

PRÊMIO  
JOVEM  
CIENTISTA



LIVRO DE  
PESQUISAS



# PRÊMIO JOVEM CIENTISTA



## LIVRO DE PESQUISAS

INICIATIVA



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

PATROCÍNIO



BG BRASIL



PARCERIA



## CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq)

### **Presidente**

Hernan Chaimovich Guralnik

### **Diretores**

Glenda Mezarobba

Luiz Alberto de Freitas Brandão Horta Barbosa

Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Marcelo Marcos Morales

### **Serviço de Prêmios**

Altino Lisboa

## GERDAU

### **Diretor-Presidente (CEO)**

André B. Gerdau Johannpeter

### **Presidente do Conselho do Instituto Gerdau**

Klaus Gerdau Johannpeter

### **Vice-Presidente do Conselho do Instituto Gerdau**

Beatriz Gerdau Johannpeter

### **Diretor Corporativo de Assuntos Institucionais, Comunicação e Responsabilidade Social**

Renato Gasparetto Junior

## BG BRASIL

### **CEO BG América Latina**

Nelson Silva

### **Vice-Presidente de Assuntos Corporativos**

Paulo Macedo

### **Líder de Investimento Social**

Pâmella De-Cnop

### **Diretora de Comunicação**

Alessandra Fonseca

## FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

### **Presidente**

José Roberto Marinho

### **Secretário-Geral**

Hugo Barreto

### **Superintendente Executivo**

Nelson Savioli

### **Gerente de Desenvolvimento Institucional**

Flávia Constant

### **Gerente de Meio Ambiente**

Andrea Margit

### **Analista de Projetos**

Vanessa Ronchi



# ÍNDICE

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>CATEGORIA MESTRE E DOUTOR</b>	<b>8</b>
<b>CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO SUPERIOR</b>	<b>112</b>
<b>CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO</b>	<b>175</b>
<b>COMISSÕES JULGADORAS</b>	<b>207</b>
<b>PARCEIROS</b>	<b>210</b>

ALIMENTOS

AGRICULTURA FAMILIAR  
AGRICULTURA  
ALIMENTAÇÃO

PNAE

RIO DE JANEIRO

CEARÁ

PARÁ

PESCADO

SÃO PAULO AGRICULTURA

ALIMENTAÇÃO

OKAR

AGRICULT

DETE

INTRODUÇÃO

MINAS GERAIS NUTRIÇÃO AGRICULTURA FAMI

FITOESTERÓIS

COGNIÇÃO

RIO GRANDE DO SUL

BIOSSENSOR

SÃO PAULO LEIT

PESCADO

SANTA CATARINA

CASTANHA-DO-BRASIL

INOVAÇÃO

RIO GRANDE DO SUL

AGRICULTURA URBA

INOVAÇÃO

ALIMENTOS

AGRICULTURA FAMILIAR

AGRICULTURA

PNAE

PESCADO

SÃO PAULO AGRICULTURA SÃO

OKARA

ALI

PARÁ

AGRICULTURA FA

DETECT

## Segurança Alimentar e Nutricional

Somos – todos – o que comemos. Mas nem sempre sabemos de onde vêm os alimentos que nos tornam o que somos. Ou se tais alimentos continuarão disponíveis, de forma adequada e regular, garantindo nossa saúde e bem-estar.

Este tema ultrapassa, em muito, a necessária produção de grãos, frutos, hortaliças, legumes e proteínas animais. Vai além da preocupação com a quantidade e a qualidade dos alimentos. Inclui todo um processo que vai da produção ao armazenamento, transporte, redução de riscos de contaminação química ou biológica, processamento, embalagem e rotulagem. Estende-se pelo terreno da cultura, das múltiplas maneiras de aproveitamento e reaproveitamento, da nutrição, da sustentabilidade, do comércio justo, das alternativas funcionais, orgânicas, comunitárias, e da possibilidade de aliar o conhecimento tradicional às tecnologias de ponta, misturando a receita da vovó com pesquisas científicas, o saber empírico com análises, avaliações, testes, ensaios e experimentações realizados nos mais avançados laboratórios do mundo.

Assim, ao discutir o tema **Segurança Alimentar e Nutricional**, a 28ª edição do Prêmio Jovem Cientista não estimulou apenas a elaboração de projetos e a criatividade de estudantes do ensino médio, do ensino superior e de mestres e doutores. Incentivou também a inovação em campos essenciais da produção científica, com resultados que interessam a toda a sociedade brasileira. É justamente este o propósito do prêmio, desenvolvido desde 1981 pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em parceria com a Fundação Roberto Marinho, tendo como patrocinadores a Gerdau e a BG Brasil.

Os nove premiados, aqui celebrados, revelam talento para fazer uma ciência voltada para o bem comum. Seus projetos indicam novos caminhos para a produção de alimentos mais acessíveis, seguros e sustentáveis; para a racionalização de sistemas de produção agrícola; para o monitoramento da qualidade de alimentos perecíveis e para a modificação de alimentos visando ora acrescentar vitaminas e proteínas, ora retirar substâncias tóxicas e causadoras de alergias, sem perder sabor, consistência ou qualidade.

Os vários jovens pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Escola Estadual de Educação Profissional Joaquim Nogueira, de Fortaleza (CE), também mereceram destaque, garantindo às instituições de ensino o prêmio de Mérito Institucional, categorias Ensino Superior e Ensino Médio, respectivamente. Na UFSC, as políticas públicas em segurança alimentar e nutricional são prioridade de estudo, com propostas de aprimoramento que evidenciam a mesma preocupação com o bem comum. Na Escola Joaquim Nogueira, o esforço de promover a interdisciplinaridade, por meio de projetos científicos, leva ao aprendizado efetivo e à reflexão sobre o papel da ciência na vida cotidiana.

Com uma vida inteira dedicada à promoção da saúde e do bem-estar, o pesquisador e professor da Universidade de São Paulo, Franco Maria Lajolo, conquistou o Mérito Científico. Em 50 anos de carreira, ele estudou maneiras de equilibrar a dieta com a ingestão de compostos bioativos, apostando em uma das muitas linhas de pesquisa em segurança nutricional, antes mesmo de o conceito se transformar em uma meta mundial a ser atingida.

Como vemos, o tema desta edição do Prêmio Jovem Cientista buscou mobilizar aptidões para a produção de conhecimentos aplicados e despertar o interesse em compartilhar o saber construído com todos os cidadãos brasileiros. Mais do que apenas discutir a segurança alimentar, o Prêmio Jovem Cientista nos alimentou com alternativas e soluções viáveis para um futuro melhor e mais seguro.

