Cabral de. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 641

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRICAO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto
Constanza Catarina Cid Bustamante

Avaliação de risco da exposição ao arsênio inorgânico pelo consumo dos diferentes tipos de arroz pela população brasileira

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 20 de abril de 2021

Membros da banca

Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Maurício Henriques Louzada Silva - Instituto Federal Sudeste - MG, Campus Rio Pomba
Profa. Dra. Emanueli do Nascimento da Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Milton Cabral Vasconcelos neto - Co-Orientador - Fundação Ezequiel Dias - BH - MG

Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/08/2021

Documento assinado eletronicamente por **Aureliano Claret da Cunha**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/08/2021, às 23:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0203256** e o código CRC **1E8F97A7**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591844 - www.ufop.br

Resumo

Este estudo avaliou o risco de aumento da incidência de 0,5% de câncer de pulmão pela ingestão de Arsênio inorgânico (As-i) pelo consumo de arroz no Brasil. O arroz é um alimento base da dieta brasileira cuja prevalência de consumo é superior a 76%. A ingestão de As-i foi estimada para a população brasileira a partir de três perfis teóricos de consumos de arroz, considerando o gênero, área de habitação e região demográfica. Os níveis de contaminação foram estimados para arroz integral e branco a partir das 294 amostras analisadas no Brasil e reportadas no GEMS/Food. Para os resultados expressos como zero, LOD e LOQ foram substituídos pela ½ do LOD ou ½ LOQ. Para a estimativa da ingestão os níveis de Arsênio total (As-t) foram convertidos para As-i considerando a proporção de 70%. O consumo foi obtido a partir da do inquérito nutricional individual (POF 2018/2019) e estabelecido para distintos consumidores. Ainda foram estabelecidos dois cenários de ocorrência otimista (média de contaminação) e pessimista (percentil 95 de contaminação). Os níveis de contaminação no arroz podem ser alterados por fatores como formas de cultivo, boas práticas agrícolas, processamento e o processo de preparo (lavagem e cozimento). Entre os diferentes tipos de arroz a contaminação média variou de 0,093 $mg.kg^{-1}$ a 0,167 $mg.kg^{-1}$. Não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre o arroz branco e integral. Nenhuma amostra de arroz branco e integral apresentou valor superior ao LMs regulamentar, apesar de observado um aumento gradual dos níveis de contaminação a partir do ano de 2013. Seguindo essa tendência, a partir da regressão linear dos dados de ocorrência ($y = 0,02088x-41,99$, $R^2 = 0,9620$), é esperado níveis de contaminação aproximados de 0,313 $mg.kg^{-1}$ em 2026. Maiores níveis de ingestão foram observados para o sexo masculino, para a área urbana e a região Centro-Oeste. Entretanto, de maneira geral, o risco de aumento em 0,5% da incidência de câncer de pulmão foi considerado baixo em todos os perfis de consumo e nos dois

cenários (otimista e pessimista). Contudo, o arroz é a base da dieta brasileira, cujos níveis de contaminação tem apresentado tendência ao aumento, o que sugere o seu constante monitoramento. Ainda deve ser considerado o impacto dos alimentos derivados de arroz, como (produtos de panificação, massa, biscoitos) que não possuem informação de consumo pela POF.

Palavras- Chave: contaminação de alimentos, metal pesado, MOE.

SUMÁRIO

Resumo v

1 Introdução 1

2 Metodologia 4

2.1 Níveis de contaminação de As-t e As-i em arroz 4

2.2 Avaliação de risco pela exposição ao As-i pelo consumo de arroz no Brasil 5

2.3 Caracterização do risco. 6

3 Resultados e Discussão 7

3.1 Níveis de contaminação de As 7

3.2 Avaliação da exposição – Ingestão de As-i 12

3.3 Caracterização do Risco 15

4 Conclusão 17

5 Referências 19

1 Introdução

Os alimentos, além de necessários ao desenvolvimento humano por serem fonte de vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas considerados essenciais, podem também se tornar fonte de exposição à perigos químicos, como é o caso do As pela ingestão de alimentos contaminados, o que pode provocar malefícios à saúde (JARDIM e CALDAS, 2009; TACO, 2011). O As é um metalóide com propriedades físico-químicas de metais e ametais podendo ser encontrado nos alimentos em 5 formas: arsenobetaína (AsB), dimetil-arsênio (DMA), monometil- arsênio (MMA), arsenato (As^{+5}) e arsenito (As^{+3}), sendo as duas últimas as mais tóxicas, que são as formas inorgânicas. Entretanto o Arsênio inorgânico (As-i) sofre metilação no organismo, gerando metilados orgânicos: ácido dimetilarsinoso (DMA^{+3}) e ácido monometilarsônico (MMA^{+3}), que são mais tóxicos que a forma inorgânica (WHO, 2011; BATISTA, 2012).

A preocupação com a exposição às formas tóxicas do As, está relacionada aos diversos danos à saúde, como vômito, dor abdominal e diarreia (BATISTA et al. 2011; WHO, 2018). Em casos de exposição crônica o As-i pode ser carcinogênico, alterar a pigmentação da pele e gerar acidentes vasculares cerebrais (AVC), hipertensão arterial e infarto agudo do miocárdio (IAM) (MORALES e MURILLO, 2015; WHO, 2018). Além disso, pode ser fatal em casos de envenenamento agudo por ingestão de 70 a 80 mg de trióxido de arsênico (WHO, 2011; BATISTA et al. 2011).

A dose de segurança estabelecida para o As (Provisional Tolerable Weekly Intake -PTWI) que era de 2,1 $\mu g.kg^{-1}$ pc, foi revogada em 2010 pelo Comitê Conjunto de Especialistas da FAO-OMS sobre Aditivos Alimentares (JECFA), uma vez que os níveis estabelecidos para a *Benchmark Dose Lower*

Confidence Limit- $BMDL_{0,5}$ de 3 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$(variando de 2 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ a 7 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$) e que correspondiam a dose diária vigente, estava associado ao aumento de 0,5% da incidência de câncer de pulmão (WHO, 2011).

Dentre os alimentos de maior impacto para a ingestão do As tem-se peixes, frutos do mar e os cereais e produtos à base de cereais (EFSA, 2009; WHO, 2011; DURGANTE, 2014). Dentre os cereais, o arroz apresentava maior preocupação, por ser a base de dietas populacionais e possuir maior capacidade de captar o As (MA et al. 2008; BATISTA, 2012).

Vários são os fatores que podem afetar o nível de contaminação do As no arroz como: a variedade do arroz, fisiologia vegetal, uso de pesticidas organoarsênicos, a forma de cultivo, sendo o sistema irrigado por inundação, que além de mais crítico devido à alta mobilidade, é um dos principais métodos utilizados no Brasil (EMBRAPA, 2011; PAULELLI, 2015; PAULELLI et al. 2019). Outro fator que pode influenciar os níveis de contaminação é o beneficiamento, pois durante esse processo, é removida a casca do arroz (arroz integral), realizado o polimento (arroz branco) e a parboilização (integral parboilizado ou branco parboilizado) (EMBRAPA, 2011; PAULELLI, 2015; CODEX, 2017).