ALIMENTOS  
AGRICULTURA FAMILIAR  
AGRICULTURA FAMILIAR  
AGRICULTURA FAMILIAR  
ALIMENTAÇÃO  
PNAE  
RIO DE JANEIRO  
ALIMENTAÇÃO  
PESCADO  
SÃO PAULO AGRICULTURA  
SÃO PAULO  
PESCADO  
OKARA  
ALIMENTOS  
AGRICULTURA FAMILIAR

CEARÁ

# MESTRE E DOUTOR

MINAS GERAIS NUTRIÇÃO AGRICULTURA FAMILIAR  
FITOESTERÓIS COGNIÇÃO RIO GRANDE DO SUL

SANTA CATARINA  
CASTANHA-DO-BRASIL  
INOVAÇÃO  
RIO GRANDE DO SUL  
SANTA CATARINA  
SÃO PAULO  
LEITE  
PESCADO  
AGRICULTURA URBANA  
INOVAÇÃO  
OKARA  
ALIMENTOS  
AGRICULTURA FAMILIAR  
DETECTOX

## 1º Lugar

**BÁRBARA RITA CARDOSO**

**Universidade de São Paulo (USP)**

Efeitos do consumo de castanha-do-brasil (*Bertholetia excelsa* H.B.K.) sobre a cognição e o estresse oxidativo em pacientes com comprometimento cognitivo leve e a relação com variações em genes de selenoproteínas

## 2º Lugar

**CAMILA MARANHA PAES DE CARVALHO**

**Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj)**

Proposta de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) para os municípios do Estado do Rio de Janeiro

## 3º Lugar

**FERNANDA GARCIA DOS SANTOS**

**Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)**

Inovação para o desenvolvimento de pães sem glúten de boa qualidade tecnológica, sensorial e nutricional: contribuições para o tratamento dietético dos doentes celíacos e demais intolerantes ao glúten

1º LUGAR

CATEGORIA  
MESTRE E DOUTOR



**BÁRBARA RITA CARDOSO**

Universidade de São Paulo (USP)  
São Paulo - SP

### **Efeitos do consumo de castanha-do-brasil (*Bertholetia excelsa* H.B.K.) sobre a cognição e o estresse oxidativo em pacientes com comprometimento cognitivo leve e a relação com variações em genes de selenoproteínas**

#### **RESUMO**

O estresse oxidativo é um possível alvo terapêutico nas doenças neurodegenerativas, e, assim, estudos mostram o papel antioxidante do selênio. Porém, polimorfismos em genes que codificam as selenoproteínas podem modular a resposta diante de intervenções alimentares. Assim, este trabalho objetivou verificar os efeitos do consumo de castanha-do-brasil, a maior fonte alimentar de selênio, sobre o estresse oxidativo e a cognição em pacientes com comprometimento cognitivo leve (CCL) e verificar sua relação com os polimorfismos Pro198Leu (rs1050450) no gene da GPx1, rs3877899 e rs7579 no gene da selenoproteína P. Os 20 participantes que concluíram o protocolo foram distribuídos aleatoriamente entre os grupos Castanha e Controle. O grupo Castanha recebeu uma unidade de castanha-do-brasil (288,75µg de selênio) por dia durante seis meses. Foram avaliadas as funções cognitivas, o *status* de selênio e o estresse oxidativo. Além disso, genotiparam-se os polimorfismos Pro198Leu, rs3877899 e rs7579, e verificou-se a expressão gênica de GPx1 e SePP nos 11 participantes do grupo Castanha. Após o tratamento, o grupo Castanha apresentou aumento significativo no *status* de selênio e na atividade da GPx, enquanto ORAC e MDA não mudaram ao longo do tempo em nenhum dos grupos. O grupo Castanha também apresentou melhora na fluência verbal e na praxia construtiva, enquanto o grupo Controle não apresentou mudança. Os genótipos não influenciaram na resposta quanto aos níveis de selênio e de MDA. Entretanto, embora todos os genótipos tenham apresentado aumento na atividade da GPx após a intervenção, isso não foi significativo para o genótipo dominante do rs7579 e para o variante do rs3877899. Indivíduos com alelo variante do Pro198Leu apresentaram redução

da expressão da GPx1, enquanto os homocigotos dominantes tiveram aumento. A expressão da SePP foi reduzida em todos os genótipos. Assim, concluiu-se que o consumo de apenas uma castanha-do-brasil diariamente é suficiente para recuperar o status de selênio, e isso parece ter efeitos positivos sobre a cognição em idosos com CCL. Observou-se ainda que o polimorfismo Pro198Leu parece influenciar a resposta ao tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** castanha-do-brasil; selênio; selenoproteínas; estresse oxidativo; comprometimento cognitivo leve

## 1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população é um fenômeno mundial que resulta em uma transformação no perfil da saúde, com aumento de predomínio das doenças crônicas não comunicáveis. Dessa maneira, observa-se um aumento na prevalência das doenças demenciais. Segundo Ferri et al. (2005), 4,6 milhões de novos casos de demência serão diagnosticados a cada ano e, caso estratégias de prevenção não sejam implantadas, em 2040 o número de afetados chegará a mais de 81 milhões de pessoas.

O conceito de “comprometimento cognitivo leve” (CCL) foi introduzido na década de 1980 por Reisberg et al. (1988) e definido por Petersen et al. (1999), e se refere ao declínio cognitivo em idosos mais acentuado que no envelhecimento normal, porém não configura uma demência detectável, representando então um estado intermediário entre o envelhecimento normal e a demência. Em 2013, a Associação Americana de Psiquiatria (AMERICAN PSYCHIATRY ASSOCIATION, 2013) publicou os novos critérios para demência e passou a incluir o diagnóstico de “transtorno neurocognitivo menor”, que se assemelha ao CCL e reconhece essa desordem como um possível estágio que antecede a demência, denominada “transtorno neurocognitivo maior”.

Embora o CCL não esteja relacionado com comprometimento da independência para a realização das atividades da vida diária, está associado ao aumento do risco para demência, em particular a Doença de Alzheimer. Em metanálise que incluiu 13 estudos clínicos envolvendo um total de 4.301 indivíduos, a taxa de conversão anual de CCL para demência foi de 9,6% e, durante todo o período de acompanhamento, 39,2% converteram para demência (MITCHELL; SHIRI-FESHKI, 2009). Desse modo, idosos com CCL são alvo em potencial para estudos experimentais que objetivam reduzir o risco ou postergar o desenvolvimento de demência.

O reconhecimento dos mecanismos envolvidos no curso do declínio cognitivo ao longo do tempo ainda é um desafio para a ciência. Entretanto, reconhece-se o papel central que a inflamação e o estresse oxidativo apresentam na formação das placas senis e dos emaranhados neurofibrilares, características fisiopatológicas da Doença de Alzheimer (CHAUHAN; CHAUHAN, 2006; CROUCH et al., 2008, ETGEN et al., 2010).

Sob esse aspecto, destaca-se que o cérebro se apresenta como uma fonte de radicais livres e, com o avanço da idade, os neurônios apresentam maior ineficiência no processo de produção de energia, com aumento da geração de radicais livres. Paralelamente, ocorre

diminuição da ação do sistema antioxidante, contribuindo para as mudanças morfológicas e funcionais, as quais provocam apoptose neuronal e afetam as árvores de dendritos e sinapses, a neurotransmissão, a circulação e o metabolismo – o que altera os sistemas motor e sensorial, a memória e o aprendizado (BOURDEL-MARCHASSON et al. 2001; MARIANI et al., 2005; ZHU et al., 2007; ANSARI e SCHEFF, 2010).

As defesas antioxidantes do organismo podem intervir em quaisquer dos três estágios do processo de oxidação: iniciação, propagação ou término. Por isso, tem-se dado grande importância aos minerais que desempenham função essencial como constituintes de enzimas antioxidantes, como o selênio. Esse mineral exerce seu papel por meio de selenoproteínas, com destaque para a enzima glutatona peroxidase (GPx) e a SePP (SePP), que são expressas abundantemente no cérebro (DAMIER et al., 1993; HOFFMANN et al., 2007; ZHANG et al., 2008).