Ainda, os níveis de contaminação podem sofrer alteração devido ao método de preparo para o consumo (cozimento) (LAPARRA et al. 2005). Segundo relatado por Guimarães (2015), a partir de diferentes proporções de arroz e água (arroz não lavado cozido (6:1) e para lavado cozido (2,5:1)) foi observada uma diferença significativa ($p<0,05$) em relação ao arroz cru. Portanto os níveis de As na água deve ser avaliado uma vez que algumas regiões podem apresentar devido as ações antropogênicas, níveis elevados de contaminação, como nas regiões de mineração, como a do quadrilátero ferrífero, que possuem

elevadas concentrações de As na água variando de 0,07 $\mu g.L^{-1}$ a 44,0 $\mu g.L^{-1}$, conforme relatado por Mendes (2012). Além desses aspectos, existem ainda as normas sanitárias e as práticas de monitoramento e vigilância que visam estabelecer níveis toleráveis de contaminação e retirar do comércio alimentos não conformes, minimizando e reduzindo o risco da exposição (BRASIL, 2013; CODEX, 2017).

Mundialmente os níveis de As-t, em amostras de arroz, variaram de 0,002 $mg.kg^{-1}$ a 1,83 $mg.kg^{-1}$, até 2009, considerando os dados de Nova Zelândia, Austrália, Brasil, França, Japão, Cingapura (WHO, 2011). No Chile o nível de As-t em arroz estimado no ano de 2016 a 2017 foi de 0,096 ± 0,049 $mg.kg^{-1}$ (ODEPA, 2018). No Brasil, os níveis de As-t no arroz também têm sido investigado ao longo dos anos por este se tratar de um alimento básico da dieta da população brasileira, correspondendo a 76,1% da frequência de consumo total (IBGE, 2020). Segundo Batista et al. (2011) houve uma variação de As-t em arroz de 0,108 $mg.kg^{-1}$ a 0,428 $mg.kg^{-1}$, ao analisar amostras coletadas no Brasil, onde o período da coleta não foi especificado. Ainda, Fão et al. (2019) a população brasileira encontra-se exposta ao risco pelo consumo de arroz, cuja MOE variou de 4 a 6. Entretanto, é possível que o cenário de risco possa ter sofrido modificações devido a alteração dos hábitos alimentares, melhora na cadeia produtiva de arroz devido a implementação de novos limites máximos toleráveis a partir de 2013 (IBGE, 2020; BRASIL, 2013; CODEX, 2017), sendo oportuno reavaliar o risco da exposição da população brasileira ao As pelo consumo do arroz.

A avaliação de risco é um processo de base científica, que tem por objetivo estimar risco de exposição a um perigo (JARDIM e CALDAS, 2018).

Desta maneira, o objetivo do estudo foi realizar a avaliação de risco da exposição ao As-i pelo consumo dos diferentes tipos de arroz no Brasil na população geral, nos diferentes gêneros, na área de habitação e nas diferentes regiões demográficas, investigando o impacto da norma sanitária na ingestão do As para o arroz da população brasileira.

2 Metodologia

2.1 Níveis de contaminação de As-t e As-i em arroz

Os resultados de contaminação por As (As-t e As-i) em arroz analisados no Brasil foram obtidos por meio do download dos dados analíticos de identificação e determinação de As em arroz, originados a partir de programas de vigilância e monitoramento reportados pelo governo brasileiro à FAO/OMS e inseridos no banco de dados de acesso gratuito do *Global Environment Monitoring System* (GEMS/food) (VASCONCELOS NETO, 2019). Foi estabelecido o período a partir de Agosto de 2013, tendo como parâmetro a legislação RDC ANVISA Nº 42 de 29 de Agosto de 2013 (BRASIL, 2013).

Os dados foram agrupados por tipos de arroz: arroz total (branco e integral) e subdivididos mediante o processamento, arroz integral (descascado e descascado parboilizado) e arroz branco (parboilizado e polido). As amostras com valores expressos como zero, não detectados (ND) ou não quantificados (NQ) foram substituídos pela ½ dos respectivos limites de detecção e quantificação (EURO, 1995; VASCONCELOS NETO et al. 2021). Foi realizado uma análise descritiva e comparativa, onde foram estimados a média, desvio padrão, mediana e percentil 95, como também estabelecido a faixa de mínimo-máximo para análise dos níveis de contaminação. A análise estatística foi

realizada pelo Microsoft Excel 2010, por meio do teste “t de Student” entre os grupos (arroz integral e branco) e subgrupos de cada grupo, considerado significativo quando p<0,05.

2.2 Avaliação de risco pela exposição ao As-i pelo consumo de arroz no Brasil

A exposição foi estimada a partir da Equação 1.

$$\text{Exposição} = \sum \frac{(concentração\ da\ substância(\text{mg}.kg^{-1})\ x\ consumo\ do\ alimento\ (\text{kg}.dia^{-1}))}{massa\ corpórea\ (kg)}$$

Equação (1)

Foram considerados dois cenários de contaminação, onde para o otimista foi considerado a concentração média de contaminação, e para o pessimista os valores de contaminação obtidos no percentil 95 (95% dos níveis de ocorrência são iguais ou menores ao percentil 95), em virtude de um maior nível de ocorrência se comparado ao nível de contaminação médio. Uma vez que a toxicidade está relacionada ao As-i, os níveis de contaminação do As-t foram convertidos para As-i. Segundo o WHO, (2011) a proporção de As-i dentro dos níveis de As-t pode variar de 17% a 100%, onde utilizou-se a proporção de 70% (EFSA, 2009; WHO, 2011).

O consumo para os três grupos de consumidores, total (consumidores de arroz branco e integral), de arroz branco e arroz integral, foi estimado a partir da soma dos consumos estabelecidos para arroz branco, integral e preparações à base de arroz (preparações culinárias a base de arroz), descritos na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) realizada no período de 2017 a 2018 onde foram avaliados o perfil de consumo alimentar individual de 34003 brasileiros na faixa etária acima de 10 anos. (IBGE, 2020). Essa abordagem foi utilizada para

reduzir o efeito das limitações na estimativa de consumo para o arroz integral pela POF.

A ingestão de As-i foi estimada por sexo (masculino e feminino), local de habitação (rural e urbano) e regiões demográficas (norte, nordeste, sul, sudeste e centro-oeste). Para todas as estimativas de ingestão foi utilizada a massa corpórea de 60 kg, que confere um caráter ainda mais conservador na avaliação, mesmo que menos realista (WHO, 2011).