A biossíntese de selenoproteínas depende da disponibilidade de selênio e, assim, o consumo desse mineral em quantidade adequada é particularmente importante para a manutenção das funções cerebrais (STEINBRENNER; SIES, 2013). A quantidade de selênio nos alimentos é altamente variável, e a deficiência subclínica é comum em alguns subgrupos, como os idosos (CARDOSO et al., 2010). A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) é a fonte alimentar mais rica nesse mineral por conter grandes concentrações, cujos valores variam entre 5,8 e 169,9 µg/g do alimento (PACHECO; SCUSSEL, 2007; BORTOLI et al., 2009; COMINETTI et al., 2012; PIRES, 2012; ROCHA et al., 2014). Além disso, o selênio encontrado na castanha-do-brasil apresenta-se predominantemente como selenometionina, a forma com maior biodisponibilidade (BODÓ et al., 2003; DA SILVA et al., 2013), e assim essa castanha representa uma maneira eficiente para melhorar o estado nutricional dos indivíduos (THOMSON et al., 2008; COMINETTI et al., 2012).

Visto que o estresse oxidativo está intimamente relacionado com a progressão da demência, este se apresenta como um possível alvo terapêutico a fim de se reduzir a conversão do CCL para Doença de Alzheimer (MANGIALASCHE et al., 2009; PADURARIU et al., 2010). Entretanto, poucos trabalhos são encontrados na literatura a respeito dos benefícios do selênio sobre a cognição e, na maior parte dos estudos, a suplementação com esse mineral está associada a outros componentes (LESZEK et al., 1999; SCHELTENS et al., 2010; KESSE-GUYOT et al., 2011); e nenhum destes relata a utilização de alimentos ricos em selênio como fonte de suplementação.

Contudo, polimorfismos em genes que codificam selenoproteínas podem alterar o metabolismo de selênio e as necessidades desse nutriente (FERGUSON; KARUNASINGHE, 2011; HESKETH, 2008; HESKETH; MÉPLAN, 2011). Nesse sentido, estudos apontam que o polimorfismo Pro198Leu (rs1050450) no gene que codifica a GPx1 e os polimorfismos rs7579 e rs3877899 no gene da SePP repercutem em alteração na síntese de selenoproteínas (MÉPLAN, 2007; COMINETTI et al., 2011a; CARDOSO et al., 2012).

Desse modo, este trabalho visou a avaliar os efeitos do consumo de castanha-do-brasil sobre o estado nutricional de selênio, o estresse oxidativo e a cognição de idosos com CCL, bem como a influência dos polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899 na resposta ao tratamento.

## 2. OBJETIVO

Avaliar os efeitos do consumo de castanha-do-brasil sobre o estado nutricional relativo ao selênio, o estresse oxidativo e a função cognitiva de idosos com CCL, bem como a influência dos polimorfismos Pro198Leu no gene da GPx1, rs3877899 e rs7579 no gene da SePP sobre a resposta ao tratamento.

## 3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

### 3.1 Amostra

Este estudo foi realizado com indivíduos com CCL, voluntários, de ambos os sexos, frequentadores do Ambulatório de Memória do Idoso (AMI) do Serviço de Geriatria da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, com idade igual ou superior a 60 anos.

Os participantes foram solicitados a preencher um questionário, a fim de obter informações sobre o uso de medicamentos e/ou suplementos e a presença de doenças. A partir desses dados coletados, todos os frequentadores do ambulatório no período entre maio de 2011 e agosto de 2012, que preencheram os critérios de inclusão (Quadro 1), foram convidados a participar do estudo.

- a. Preenchimento dos critérios para diagnóstico de CCL, propostos por Winblad et al. (2004), que incluem: alteração cognitiva, porém sem demência; evidência de perda cognitiva verificada por entrevista subjetiva e por avaliação objetiva; preservação das atividades da vida diária;
- b. idade igual ou superior a 60 anos;
- c. fluência em Português;
- d. ausência de outras doenças neurológicas e psiquiátricas, como depressão e psicose;
- e. ausência de inflamação aguda, infecção, febre, diarreia ou câncer;
- f. ausência de demência, conforme os critérios do NINCDS-ADRDA (MCKHANN et al., 1984);
- g. não consumo regular de castanha-do-brasil ou de suplementos alimentares com selênio;
- h. ausência de alergia alimentar a oleaginosas.

Quadro 1 – Critérios de inclusão para participação do estudo

No momento da entrevista, todos os participantes da pesquisa foram esclarecidos sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos. Os participantes do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual descreve informações sobre o projeto, de acordo com a Resolução CNS nº 196/96, itens III, IV e V, que trata da proteção dos participantes e orienta procedimentos referentes às pesquisas que necessitam experiências com humanos.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (CEP FCF-USP), sob o protocolo CEP nº 568.

### **3.2 Protocolo Experimental**

Os participantes da pesquisa foram distribuídos aleatoriamente no dia da primeira coleta de sangue por randomização simples, preparada com alocação 1:1 em envelopes opacos e lacrados, enumerados sequencialmente. No momento da primeira coleta de sangue, cada participante abria um envelope contendo a palavra “castanha” ou “controle”, e assim passava a constituir o respectivo grupo.

O grupo Castanha foi orientado a consumir uma unidade de castanha-do-brasil por dia, por um período de 6 meses. As castanhas foram fornecidas aos participantes a cada 60 dias, juntamente com as informações nutricionais, as orientações e um calendário para controle do consumo. Periodicamente os pesquisadores entravam em contato por telefone ou pessoalmente a fim de verificar a adesão ao tratamento. Todos os participantes foram orientados para devolver as castanhas não consumidas, e a adesão ao tratamento foi considerada com o consumo mínimo de 85% das castanhas. Ambos os grupos foram orientados para que nenhuma alteração no padrão alimentar fosse realizada durante o período de estudo. As castanhas utilizadas no estudo eram originárias da Amazônia, e foram cedidas à pesquisa pelo Instituto Excelsa.

Os participantes do estudo foram submetidos a duas avaliações periódicas, incluindo a coleta de sangue e a avaliação cognitiva. Tais avaliações foram realizadas imediatamente antes do início e após seis meses de estudo, dentro de uma semana após o término das castanhas.

O material biológico dos dois grupos de estudo foi analisado para: avaliar o perfil lipídico; caracterizar o estado nutricional dos indivíduos quanto ao selênio, mensurar a atividade da enzima GPx e avaliar o estresse oxidativo. A fim de se verificar a influência dos polimorfismos genéticos sobre a resposta ao tratamento, o material biológico do grupo Castanha também foi utilizado para genotipagem dos polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899, bem como para determinação da expressão dos genes GPx1 e SePP.

### **3.3 Avaliação da composição química das castanhas**

Uma análise laboratorial em triplicata, de acordo com a AOAC (1990), foi realizada em amos-

tra aleatória de castanhas antes do início da intervenção. Para tanto, as castanhas foram trituradas e liofilizadas, e a determinação de umidade foi realizada pela diferença de peso antes e depois da liofilização, enquanto as cinzas foram analisadas pela perda de peso após aquecimento a 550°C. Proteínas totais foram determinadas pelo método de micro-Kjeldahl, enquanto o teor lipídico foi avaliado pelo método de Soxhlet. Obteve-se o valor de carboidrato pela diferença entre o teor lipídico e o proteico da massa seca total.

O teor de selênio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica por geração de hidretos acoplados à cela de quartzo (HGQTAAS) (HAO et al., 1996). Nesse caso, amostras de castanha com aproximadamente 300 mg foram transferidas para tubos micro-Kjeldahl, onde foram adicionados 5 ml de ácido nítrico P.A. (Merk) para o processo de digestão, que foi realizado em bloco digestor com temperatura aproximada de 150°C. Após a volatilização completa do material orgânico, as soluções foram reduzidas de Se (VI) para Se (IV), com o acréscimo de 5 ml de HCl 1,2 N. Posteriormente, essas amostras foram aquecidas sob temperatura de 200°C por um período de duas horas. Após essa etapa, as amostras foram diluídas para 100 ml de água deionizada e submetidas à leitura.

### 3.4 Avaliação cognitiva

A avaliação das funções cognitivas foi realizada por médico ou neuropsicólogo treinado e cego quanto à composição dos grupos de estudo. Para rastreamento de deficit cognitivo dos participantes no início do estudo, utilizou-se o Miniexame do Estado Mental (Meem) (FOLSTEIN et al., 1975), modificado por Seabra et al. (1990). Para avaliação das funções cognitivas nas duas fases de estudo foram utilizados os seguintes subtestes da bateria Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CeraD):

a) Teste de Fluência Verbal (ISAACS; KENNIE, 1973): nesse teste, solicita-se que o entrevistado fale todos os animais de que conseguir se lembrar, e são pontuados todos os animais mencionados pelo indivíduo no período de um minuto. Este teste avalia a fluência verbal, que depende da capacidade de acesso semântico e da riqueza de vocabulário do participante

b) Teste de Nomeação de Boston (KAPLAN et al., 1983): nele são apresentadas 15 figuras ao entrevistado (árvore, cama, apito, flor, casa, canoa, pegador de gelo, escova de dentes, vulcão, máscara, camelo, gaita, rede, funil e dominó), que deve nomeá-las corretamente, valendo um ponto cada acerto. Esse teste é considerado uma prova de linguagem, avaliando a capacidade de nomeação e a capacidade de percepção visual.

c) Praxia construtiva (ROSEN et al., 1984): nesse teste, solicita-se que o entrevistado faça a cópia de quatro desenhos apresentados pelo examinador (círculo, losango, retângulos sobrepostos e cubo). Cada cópia é avaliada separadamente, considerando-se formato, ângulos, dimensão e tamanho das figuras. Essa prova avalia habilidades perceptivas e visuoespaciais, e a pontuação máxima é de 11 pontos.

d) Aprendizado da lista de palavras (ATKINSON; SHIFFRIN, 1971): nesse teste, o examinador lê uma lista com dez palavras a um ritmo de 2 segundos por palavra. Após a leitura é feita a evocação livre, por um período máximo de 90 segundos. O procedimento é repetido outras duas vezes. A pontuação é obtida pela soma das palavras evocadas nas três tentativas. Esse teste avalia a memória episódica, e os três resgates consecutivos avaliam a curva de aprendizagem.

e) Evocação livre da lista de palavras (ATKINSON; SHIFFRIN, 1971): esse teste é aplicado imediatamente após o teste da praxia, e solicita-se que o entrevistado recorde a lista de palavras apresentada anteriormente no período máximo de 90 segundos, podendo-se alcançar a pontuação máxima de 10 pontos. Essa prova avalia a capacidade de consolidação na memória de longo prazo.

### 3.5 Coleta de sangue

Nas dependências do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) realizou-se a coleta de 20 ml de sangue, após 12 horas de jejum, de todos os participantes nas duas fases de estudo. Foram utilizadas seringas plásticas descartáveis e agulhas de aço inoxidável, estéreis e descartáveis. O sangue foi colocado em um tubo com EDTA para coleta a vácuo e mantido sob baixa temperatura com auxílio de gelo para ser transportado. O plasma foi separado do sangue total por centrifugação a 3000 x g durante 15 minutos a 4°C. A massa eritrocitária obtida do sangue total, também por centrifugação, foi lavada três vezes com 5 ml de solução salina a 0,9%, homogeneizada lentamente por inversão e centrifugada a 10.000 x g por 10 minutos (SORVALL® RC5C) a 4°C, sendo o sobrenadante descartado. Tanto o plasma como a massa eritrocitária foram acondicionados em microtubos previamente desmineralizados e armazenados a -80°C.

Separou-se 1 ml de sangue em tubos com EDTA para extração do DNA genômico e posterior determinação dos polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899. Para análise da expressão de RNA, 300 µL de sangue total foram acondicionados em frascos contendo 1,5 ml de RNA-later (QIAGEN, Valencia, CA, USA) e refrigerados imediatamente a -80°C até o momento da extração do RNA.

Para determinação do perfil lipídico, 1 ml de soro foi acondicionado separadamente a 80°C até o momento da análise.

### 3.6 Avaliação do perfil lipídico

O perfil lipídico foi analisado no início do estudo para caracterização dos participantes. Para tanto, kits comerciais da marca Labtest (Minas Gerais, Brasil) foram utilizados para determinar triglicerídeos (Cat. Nº. 87), colesterol total (Cat. Nº. 76), lipoproteína de baixa densidade (LDL-c) (Cat. Nº. 111) e lipoproteína de alta densidade (HDL-c) (Cat. No. 98). A

fração de lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL-c) foi calculada conforme a equação de Friedewald (1972):  $VLDL-c = \text{triglicerídeos}/5$ .

### 3.7 Concentração de selênio no plasma e eritrócitos

A concentração de selênio no plasma e nos eritrócitos foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica por geração de hidretos acoplados à cela de quartzo (HGQTAAS) (HAO et al., 1996).

Esse método consiste na separação do selênio das amostras e na formação de hidretos gasosos de selênio ( $H_2Se$ ), originados da reação dos compostos de selênio (IV). Para isso, foram adicionados 5 ml de ácido nítrico 68% P.A. (Merk) às alíquotas de plasma e eritrócitos, previamente colocadas em tubos micro-Kjeldhal. Esses tubos foram colocados em um bloco digestor cuja temperatura foi elevada gradativamente de  $50^\circ C$  a  $150^\circ C$ . Após a volatilização completa do material orgânico, as soluções foram reduzidas de Se (VI) para Se (IV), com o acréscimo de 5 ml de HCl 1,2 N. Posteriormente, essas amostras foram aquecidas sob temperatura de  $200^\circ C$  por um período de duas horas. Após essa etapa, as amostras foram diluídas para 25 ml de água deionizada e submetidas à leitura.

Todos os reagentes utilizados na análise tinham qualidade analítica ou maior pureza (Merck®). A fim de se reduzir a contaminação por minerais, todos os materiais utilizados para a análise de selênio, incluindo vidraria, recipientes e frascos, foram desmineralizados em banho de ácido nítrico (20%) durante 12 horas e posteriormente enxaguados dez vezes em água ultrapura.