2.3 Caracterização do risco.

Para a caracterização do risco a exposição pelo As-i foi investigada a partir da abordagem da Margem de Exposição (MOE) (Equação 2), dada pela razão da dose de referência toxicológica $BMDL_{0,5\ de}$ 3 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ para o aumento de 0,5% da incidência de câncer de pulmão e a ingestão calculada (Equação 1) (VASCONCELOS NETO, 2021).

$$MOE = \frac{refência\ toxicológica\ (BMDL)(\mu g.kg^{-1}\ pc.dia^{-1})}{exposição\ (ingestão\ do\ contaminante)(\mu g.kg^{-1}\ pc.dia^{-1})} \quad \text{Equação (2)}$$

Valores de MOE inferiores a 1 podem ser um indicativo de preocupação de saúde pública, e este não pode ser negligenciado, valores entre 1 e 10 a magnitude do dano é baixa, mas o risco não pode ser desprezado, e valores acima 10 não caracterizam risco pela ingestão (ANDRADE, 2016; VASCONCELOS NETO, 2021).

3 Resultados e Discussão

3.1 Níveis de contaminação de As

Ao total foram extraídos 1697 resultados analíticos de As (As-t e As-i) em arroz in natura obtidos da região das Américas. Do total, 294 corresponderam às amostras analisadas no Brasil. Não foi possível identificar os métodos analíticos utilizados, contudo as análises foram realizadas em laboratório que possuíam sistema da qualidade informada (Teste de proficiência bem-sucedido). Os limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ) informados variaram de 0,0015 $mg.kg^{-1}$ a 2,5 $mg.kg^{-1}$ e 0,004 $mg.kg^{-1}$ a 8,4 $mg.kg^{-1}$, respectivamente. Para o arroz branco os LOD e LOQ variaram de 0,0015 $mg.kg^{-1}$ a 0,01 $mg.kg^{-1}$ e de 0,004 $mg.kg^{-1}$ a 0,04 $mg.kg^{-1}$ e para arroz integral variaram de 0,0015 $mg.kg^{-1}$ a 0,01 $mg.kg^{-1}$ e de 0,004 $mg.kg^{-1}$ a 0,04 $mg.kg^{-1}$. A proporção de amostras positivas foi superior a 79% (Tabela 1).

Os níveis médios de contaminação de As-t variaram de 0,093 $mg.kg^{-1}$ até 0,167 $mg.kg^{-1}$ nos diferentes tipos de arroz. Entre as amostras analisadas os níveis de As-t observados no 95 percentil variaram de 0,211 $mg.kg^{-1}$ a 0,284 $mg.kg^{-1}$, indicando que 95% das amostras apresentaram valores de até 0,284 $mg.kg^{-1}$. Nenhuma amostra de arroz branco e integral apresentou níveis de contaminação acima dos Limites Máximos Toleráveis (LMs) de 0,30 $mg.kg^{-1}$ vigentes e retrospectivos (BRASIL, 2013; BRASIL, 2021).

De maneira geral, os níveis de contaminação geral por As-t encontrados no presente estudo estão dentro da variação encontrada mundialmente. Foi descrito pela WHO (2011) uma variação mundial de 0,002 $mg.kg^{-1}$ a 1,83 $mg.kg^{-1}$ e por Chowdhury et al. (2020) uma variação de As-t de 0,055 $mg.kg^{-1}$ a 0,125 $mg.kg^{-1}$ para arroz em Calcutá (Índia).

Contudo, os níveis médios de contaminação para As-t (0,102 $mg.kg^{-1}$) observados neste estudo, foram menores que os obtidos em outras avaliações conduzidas no Brasil. Batista (2011) encontrou um nível médio de As-t de 0,223 $mg.kg^{-1}$ em amostras analisadas anteriormente a 2011. Todavia Durgante (2014), ao investigar amostras coletadas nos anos de 2013 e 2014, observou valores médios ainda maiores para As-t de 0,680 $mg.kg^{-1}$ a 0,820 $mg.kg^{-1}$ em diferentes tipos de arroz. Entretanto Santos et al. (2021) ao analisar amostras de diferentes regiões do Brasil coletadas de 2014 a 2019 encontrou uma média de As-t de 0,109 $mg.kg^{-1}$ para diferentes tipos de arroz, próximo aos níveis médios de As-t obtidos no presente estudo. Essa variação pode ter sido ocasionada por diversos fatores como o tipo de cultivar, a forma de cultivo, uso de agrotóxicos organoarsênicos, a água de irrigação e a região de cultivo (PAULELLI, 2015).

Ao investigar os níveis de As-t entre os diferentes tipos de arroz analisados arroz integral (0,124 $mg.kg^{-1}$) e arroz branco (0,098 $mg.kg^{-1}$), não foi percebida diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 1). Contudo diversos fatores podem ter interferido no resultado do teste de média entre o arroz branco e integral, como o quantitativo de amostras e a amostragem (amostras de vários lugares e métodos analíticos distintos).

Níveis distintos de As-t são esperados quando comparados às amostras de arroz integral e arroz branco, devido à permanência da camada que vai do pericarpo à aleurona no arroz integral e que é fonte de permanência do As, conforme relatado por Batista, 2012. Batista (2012) obteve valores superiores para As-t nas amostras de arroz branco (0,223 $mg.kg^{-1}$) e integral (0,348 $mg.kg^{-1}$) analisadas anteriormente a 2012. Os valores obtidos no presente estudo estão dentro da variação encontrada por Santos et al. (2021) de 0,004 a 0,288 mg kg^{-1}

(arroz branco), de 0,100 a 0,296 mg kg $^{-1}$ (arroz integral) e de 0,100 a 0,220 mg kg $^{-1}$ (arroz parboilizado). Se comparado a outro país, maiores níveis foram encontrados por Meharg et al. (2008) em arroz integral (0,610 mg.kg^{-1}) em Bangladesh.

Investigando o efeito da parboilização nas amostras analisadas neste estudo, não foi observado diferença significativa entre os níveis médios obtidos para As-t no arroz integral (descascado - 0,167 mg.kg^{-1} e descascado parboilizado - 0,112 mg.kg^{-1}). Contudo, para o arroz branco, uma diferença significativa foi observada entre os níveis obtidos para o arroz polido (0,093 mg.kg^{-1}) e arroz branco parboilizado (0,118 mg.kg^{-1}). Os valores obtidos neste estudo para o arroz branco foram menores, que os encontrados por Batista et al. (2011) 0,223 mg.kg^{-1} para arroz polido e 0,215 mg.kg^{-1} parboilizado.

A diferença observada nos níveis de contaminação em arroz (integral e branco) nos diferentes estudos conduzidos no Brasil pode estar associada tanto a variedade de arroz, local de origem, a safra do arroz, o beneficiamento e a qualidade da água utilizada no processo da parboilização (WHO, 2011; BRITES & LOURENÇO, 2014; CODEX, 2017; PAULELLI et al. 2019; KATO et al. 2019). A qualidade da água é tão relevante que de acordo com o Codex (2017) é de extrema importância realizar a comunicação da população em regiões onde há um alto teor de As nas águas, para que a mesma não seja utilizada durante o preparo do arroz. O processo de cozimento pode tanto elevar ou reduzir os níveis de As, dependendo da qualidade da água que for utilizada, caso seja usada uma água contaminada com As, os níveis podem se elevar pela absorção desse contaminante. Entretanto se o arroz for cozido com excesso de água não contaminada com As e esta for posteriormente descartada, o nível pode ser

reduzido (CODEX, 2017), sendo que essa não é uma prática comum no Brasil (GUIMARÃES, 2015). Ainda, segundo Brites & Lourenço (2014) a diferença entre os diferentes tipos de arroz pode ser resultado da qualidade da água utilizada no processo de parboilização do arroz, que poderá aumentar o teor de As, assim como do contrário poderá diminuir a concentração de As no arroz por lixiviação.

Ao investigar os níveis de contaminação em arroz obtidos em diferentes regiões demográficas no Brasil, Batista et al. (2011) encontrou níveis médios de contaminação maiores em grão originários da região sul (0,215 $mg.kg^{-1}$), o que também foi relatado por Kato et al. (2019) onde os níveis variaram de 0,020 $mg.kg^{-1}$ a 0,630 $mg.kg^{-1}$, o que poderia estar associado ao sistema irrigado inundado. Já Paulelli et al. (2019) percebeu diferença entre os níveis de contaminação nas diferentes variedades de arroz cultivados em solos com baixo e alto teor de As.

Tabela 1. Níveis estimados de contaminação de As-t para os diferentes grupos e subgrupos de arroz a partir dos dados extraídos do GEMS/Food.

Níveis de contaminação As-t ($mg.kg^{-1}$**)**						
Categorias de arroz	Total de amostras/ positivas	M	P 95%	Mín-Máx	Med	DP
1.Total	224/184 (82%)	0,102	0,229	$7,5\times10^{-4}$ - 0,296	0,100	0,070
1.1. Integral	31/25 (81%)	$0,124_{A}$	0,275	5×10^{-3} - 0,296	0,110	0,088
Descascado	7/6 (86%)	$0,167_{\alpha}$	0,247	5×10^{-3} - 0,261	0,200	0,085
Desc. Parboil.	24/20 (83%)	$0,112_{\alpha}$	0,284	5×10^{-3} - 0,296	0,110	0,087
1.2. Branco	193/159 (82%)	$0,098_{A}$	0,218	$7,5\times10^{-4}$ - 0,288	0,096	0,067
Parboilizado	42/40 (95%)	$0,118_{a}$	0,219	$7,5\times10^{-4}$ - 0,268	0,111	0,060
Polido	151/119 (79%)	$0,093_{b}$	0,211	$7,5\times10^{-4}$ - 0,288	0,090	0,067
2. NE*	70/70 (100%)	0,122	0,300	0,028-0,452	0,093	0,092

Desc. Parboil.: descascado parboilizado; P 95%: percentil 95; M: média; med: mediana; DP: desvio padrão; médias acompanhadas de letras iguais ou de letras gregas :os níveis médios de contaminação não diferem entre si pelo teste t de Student a 95 % de significância; as categorias de arroz em cinza claro são os grupos de arroz especificados (total, integral e branco) e as categorias em branco são os subgrupos; *NE: categoria

de arroz em cinza escuro referente ao grupo de arroz ao qual o tipo de arroz não foi especificado no banco de dados, onde 50 amostras eram de As-i e 20 amostras eram de As-t.

Ainda foram identificadas 70 amostras de arroz sem a clara identificação (não especificado), cujos níveis médios de contaminação para As-t variam de 0,028 $mg.kg^{-1}$ a 0,452 $mg.kg^{-1}$. Dentre essas amostras 50 eram de As-i que foram convertidas para As-t pela proporção de 70% (WHO, 2011).

Do total de amostras analisadas, 4 amostras (arroz não especificados) apresentaram valores acima dos LMs (0,30 $mg.kg^{-1}$) estabelecidos no regulamento sanitário vigente no Brasil (BRASIL, 2013). Uma vez desconsideradas as amostras com níveis de contaminação acima do LMs foi observada uma redução de 13,57% (0,106 $mg.kg^{-1}$) no teor médio de As-t no arroz NE.

O estudo também permitiu investigar o comportamento da contaminação ao longo dos anos, apesar dos níveis totais de contaminação em arroz nos diferentes períodos ainda serem menores do que os LMs (0,30 $mg.kg^{-1}$), foi observado um aumento gradativo, tendo uma elevação de quase 100 % de 2014 a 2017. Seguindo essa tendência, foi realizada uma regressão linear dos dados de ocorrência ($y = 0,02088x - 41,99$, $R^2 = 0,9620$), tendo sido observado que em 2026 o nível de contaminação será, de acordo com essa tendência, de 0,313 $mg.kg^{-1}$, ultrapassando dessa forma o LMs permitido pela legislação brasileira. Os níveis de contaminação podem também ser influenciados por vários fatores como o tipo de cultivar, forma de cultivo e beneficiamento (WHO, 2011; PAULELLI et al. 2019; CHOWDHURY et al. 2020). Dessa maneira, medidas devem ser tomadas para que o LMs permitido pela legislação brasileira não seja ultrapassado, como a utilização de cultivares que absorvam menos As do solo (PAULELLI et al. 2019). Segundo a Conab (2018), a safra 2015/16 sofreu uma redução de produtividade, devido ao fenômeno El niño, o que levou ao país a um aumento de importação principalmente do Paraguai e Uruguai, correspondendo a volume 1,4 milhões abaixo do volume da produção nacional, o que parece estar relacionado ao aumento observado entre 2014 e os anos de 2015/2017, não foram encontrados na literatura níveis de contaminação para arroz do Paraguai e Uruguai.