Para controle do método de análise de selênio, foi adotado como padrão de referência o material certificado SERONORM®, cujo conteúdo foi preparado conforme as instruções do fabricante e processado da mesma maneira como as demais amostras.

### 3.8 Análise da atividade eritrocitária da enzima GPx

A determinação da atividade da GPx foi realizada no eritrócito com o auxílio de kit comercial (Ransel 505 – RANDOX Laboratories, Crumlin/UK), adaptado para o uso em analisador bioquímico automático (Liasys® MAS, Rome, Italy).

O método se baseia na reação em que a GPx catalisa a oxidação da glutationa reduzida por um hidroperóxido. Na presença de GPx e NADPH, a glutationa oxidada é imediatamente convertida à forma reduzida com a oxidação concomitante do NADPH em  $NADH^+$ . A diminuição na absorbância a  $340\text{ nm}$  é, então, determinada (PAGLIA; VALENTINE, 1967).

Para determinação da GPx, foram adicionados  $600\ \mu L$  de água ultrapura a  $4^\circ C$  à papa de hemácias. Após agitação no vórtex, o material foi colocado sob refrigeração por 10 minutos e, posteriormente, centrifugado em  $11200 \times g$  durante 2 minutos. Realizou-se uma diluição

do sobrenadante com o diluente fornecido pelo kit antes da análise. Determinou-se a concentração de hemoglobina no mesmo hemolisado, conforme Van Assendelft (1972), e o resultado final foi expresso em unidades de enzima por grama de hemoglobina.

### **3.9 Determinação do oxygen radical absorbance capacity (Orac)**

O Orac foi determinado com base no método proposto por Prior et al. (2003), e baseia-se na mensuração da inibição do radical peroxil, mostrando resistência aos danos oxidativos. Para tanto, o plasma foi desproteínizado com ácido perclórico, e posteriormente as amostras foram diluídas 10x com tampão fosfato (pH 7,4). Nas análises, realizadas em duplicata, 25 µL de amostra foram adicionadas à microplaca com 48 poços, e em seguida foram adicionados 150 µL de solução de flurosceína e 25 µL de 2,2-azobis(aminopropano) diidrocloreto (AAPH) por injetores automáticos do leitor de microplacas (Biotech Synergy Hi).

Utilizou-se uma curva padrão de Trolox preparada com as seguintes concentrações: 100 µM, 50 µM, 25 µM, 12,5 µM, 6,25 µM. Os resultados foram expressos em µmol Trolox por litro de plasma (µmol TE/mL).

### **3.10 Determinação da concentração plasmática de malondialdeído (MDA)**

A concentração de malondialdeído no plasma foi determinada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), como descrito previamente por Hong et al. (2000).

Foram adicionados 36 µL hidroxitolueno butilado e 12,5 µL de hidróxido de sódio 10N a 250 µL de plasma e, na sequência, as amostras foram incubadas no aparelho vortemp® a 60°C e 300 rpm durante 30 minutos. Em seguida, adicionaram-se 500 µL de ácido tricloroacético e iodeto de potássio a 1% para precipitação das proteínas; as amostras foram agitadas no vórtex e levadas ao gelo, onde permaneceram por 10 minutos. As amostras foram centrifugadas a 4000 rpm por 10 minutos e 500 µL do sobrenadante foram retirados e transferidos para um novo microtubo, em que se acrescentaram 250 µL de ácido tiobarbitúrico dissolvido em ácido tricloroacético. Voltou-se a agitar as amostras antes de incubá-las novamente no vortemp® a 90°C e 200 rpm durante 45 minutos. Para extração do MDA, foram adicionados 250 µL de n-butanol à solução anterior, agitando-a no vórtex antes da centrifugação final (3000 rpm por 10 minutos). Retiraram-se 100 µL do sobrenadante, que foi transferido para um vial e injetado no equipamento. A determinação foi realizada em HPLC, da marca Shimadzu (Kyoto, Japão), equipado com coluna Phenomenex Reverse-phase C18 de 150 mm x 4,6 mm com partículas de 5 µm (Phenomenex, Torrance, CA). A temperatura no amostrador foi mantida em 4°C, e a temperatura da coluna a 30°C. A fase móvel utilizada foi constituída de 65% de tampão fosfato de potássio e 35% de metanol. O volume de injeção foi de 50 µL, a taxa de fluxo de 1 ml/minuto e o tempo de corrida de 10 minutos. A fase móvel utilizada foi 65% de tampão fosfato de potássio (50 mM; pH 6,0) e 35% de metanol. A detecção foi realizada utilizando-se a absorbância de 532 nm.

Uma curva padrão com os pontos 0; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0 e 2,5  $\mu\text{M}$  foi construída utilizando-se uma solução estoque de MDA, preparada imediatamente antes da avaliação.

### **3.11 Determinação dos polimorfismos Pro198Leu da enzima glutathiona peroxidase 1, e rs7579 e rs3877899 da selenoproteína P**

A determinação dos polimorfismos foi realizada somente nos participantes do grupo Castanha. Para tanto, o DNA genômico foi extraído do sangue total com o kit Purelink Genomic DNA kit (Invitrogen, Life Technologiemensurada em Nanos Inc., Carlsbad, CA, USA), e a concentração final foi quantificada em espectrofotômetro Nanodrop ND 1000 (Thermo Scientific, Wilmington, DE, USA).

O polimorfismo Pro198Leu no gene da GPx1 e os polimorfismos rs7579 e rs3877899 no gene da SePP foram determinados por real-time PCR com o sistema TaqMan® SNP Genotyping Assays (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA). As reações finais foram realizadas em volume de 20  $\mu\text{L}$ , contendo: 12,5  $\mu\text{L}$  de 2x TaqMan Genotyping Master Mix (Applied Biosystems, Foster City, CA), 1,25  $\mu\text{L}$  de 20x SNP Genotyping Assay (Applied Biosystems, Foster City, CA), 20 ng de DNA genômico e água ultrapura para completar o volume final.

As reações de PCR foram analisadas no equipamento StepOne Real-Time PCR System, como segue: 10 minutos a 95°C para ativação enzimática seguida por 40 ciclos a 92°C por 15 segundos e a 60°C por 1 minuto para anelamento e extensão.

### **3.12 Determinação da expressão gênica da glutathiona peroxidase 1 e da selenoproteína P**

A determinação da expressão gênica da GPx1 e da SePP também foi realizada somente no grupo Castanha. O RNAm foi extraído com o kit RiboPure™ – Blood Kit (Applied Biosystems). Após essa etapa, o RNA foi tratado com DNase I, a fim de remover qualquer contaminação com DNA genômico. Na sequência, quantificou-se o RNA por meio de leitura no espectrofotômetro Nanodrop ND 1000 (Thermo Scientific, Wilmington, DE, USA), nos comprimentos de onda ( $\lambda$ ) de 260 nm (RNA) e 280 nm (proteína). O grau de pureza da amostra foi avaliado por meio da relação das leituras 260 e 280 nm, sendo considerados ideais os valores entre 1,8 e 2,0.

Para transcrição reversa do RNA total para cDNA, utilizou-se Super-script III™ Reverse Transcriptase (Invitrogen, Carllsbad, CA, USA), e o cDNA foi ajustado para a concentração de 20 ng/ $\mu\text{L}$  e volume final de 20  $\mu\text{L}$ .

Real-time PCR quantitativo (qRT-PCR) dos genes GPx1 e SePP foi realizado em duplicata para cada amostra no equipamento StepOne Real-Time PCR System utilizando-se Taqman® Gene Expression Assays (Applied Biosystems, Foster City, CA), específicos para cada gene. Cada reação continha 4  $\mu\text{L}$  de cDNA, 10  $\mu\text{L}$  de Taqman® Universal Master Mix II (Applied Biosystems, Foster City, CA), 1  $\mu\text{L}$  de 20x Taqman® Gene Expression Assay e 5  $\mu\text{L}$  de água RNase-free em um volume final de 20  $\mu\text{L}$ .

A especificidade da reação qRT-PCR foi demonstrada pela análise da curva de desnaturação (melting curve), que mostrou a presença de apenas um pico para todos os produtos da reação de GPx1 e de SePP. O gene de referência utilizado foi a  $\beta$ -actina e, para cada placa de análise, incluiu-se uma amostra sem c-DNA que serviu de controle negativo.

A expressão de RNA foi calculada com o método Delta-Delta  $C_T$  ( $\Delta\Delta C_T$ ) (LIVAK; SCHMITT-GEN, 2001). Para tanto, calculou-se o valor de  $\Delta C_T$  de cada amostra pela subtração dos valores de threshold cycle ( $C_T$ ) do gene controle ( $\beta$ -actina) dos valores de  $C_T$  do gene alvo. Após determinação do  $\Delta C_T$ , a média do  $\Delta C_T$  das amostras do baseline dos genótipos de referência para cada polimorfismo avaliado foi utilizada como normatizadora para cálculo do  $\Delta\Delta C_T$ , que tem a seguinte fórmula:  $\Delta C_T$  amostra -  $\Delta C_T$  (média das amostras do gene de referência). Na sequência, aplicou-se a fórmula  $2^{-\Delta\Delta C_T}$ , que resultou no valor da expressão gênica relativa (fold change).

### 3.13 Análise estatística dos dados

Para realização da análise estatística dos dados, utilizou-se o programa SPSS para Windows, versão 20.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado a fim de verificar a tendência de distribuição das variáveis analisadas, e testes não paramétricos foram utilizados quando pertinente.

Os resultados foram apresentados como média  $\pm$  desvio padrão, média da mudança do pós-tratamento em relação ao baseline com seu respectivo intervalo de confiança. Variáveis categóricas foram apresentadas como número absoluto e porcentagem.

Características do baseline foram comparadas com os dados do período pós-tratamento usando-se análise per protocol por meio do teste t-pareado ou Wilcoxon. As diferenças entre os grupos (castanha versus controle; genótipos) foram avaliadas com o teste t para amostras independentes quando as variáveis eram contínuas, ou com o Mann-Whitney U como alternativa não paramétrica.

A magnitude de efeito foi calculada com a estatística d de Cohen. Convencionou-se que uma magnitude de efeito deve ser interpretada como pequena (0,2), média (0,5) ou grande (0,8) (COHEN, 1988). Uma análise pos hoc usando teste t bicaudado para amostras independentes indicou que a amostra forneceu 39% de poder para detectar as diferenças entre grupos com magnitude de efeito grande (Cohen d = 0,8).

O coeficiente da correlação de Pearson ou de Spearman foi utilizado para estimar as correlações entre parâmetros de função cognitiva e parâmetros de status de selênio e de estresse oxidativo, bem como para avaliar a correlação entre selênio eritrocitário e atividade da GPx.

As frequências alélicas foram estimadas pelo método de contagem de genes, e o equilíbrio de Hardy-Weinberg foi calculado para todos os genótipos usando-se o teste do Qui-quadrado.

do. Para todas as análises estatísticas, os genótipos homocigoto recessivo e heterocigoto foram agrupados.

Para todos os testes estatísticos, o nível de significância de 95% foi adotado como padrão.

#### 4. RESULTADOS

No total, 31 idosos com CCL foram incluídos neste estudo, dentre os quais 20 completaram o ensaio clínico. As razões para não completar o estudo foram: mudança de endereço, o que impediu o contato do pesquisador para a segunda fase (6 participantes); adesão insuficiente ao tratamento (3 participantes); infarto durante o estudo (1 participante); e consumo de polivitamínico que continha selênio (1 participante). Assim, o grupo Castanha foi composto por 11 indivíduos e o grupo Controle por 9 participantes (Figura 1).

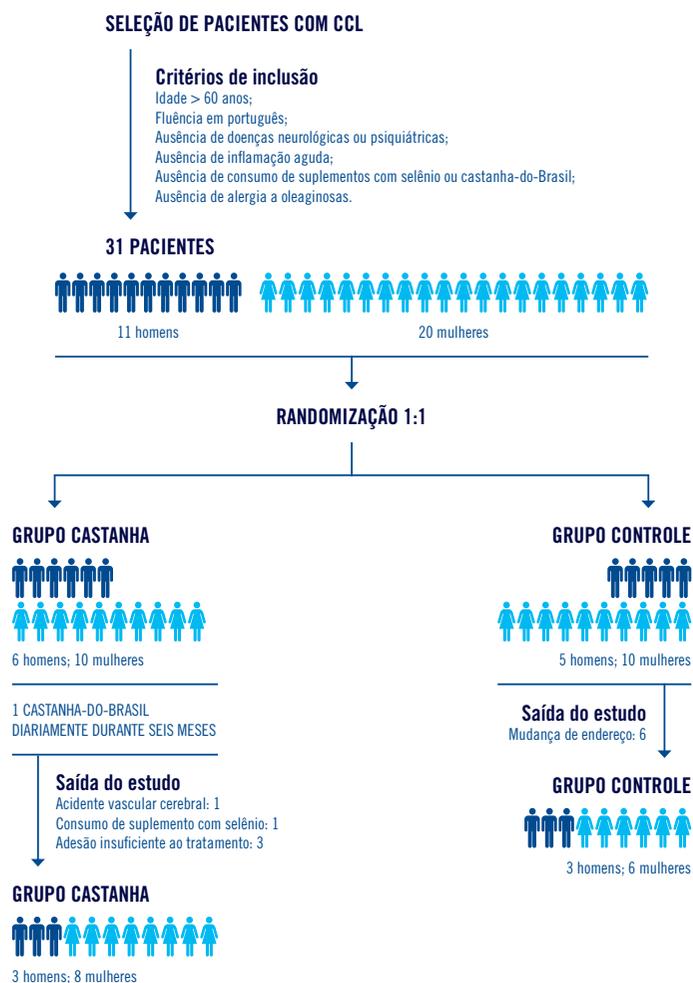


Figura 1 – Desenho do estudo

A idade média dos participantes foi 77,7±5,3 anos, e os grupos não diferiram em relação à idade, escolaridade e gênero (Tabela 1).