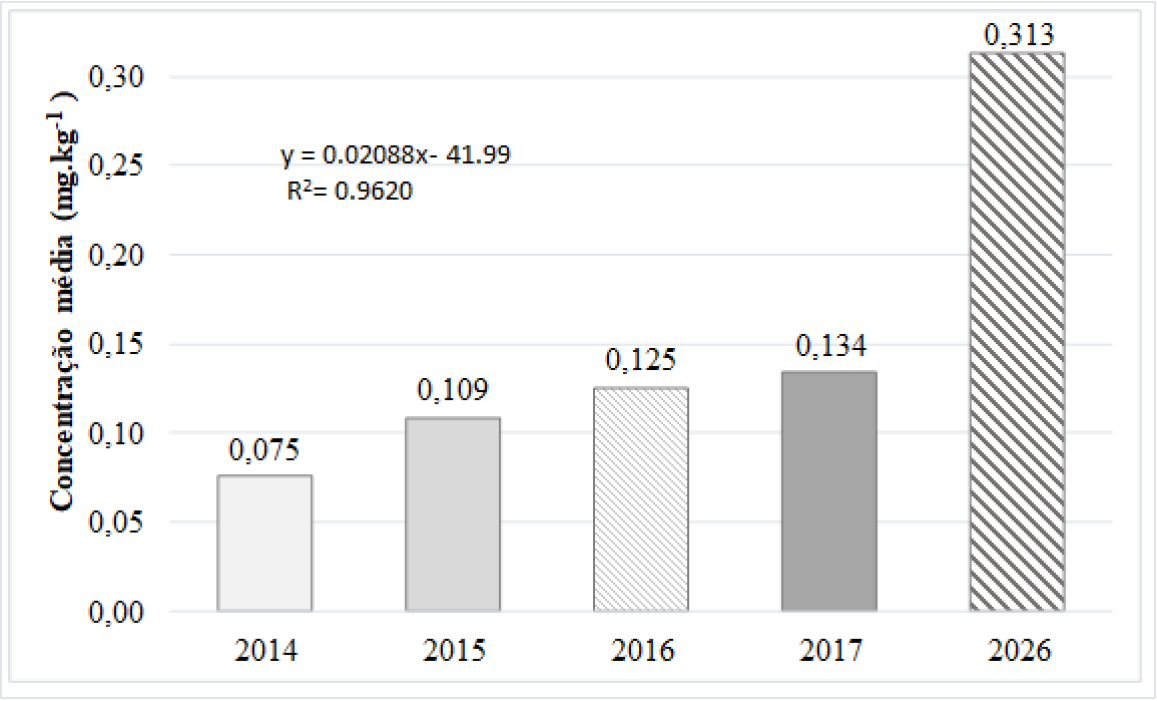

Figura 1. Gráfico da variação dos níveis médios de As-t de acordo com o ano, estimado a partir das 224 amostras analisadas no Brasil que foram extraídas e haviam sido reportadas ao banco de dados do GEMs/Food do período de 29 de Agosto de 2013 à 31 de Dezembro de 2020, com exceção do ano de 2026, onde o nível médio foi determinado pela equação linear da ocorrência ao longo dos anos.

3.2 Avaliação da exposição – Ingestão de As-i

A ingestão de As-i pela população total foi de 0,161 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ no cenário otimista e 0,357 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ no cenário pessimista. No presente estudo a exposição foi maior do que a observada por Ciminelli et al. (2017), que não detalhou o tipo de arroz, e encontrou uma ingestão de 0,0829 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ de As-i. A ingestão estimada neste estudo e em outros conduzidos no Brasil e por diferentes países encontra-se apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa dos níveis de ingestão de As-i em $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ por diferentes países.

País	Alimento	Cenário de exposição ($\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$)		Referência
		Cenário otimista (exposição média)	Cenário pessimista (exposição no percentil)	
Brasil[a]	arroz	0,161 (adulto)	0,357 (95 percentil)	Este estudo
Brasil	arroz	0,0829 (adulto)	-	CIMINELLI et al. (2017)
Brasil	arroz	0,59 (adulto)	-	FAO et al. (2019)
Brasil	arroz	-	0,0007 - 0,112 (P97,5 percentil)	SANTOS et al. (2021)
Bangladesh	tudo	1,68 - 3 (adulto)	-	WHO, 2011
Bangladesh	arroz	2,1 (áreas rurais) e 1,6 (áreas urbanas)	-	AHMED et al. (2016)
Canadá TDS	tudo	0,29 (tudo)	-	WHO, 2011
China, Espanha e Reino Unido.	alimentos infantis	1,56 (dieta com glúten) – 26,2 (dieta sem glúten) (bebês)	-	Carbonell-Barrachina A. A. et al. 2012
Chile [c]	tudo	2,08 - 21,48 (adulto)	-	WHO, 2011
China TDS*	tudo	0,24 - 0,76 (adulto)	-	WHO, 2011
China, Taiwan	arroz e inhame	0,90 (adulto)	-	WHO, 2011
Colômbia	arroz	0,010 - 0,365 (feminino); 0,09 - 0,249 (masculino)	-	GONZÁLEZ e ORJUELA (2020)
Europa (EFSA)[b]	tudo	0,21 - 0,61 (adulto)	0,36 - 0,99 adulto (P95 percentil)	WHO, 2011
Europa	arroz	0,03 - 0,07 (LB)	0,08 - 0,15 (UB)	ARCELLA et al. 2016
EUA	grão de arroz e cereal	0,060 - 0,094	-	FDA, 2016
França TDS	tudo	0,10 (adulto)	-	WHO, 2011
Japão (TDS)	tudo	0,36 - 0,46 (adulto)	0,83 - 1,29 (adulto) (P95 percentil)	WHO, 2011
USA TDS, outros estudos	tudo	0,08 - 0,20 (adulto)	-	WHO, 2011
Reino Unido	arroz	0,023 (adulto) a 0,220 (crianças de 1 ano)	-	MENON et al. 2020

a: Níveis estimado neste trabalho; b: diferentes cenários usando fator de conversão e incluindo água para consumo humano; *TDS: total diet study (estudo da dieta total).

Na Colômbia foram encontrados por González e Orjuela (2020) uma variação de ingestão de 0,010 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ a 0,365 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ (gênero feminino) e 0,009 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ a 0,249 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ (gênero masculino) de As-i, observando maior exposição do gênero feminino que o gênero masculino, o mesmo não foi observado no presente estudo, onde foi percebido que o homem está mais exposto do que a mulher (Tabela 3). A área rural apresentou maior ingestão (0,427 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ e 0,946 $\mu g.kg^{-1}$ $pc.dia^{-1}$ no cenário otimista

e pessimista, respectivamente. Se comparado a urbana (0,351 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1} e 0,757 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1}), os valores no presente estudo foram menores que os encontrados em Bangladesh por Ahmed et al. (2016) de 2,1μg.kg^{-1} pc.dia^{-1} para área rural e 1,6 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1} para a urbana, entretanto também foi observada uma maior exposição para a área rural. Essa diferença pode ser justificada devido aos diferentes hábitos alimentares prevalentes em cada área, visto que na rural tem-se a prevalência do consumo de alimentos minimamente processados, como o arroz (PAULA COSTA et al. 2020).

De maneira geral, é esperado que a exposição para o arroz integral seja maior que a ocasionada pelo arroz branco (WHO, 2011). Isso é esperado pois os maiores níveis de contaminação no arroz integral são devido a permanência da camada que concentra o As e que vai do pericarpo à aleurona, conforme descrito por Batista (2012). A ingestão estimada para os consumidores de arroz integral (população geral) foi de 0,202 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1}e 0,448 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1} nos cenários otimistas e pessimistas respectivamente. As maiores ingestões de As foram observadas na região Centro-Oeste (0,483 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1} e 1,069 μg.kg^{-1} pc.dia^{-1}) em ambos os cenários. A região Centro-Oeste é a região que possui maior consumo, um dos fatores que podem ter resultado nas maiores ingestões. Em contrapartida, a região Sul apesar de ser a região do Brasil de maior produção (CONAB, 2015) foi a região com a menor exposição, impactada pelo menor consumo per capita. A legislação brasileira utiliza a análise do grão cru no controle de qualidade, visto que a lavagem e o cozimento durante o preparo, podem interferir na concentração final de As (GUIMARÃES,

2015). Dessa forma a ingestão estimada, poderá sofrer variação se considerada o impacto do preparado.

Tabela 3. Ingestão de As na população brasileira em geral e por gênero (masculino e feminino), área de habitação (urbana e rural) e regiões demográficas (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e centro-oeste) em um cenário otimista e pessimista.

População	Ingestão (µg/kg de massa corpórea por dia)					
	Cenário Otimista			Cenário Pessimista		
	Grupos de consumidores de arroz					
	Total	**Integral**	**Branco**	**Total**	**Integral**	**Branco**
	População geral e gênero			**População geral e gênero**		
Geral	0,161	0,202	0,160	0,357	0,448	0,355
Homens	0,191	0,240	0,190	0,424	0,532	0,421
Mulheres	0,133	0,167	0,132	0,295	0,370	0,293
	Área de habitação			**Área de habitação**		
Urbana	0,156	,0,196	0,155	0,346	0,434	0,344
Rural	0,189	0,238	0,189	0,419	0,528	0,418
	Região			**Região**		
Norte	0,159	0,199	0,158	0,352	0,441	0,349
Nordeste	0,167	0,210	0,166	0,370	0,465	0,368
Sudeste	0,156	0,196	0,155	0,347	0,435	0,344
Sul	0,137	0,172	0,136	0,303	0,380	0,301
Centro-Oeste	0,214	0,269	0,213	0,475	0,597	0,472

Cenário otimista: estimado com as médias de contaminação; cenário pessimista estimado com percentil 95; total: arroz total, considerando todos os dados extraídos do banco de dados do GEMs/Food.

3.3 Caracterização do Risco

Em um contexto geral, a partir dos valores estimados para a MOE, a magnitude do risco de aumento de 0,5% da incidência de câncer de pulmão é baixa, sobretudo no cenário mais pessimista (Tabela 4). Entre os gêneros foi observada maior gravidade para o gênero masculino, apesar da melhora de cenários se comparado a outros estudos. Fão et al. (2019) utilizando dados de consumo da POF 2008/2009, encontrou valores de MOE que variaram de 4 a 6 (população geral, gênero, regiões demográficas e faixa etária), obtendo também maior gravidade para o gênero masculino. Contudo o consumo considerado por

Fão et al. (2019) (IBGE, 2011), foi maior que o consumo utilizado pelo presente estudo (IBGE, 2020).

A partir dos cenários teóricos: população total (consumidores de arroz integral e branco), consumidores de arroz integral e consumidores de arroz branco, foi observado menores valores para MOE, ou seja, maior risco de exposição ao As-i pelos consumidores do arroz integral. Ao avaliar a área de habitação é possível observar maior impacto na exposição na área rural. Em relação a região demográfica a que apresentou maior relevância foi a região Centro-Oeste e menor para a região Sul, que foi semelhante ao relatado por Fão et al. (2019).

Tabela 4. Caracterização do risco de exposição ao As pelo consumo do arroz através da Margem de Exposição (MOE) baseado no aumento de câncer de pulmão.

População	**MOE**					
	Cenário Otimista			**Cenário Pessimista**		
	Grupos de consumidores de arroz					
	Total	**Integral**	**Branco**	**Total**	**Integral**	**Branco**
	População geral e gênero			**População geral e gênero**		
Geral	19	18	19	8	7	8
Homens	16	12	16	7	6	7
Mulheres	23	15	23	10	8	10
	Área de habitação			**Área de habitação**		
Urbana	19	15	19	9	7	9
Rural	16	13	16	7	6	7
	Região			**Região**		
Norte	19	15	19	9	7	9
Nordeste	18	14	18	8	6	8
Sudeste	19	15	19	9	7	9
Sul	22	17	22	10	8	10
Centro-oeste	14	11	14	6	5	6

A MOE foi calculada dividindo a $BMDL_{0,5}$ de 3,0 µg/kg de massa corpórea por dia pela ingestão de As calculada no cenário otimista com a média e no cenário pessimista com o percentil 95.

Contudo o cenário da MOE pode variar se modificados os fatores que interferem nos níveis de contaminação (PAULELLI, 2015) e hábitos de consumo

(CARBONELL-BARRACHINA, et al. 2012). Considerando o nível teórico de contaminação (0,313 $mg.kg^{-1}$) estimado para o ano de 2026, a partir da regressão linear estabelecida neste estudo, a MOE para a população geral no cenário otimista seria de 6, tornando o cenário mais crítico.

Por outro lado se considerado o impacto do hábito de preparo do arroz nos níveis de As, segundo Chowdhury et al. (2020) foi percebida uma diminuição da contaminação por As em arroz cozido de 34-89% para arroz polido e 23-84% para parboilizado, reduzindo portanto a ingestão de As pelo arroz. Já de acordo com Guimarães (2015), dependendo do tipo de cultivar durante o preparo do arroz, o processo de lavagem antes do cozimento pode reduzir a concentração de As de 3 a 11%.

Portanto se considerado a influência do fator preparo na ingestão de As a partir do uso de uma água com qualidade aceitável, seria possível inferir que os valores para MOE seriam ainda menos preocupantes, no cenário pessimista, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Avaliação do impacto do fator de preparação do arroz na estimativa da MOE para população geral, gênero masculino e feminino, no cenário pessimista, considerando a redução teórica de 3% a 89% dos níveis de As em arroz pós preparo.

Margem de exposição (MOE)						
Sem aplicação do fator de preparo				Aplicado o fator de preparo 3% -89%		
Consumidores de arroz						
	Total	Integral	Branco	Total	Integral	Branco
Geral	8	7	8	8 - 15	7 - 13	8 - 15
Homens	7	6	7	7 - 13	6 - 11	7 - 13
Mulheres	10	8	10	10 - 19	8 -15	10 -19

4 Conclusão

O risco de aumento de 0,5% da incidência de câncer foi considerado baixo no cenário pessimista. No entanto, observada a variabilidade entre as

estimativas da MOE é possível inferir que o risco pela exposição ao As-i pelo consumo de arroz poderá sofrer alteração se considerados a forma de preparo e modificados os níveis de contaminação pelo As-i ou modificada a participação do arroz na dieta brasileira.