Tabela 2 – Características dos participantes no início do estudo

Parâmetro	Todos	Grupo Castanha	Grupo Controle	Valor de P para comparação entre os grupos
Idade (anos), média±dp <sup>a</sup>	77,7±5,3	77,7±4,3	77,6±6,6	0,945
Escolaridade (anos), média±dp <sup>a</sup>	5,4±4,3	5,5±4,0	5,4±4,9	0,996
Gênero, % masculino <sup>b</sup>	30,0	27,3	33,3	1,000
MEEM, média±dp <sup>a</sup>	25,28±2,30	25,10±1,91	25,5±2,83	0,738
Colesterol total (mg/dL), média±dp <sup>a</sup>	209,5±37,7	213,3±42,9	204,7±32,3	0,636
HDL-c (mg/dL), média±dp <sup>a</sup>	54,8±9,4	57,6±9,3	51,2±8,9	0,161
LDL-c (mg/dL), média±dp <sup>a</sup>	104,8±29,1	105,1±32,8	104,4±26,1	0,959
VLDL-c (mg/dL), média±dp <sup>a</sup>	23,6±10,0	23,26±8,18	24,4±12,4	0,830
Triglicerídeos (mg/dL), média±dp <sup>a</sup>	118,8±49,8	116,3±40,9	121,9±62,0	0,830

A: Teste t; B: Teste exato de Fisher; DP: desvio padrão

Meem: Miniexame do estado mental; HDL-c: lipoproteína de alta densidade; LDL-c: lipoproteína de baixa densidade; VLDL-c: lipoproteína de muito baixa densidade

Dados relacionados à composição centesimal e à concentração de selênio da castanha-do-brasil utilizados neste estudo estão apresentados na tabela 2. O peso médio de cada castanha é de 5 g e, assim, cada unidade forneceu em torno de 288,75 µg de selênio.

Tabela 3 – Composição centesimal e concentração de selênio das castanhas-do-brasil utilizadas no estudo

Nutriente	Média±dp
Energia (kcal)	714,79±31,56
Carboidratos (g)	10,89±5,54
Proteínas (g)	16,27±0,07
Lipídios (g)	67,35±5,88
Umidade (%)	2,42±0,05
Cinzas (%)	3,07±1,07
Selênio (µg/g)	57,75±5,96

DP: Desvio padrão

Mudanças nas concentrações de selênio no plasma e no eritrócito ao longo do tratamento foram significativamente positivas no grupo Castanha. No início do estudo, apenas um participante apresentou níveis plasmáticos adequados, conforme a referência mais aceita (> 84-100 µg/L) (THOMSON, 2004); e após os seis meses nenhum indivíduo do grupo tratado apresentou deficiência do mineral, enquanto no grupo controle todos os participantes apresentaram níveis inferiores ao desejado. Dentre os parâmetros relacionados ao sistema antioxidante, observou-se que apenas a mudança na atividade da GPx foi diferente entre os grupos (tabela 3). Houve correlação significativa entre o selênio eritrocitário e a atividade eritrocitária da GPx no início do estudo ( $r = 0,59$ ;  $p = 0,006$ ), porém, após o tratamento, o grupo Castanha não manteve correlação significativa ( $r = -0,32$ ;  $p = 0,355$ ), enquanto entre os indivíduos do grupo Controle a correlação permaneceu positiva ( $r = 0,77$ ;  $p = 0,015$ ).

Tabela 4 – Selênio plasmático e eritrocitário, atividade de GPx, ORAC e MDA dos grupos Castanha e Controle, no início do estudo e após seis meses

Parâmetro	Grupo Castanha			Grupo Controle			Comparação entre grupos	
	Início ±dp	6 meses ±dp	Mudança (95% IC)	Início ±dp	6 meses ±dp	Mudança (95% IC)	Valor de p	Magnitude de efeito <sup>c</sup>
Selênio plasma <sup>a</sup> (µg/L)	56,2 ±18,3	290,6 ±74,6	234,3 (190,8; 277,9)	50,0 ±15,5	47,8 ±11,7	-2,2 (-12,8; 8,3)	<0,001	1,82
Selênio eritrócito <sup>a</sup> (µg/L)	59,5 ±20,6	574,6 ±181,4	515,00 (401,02; 629,0)	50,8 ±21,0	33,5 ±16,10	-17,3 (-27,4; -7,2)	<0,001	1,78
Atividade GPx <sup>b</sup> (U/g Hb)	40,73 ±15,20	59,55 ±20,79	18,80 (0,955; 36,68)	44,01 ±17,24	42,54 ±13,05	-1,46 (-12,84; 9,91)	0,006	0,76
ORAC <sup>a</sup> (µmol TE/mL)	0,95 ±0,45	1,09 ±0,26	234,3 (190,8; 277,9)	0,92 ±0,39	1,06 ±0,14	0,14 (-0,15; 0,43)	0,967	0,02
MDA <sup>a</sup> (µmol/L)	0,42 ±0,05	0,52 ±0,12	515,00 (401,02; 629,0)	0,50 ±0,06	0,51 ±0,20	0,01 (-0,19; 0,21)	0,343	0,53

A: Teste t; B: Teste de Mann-Whitney U; C: d de Cohen; DP: desvio padrão

GPx: glutationa peroxidase; MDA: malondialdeído; Orac: Oxygen Radical Absorbance Capacity

O desempenho nos testes cognitivos não foi diferente entre os grupos no início do estudo. Mudanças no escore total Cerad, definido como o primeiro resultado para o desempenho cognitivo, não foram distintas entre os grupos. Entretanto, as mudanças observadas na fluência verbal e na praxia construtiva ao longo do acompanhamento foram mais favoráveis no grupo Castanha quando comparadas ao grupo Controle (tabela 4).

Tabela 5 – Avaliação cognitiva dos grupos Castanha e Controle, no início do estudo e após seis meses

Parâmetros	Grupo Castanha			Grupo Controle			Comparação entre grupos	
	Início ±dp	6 meses ±dp	Mu- dança (95% IC)	Início ±dp	6 meses ±dp	Mu- dança (95% IC)	P-value	Magni- tude de efeito <sup>b</sup>
Escore total CERAD <sup>a</sup>	59,2 ±8,1	60,3 ±10,3	1,1 (-4,0; 6,2)	66,71 ±8,2	63,57 ±8,0	-3,1 (-5,9; -0,3)	0,138	0,76
Fluência verbal <sup>a</sup>	12,8 ±3,3	14,1 ±3,9	1,3 (0,6; -2,6)	16,29 ±3,7	14,14 ±3,9	-2,1 (-4,3; 0,2)	0,007	1,33
Nomeação de Boston <sup>a</sup>	11,7 ±2,3	11,9 ±1,2	0,2 (-1,5; 1,5)	11,2 ±2,5	11,9 ±1,7	0,7 (-0,3; 1,7)	0,511	-0,33
Praxia con- strutiva <sup>a</sup>	7,7 ±2,3	9,2 ±2,2	1,5 (0,0; 3,1)	8,7 ±2,6	8,3 ±2,4	-0,4 (-1,6; 0,7)	0,031	1,01
Aprendizado da lista de pala- vras <sup>a</sup>	15,3 ±3,5	14,2 ±4,4	-1,1 (-4,6; 2,4)	15,4 ±3,2	14,9 ±3,8	-0,6 (-3,8; 2,6)	0,792	-0,13
Evocação livre da lista de palavras <sup>a</sup>	3,7 ±2,2	3,6 ±2,1	-0,1 (-1,2; 1,0)	5,4 ±1,6	5,1 ±1,3	-0,3 (-1,7; 1,1)	0,818	0,12

A: Teste t; B: d de Cohen; DP: desvio padrão

Cerad: Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease

Conforme apresentado na tabela 5, mudanças no escore total Cerad foram correlacionadas com os parâmetros de selênio, porém não se correlacionaram com as mudanças nos parâmetros de estresse oxidativo.