No entanto é importante pensar que existem outras fontes possíveis de exposição ao As-i pela dieta não investigadas, como os peixes, água para consumo humano e os produtos à base de arroz (por exemplo: macarrão, biscoitos e produtos de panificação), podendo interferir no cenário de risco, sobretudo em regiões expostas a maior contaminação por As. Desta maneira deve ser estimulada a implementação de práticas capazes de impactar nos níveis de contaminação, como por exemplo a adoção de boas práticas agrícolas e o controle na cadeia produtora de arroz uma vez que este é um alimento consumido diariamente pela maioria dos brasileiros.

5 Referências

AHMED, M. K., SHAHEEN, N., ISLAM, M. S., HABIBULLAH-AL-MAMUN, M., ISLAM, S., ISLAM, M. M., KUNDU, G. K., BHATTACHARJEE, L. 2016. A comprehensive assessment of arsenic in commonly consumed foodstuffs to evaluate the potential health risk in Bangladesh. Science of the Total Environment; vol. 544: p. 125-133. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.133.

ANDRADE, P. D. 2016. Micotoxinas em Cereais e Seus Produtos: Desenvolvimento de método analítico e Avaliação do Risco da Exposição na Dieta [Tese]. Brasília, (DF): Universidade de Brasília.

ARCELLA, D., CASCIO, C., RUIZ, J. A. G. 2020. Chronic dietary exposure in inorganic arsenic. European Food Safety Authority (EFSA). Disponível em: https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2021.6380. Acesso em: 05 de Maio 2021.

BATISTA, B. L. 2012. Desenvolvimento de métodos rápidos de preparo de amostras para especiação química de arsênio em alimentos por LC-ICP-MS e avaliação das concentrações e do metabolismo em arroz [Tese] Ribeiração preto (Sp): Universidade de São Paulo.

BATISTA, B. L., SOUZA, J. M. O., SOUZA, S. S., BARBOSA Jr, F. 2011. Speciation of arsenic in rice and estimation of daily intake of different arsenic species by Brazilians through rice consumption. Journal of Hazardous Materiales. p. 342-348, 2011. DOI:10.1016/j.jhazmat.2011.04.087.

BRASIL. 2013. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 42, de 29 de Agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Disponível em:<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html> Acessado em: 18 de Julho 2020.

BRASIL. 2021. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 487, de 26 de Março de 2021. Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em

alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5780314/RDC_487_2021_.pdf/bc2a64ea-2426-4f82-9a07-8031ce13f4df. Acessado em: 11 de Maio de 2020.

BRITES. C e LOURENÇO. D. 2014. Arroz, um alimento saudável: Benefícios, riscos e mecanismos de promoção nutricional. Vida rural, p. 40-42.

CASTILHOS, Z. C, CAPITANI, E. M., JESUS, I. M., BIDONE, E. D., MELLO, W. Z., LIMA, M. O., FAIAL, K. R. F., MATAVELI, L. R. V., ARAUZ, L. J., SILVA, L. I. D., FERREIRA, A. P.,TÁVORA, R. S., MERTENS, F. 2020. Avaliação da Contaminação Ambiental por Arsênio e Estudo Epidemiológico da Exposição Humana em Paracatu-MG – Brasil. Technological and Environmental Science;

vol. 9, n.1. p. 186-12. DOI: http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i1.p186-12.

CARBONELL-BARRACHINA, A. A., RAMÍREZ-GANDOLFO, A., WU, X., NORTON, G. J., BURLÓ, F., DEACON, C., MEHARG, A. A. 2012. Essential and toxic elements in infant foods from Spain, UK, China and USA. 2012. Journal of Environmental Monitoring.14: 2447, 2012.Disponível em:<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/EM/c2em30379e#!divAbstract>. Acesso em: 15 de Mar. 2021. DOI: 10.1039/c2em30379e.

CIMINELLI.V.S.T., GASPARON, M., Ng, J. C., SILVA, G. C., CALDEIRA, C. L. 2017. Dietary arsenic exposure in Brazil: The contribution of rice and beans. 2017. Chemosphere, vol.168, p.996-1003. Disponível em: <Dietary arsenic exposure in Brazil: The contribution of rice and beans - ScienceDirect> Acesso em: 11 de Mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.111.

CHOWDHURY, N. R., DAS, A., JOARDAR, M., DE, A., MRIDHA, D., DAS, R., RAHMAN, M. M., Roychowdhury, T. 2021. Flow of arsenic between rice grain and water: Its interaction, accumulation and distribution in different fractions of cooked rice. 2021 . Science of The Total Environment. vol. 731. p.138937. 2020. Disponível em :< Flow of arsenic between rice grain and water: Its interaction, accumulation and distribution in different fractions of cooked rice - ScienceDirect>. Acesso em 23 Mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138937.

CODEX. Codex alimentarius (WHO/FAO). 2017. Code of practice for the prevention and reduction of arsenic contamination in rice.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 2015. A cultura do arroz. 180 p. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Bianca/Downloads/2015_-_A_Cultura_do_Arroz%20(3).pdf>. Acesso em: 01 Mar. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Análise Mensal: Novembro. Brasília: CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-arroz?start=10>. Acesso em: 01 mar. 2021.

DURGANTE, J. 2014. Arsênio em arroz comercial: um potencial risco à saúde

humana [Trabalho de conclusão de curso]. Porto Alegre, (RS): Universidade Federal do Rio Grande Do Sul.

EFSA. European Food Safety Authority. 2009. Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), disponivel em: https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1351/ Acesso: 14 de mar. 2021.

FÃO, N., NASCIMENTO, S., LA CRUZ, A. H., CALDERON, D., ROCHA, R., SAINT'PIERRE, T., GIODA, A., THIESEN, F. V., BRUCKER, N., EMANUELLI, T., GARCIA, S. C. 2019. Estimation of total arsenic contamination and exposure in Brazilian rice and infant cereals. Drug and Chemical Toxicology. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/01480545.2019.1591435?scroll=top>. Acesso em: 06 de Abr. 2021. DOI:

10.1080/01480545.2019.1591435.GEMS/Food-EURO. Second Workshop on Reliable Evaluation of Low-Level Contamination of Food. 1995. Disponivel em: <http://toolbox.foodcomp.info/References/LOD/GEMS-Food-EURO%20%20-%20%20Reliable%20Evaluation%20of%20Low-Level%20Contamination%20of%20Food.pdf>. Acesso em: 31 de Fev. de 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2011. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Arroz. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/Abertura.html>. Acesso em: 31 de Mar. 2021.

GONZÁLES. S. D e ORJUELA. J. H. 2020. Metodología para el análisis de riesgo por exposición a arsénico, cadmio y plomo por consumo de arroz en Colombia. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de los Andes.

GUIMARÃES, N.C. 2015. Influência da cultivar de arroz (Oryza sativa L.) no fracionamento de elementos tóxicos (As e Cd) durante o preparo culinário usual. [Monografia]. Brasília, (DF): Universidade de Brasília.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Pesquisa de Orçamentos familiares. Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Coordenação de Trabalho e Rendimento.- Rio de Janeiro: IBGE, p.120.

JARDIM, A. N. O; CALDAS, E. D. 2009. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos à saúde. Quim. Nova, vol. 32 (7), p. 1898-1909.

KATO, L. S., FERNANDES, E. A. N., RAAB, A., BACCHI, M. A., FELDMANN, J. 2019. Arsenic and cadmium contents in Brazilian rice from different origins can vary more than more than two orders of magnitude. Food Chemistry, vol. 286, p. 644-650,ISSN 0308-8146. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.043.

LAPARRA, J. M, VÉLEZ, D., BARBERÁ, R., FARRÉ, R., MONTORO, R.. Bioavailability of Inorganic Arsenic in Cooked Rice: Practical Aspects for Human Health Risk Assessments. 2005. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005, vol. 53, p. 8829−8833. DOI: 10.1021/jf051365b.

MA, G. F., YAMAJI, N., MITANI, N., XU, X., SU, Y., MCGRATH, S. P.,

ZHAO, F.2008. Transporters of arsenite in rice and their role in arsenic accumulation in rice grain. Agricultural sciences, vol. 105 (29), 2008. DOI: www.pnas.orgcgidoi10.1073pnas.0802361105.

MEHARG, A. A., LOMBI, E., WILLIAMS, P. N., SCHECKEL, K. G., FELDMANN, J., RAAB, A.; ZHU, Y. G., ISLAM, R.2008. Speciation and localization of arsenic in white and brown rice grains. Environ. Sci. Technol. Vol 42, p.1051–1057. Doi: 10.1021/es702212p.

MENDES, L. A. 2012. Avaliação da exposição da população de Passagem de Mariana (MG) aos elementos-traço, com ênfase ao arsênio. [Dissertação]. Ouro Preto (MG): Universidade Federal de Ouro Preto.

MENON, M., SARKAR, B., HUFTON, J., REYNOLDS, C., REINA, S. V., YOUNG, S. 2020. Do arsenic levels in rice pose a health risk to the UK

population? Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol 197. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110601.

MORALES & MURILLO. 2015. Consumo de Arsénico y riesgo cardiovascular, Medicina Legal de Costa Rica. Costa Rica. vol.32 (1).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2011. Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 20 de Mar. 2021.

ODEPA. Oficina de estudios y políticas agrarias. 2018. Estudios sobre la sustentabilidad del arroz en Chile: Emiciones GEI, inocuidad y resistencia a herbicidas. Disponivel em: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/presentacionIniaGei20181206.pdf> . Acesso em: 21 de Mar. 2021.

PAULA COSTA, D. V., LOPES, M. S., MENDONÇA, R. D., MALTA, D. C., FREITAS, P. P., LOPES, A. C. S. 2020. Diferenças no consumo alimentar nas áreas urbanas e rurais do brasil: Pesquisa nacional de saúde. Ciência & Saúde Coletiva. [Periódico na internet] Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/diferencas-no-consumo-alimentar-nas-areas-urbanas-e-rurais-do-brasil-pesquisa-nacional-de-saude/17486?id=17486. Acesso em: 01 Mar. 2021.

PAULELLI, A. C. C. 2015. Avaliação da captação e acúmulo de arsênio em diferentes cultivares de arroz do Brasil [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto (SP): Universidade de São Paulo.

PAULELLI, A. C. C., MARTINS Jr, A. C., BATISTA, B. L., BARBOSA Jr, B. 2019. Evaluation of uptake, translocation, and accumulation of arsenic species by six different Brazilian rice (Oryza sativa L.) cultivars. Ecotoxicology and Environmental Safety. vol. 169. p. 376-382. Disponível em: <Evaluation of uptake, translocation, and accumulation of arsenic species by six different Brazilian rice (Oryza sativa L.) cultivars - ScienceDirect>. Acesso em: 10 de Mar. de 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.025.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimento. 2011. Universidade Estadual de Campinas. 4. ed. rev. e ampl.161 p. Campinas. Disponível em: <https://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e

_revisada.pdf>. Acesso em: 04 de Abr. de 2021.

VASCONCELOS NETO, M. C., SILVA, T. B. C., ARAÚJO, V. E., SOUZA, S. V. C. 2019. Lead contamination in food consumed and produced in Brazil: Systematic review and meta-analysis. Food Research International. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108671.

VASCONCELOS NETO, M. C., QUINTAL, A. P. N., PORTO, L. B. G., SOUZA, S. V. C. 2021. Lead in Brazilian, food: Exposure assessement and risk characterization. Food Additives & Contaminants: Part A. DOI: 10.1080/19440049.2020.1852321.

WHO. World Health Organization. 2018. Arsenic. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>. Acesso em: 21 Ago. 2020.

WHO. World Health Organization. 2011. Seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) – Safety evaluation of certain contaminants in food. Disponível em: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1863>. Acesso em: 21 de Ago. 2020.

WHO. World Health Organization. 2011.Evaluation of certain contaminants in food. *World Health Organization Technical Report Series*, (959). Disponível: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44514/WHO_TRS_959_eng.pdf;jsessionid=224EE80E988F189399934DEA8E475813?sequence=1. Acesso em 01 de abril de 2021.

AVALIAÇÃO DE RISCO DA EXPOSIÇÃO AO ARSÊNIO INORGÂNICO PELO CONSUMO DOS DIFERENTES TIPOS DE ARROZ PELA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto[a,i], Constanza Catarina Cid Bustamante [a,ii], Milton Cabral de Vasconcelos Neto[b,iii], Aureliano Claret da Cunha[a,iv].

[a]*Departamento de Alimentos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil;*

[b] *Fudação Ezequiel Dias (FUNED), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

[i]bianca.goncalves@auluno.ufop.edu.br; [ii] constanza.bustamante@aluno.ufop.edu.br; [iii] milton.cabral@funed.mg.gov.br; [iv] aureliano.cunha@ufop.edu.br.

Manuscrito formato segundo normas da revista Food Additives & Contaminants: Part A (https://www.tandfonline.com/toc/tfac20/current).

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRICAO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Bianca Christina Gonçalves Mol Peixoto
Constanza Catarina Cid Bustamante

Avaliação de risco da exposição ao arsênio inorgânico pelo consumo dos diferentes tipos de arroz pela população brasileira

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 20 de abril de 2021

Membros da banca

Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Maurício Henriques Louzada Silva - Instituto Federal Sudeste - MG, Campus Rio Pomba
Profa. Dra. Emanueli do Nascimento da Silva - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Milton Cabral Vasconcelos neto - Co-Orientador - Fundação Ezequiel Dias - BH - MG

Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/08/2021

Documento assinado eletronicamente por **Aureliano Claret da Cunha**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/08/2021, às 23:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0203256** e o código CRC **1E8F97A7**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591844 - www.ufop.br