Tabela 6 – Análises de correlação entre mudanças no escore total Cerad e mudanças nos parâmetros de selênio, de atividade da GPx, de ORAC e de MDA

	Correlações (r)				
	Selênio eritrócito <sup>a</sup>	Selênio plasma <sup>a</sup>	Atividade da GPx <sup>b</sup>	ORAC <sup>a</sup>	MDA <sup>a</sup>
Escore total CERAD <sup>a</sup>	0,55*	0,51*	0,29	0,10	0,50
Selênio eritrócito <sup>a</sup>		0,97**	0,51*	0,07	0,21
Selênio plasma <sup>a</sup>			0,44	0,83	0,28
Atividade da GPx				0,16	0,43
ORAC <sup>a</sup>					-0,37

A: Pearson; B: Spearman; \*: p<0,05; \*\*: p<0,001

Cerad: Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease; GPx: glutathiona peroxidase

Orac: Oxygen Radical Absorbance Capacity

A fim de se avaliar a influência dos polimorfismos nos genes que codificam GPx1 e SePP, os participantes do grupo Castanha foram genotipados e verificou-se que a frequência dos genótipos para o polimorfismo Pro198Leu foi de 0,25, 0,50, e 0,25 para Pro/Pro (CC), Pro/Leu (CT), e Leu/Leu (CT), respectivamente, e a frequência do alelo T foi de 0,5 neste grupo. Para o polimorfismo rs7579, a frequência genotípica foi de 0,59, 0,35 e 0,05 para GG, GA e GG, respectivamente, e a frequência do alelo variante foi de 0,77. Em relação à frequência dos genótipos para rs3877899, Ala/Ala (GG) foi de 0,669 e Ala/Thr (GA) foi de 0,297, e não foram encontrados homocigotos variantes. A frequência do alelo A foi de 0,182. Essas frequências encontraram-se em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Na tabela 6 é possível observar que o aumento nas concentrações de selênio plasmático e eritrocitário ocorreu independentemente dos genótipos. A atividade da enzima GPx aumentou em todos os genótipos da GPx1 e também nos homocigotos dominantes do rs7579 e nos genótipos variantes de rs3877899. O aumento não significativo no MDA foi observado em todos os genótipos, e as diferenças nos parâmetros avaliados entre os dois períodos de avaliação não distinguiram entre os genótipos.

Tabela 7 – Selênio no plasma e no eritrócito, atividade da GPx e MDA no início do estudo e após seis meses de intervenção, de acordo com os genótipos para os polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899

		Início±dp	6 meses±dp	Mudança (95% IC)	Valor de P para comparação entre os grupos <sup>a</sup>
<b>Selênio plasma (µg/L)</b>					
Pro198Leu	CC	49,90±10,31	246,19±53,99	196,29* (110,40; 282,18)	0,140
	CT+TT	59,86±21,56	315,92±75,80	256,06* (197,37; 314,75)	
rs7579	GG	59,62±21,32	277,79±62,09	218,16* (174,44; 261,87)	0,405
	GA+AA	50,32±11,73	312,93±98,88	262,60* (121,58; 406,62)	
rs3877899	GG	52,77±11,97	299,91±68,68	247,13* (186,35; 307,92)	0,423
	GA+AA	62,31±27,51	274,21±92,40	211,91*(107,48; 316,33)	
<b>Selênio eritrócito (µg/L)</b>					
Pro198Leu	CC	65,11±13,62	519,23±239,80	454,12* (84,03; 824,22)	0,290
	CT+TT	56,37±24,20	606,18±151,23	549,81* (429,04; 670,57)	
rs7579	GG	58,17±22,53	536,64±116,86	478,47* (379,64; 577,30)	0,372
	GA+AA	61,96±19,83	640,93±270,41	578,97* (174,67; 983,27)	
rs3877899	GG	57,14±16,96	607,44±177,57	550,29* (397,63; 702,96)	0,416
	GA+AA	63,75±28,43	517,02±199,14	453,27* (162,11; 744,43)	

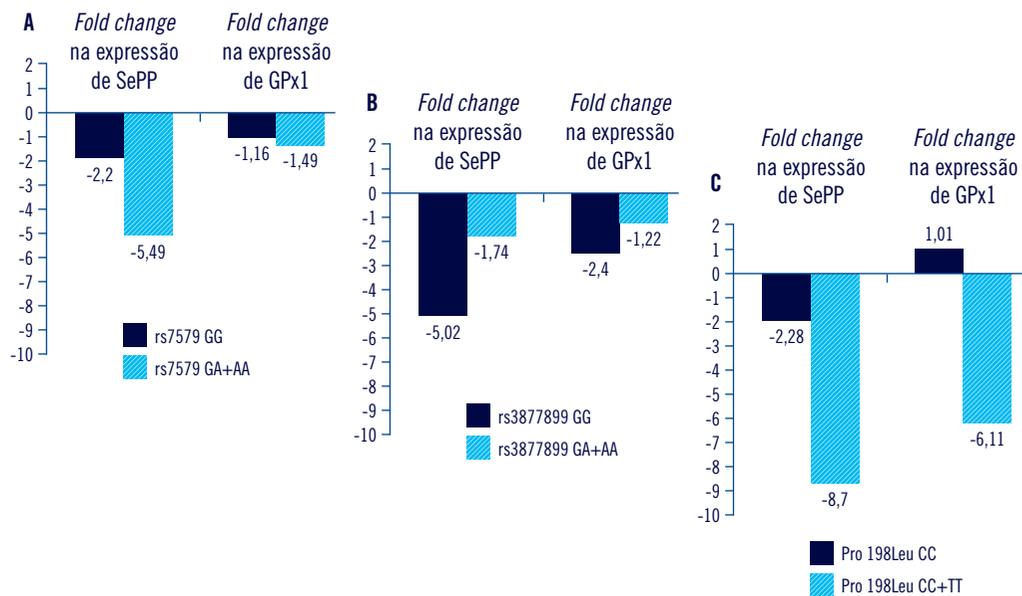
Atividade de GPx (U/g Hb)					
Pro198Leu	CC	54,00±10,29	67,67±8,93	13,66* (4,67; 22,65)	0,555
	CT+TT	33,15±12,15	54,91±24,73	21,76* (-9,38; 52,91)	
rs7579	GG	36,39±15,08	64,92±20,30	28,53* (6,03; 51,03)	0,122
	GA+AA	48,33±13,94	50,15±20,79	1,81 (-36,08; 39,72)	
rs3877899	GG	39,64±16,26	62,33±24,76	22,68 (-8,15; 53,52)	0,440
	GA+AA	42,64±15,28	54,68±12,88	12,04* (2,45; 21,64)	
MDA (µmol/L)					
Pro198Leu	CC	0,38±0,04	0,47±0,14	0,09 (-0,09; 0,28)	0,926
	CT+TT	0,44±0,05	0,54±0,12	0,10 (-0,06; 0,26)	
rs7579	GG	0,42±0,03	0,51±0,13	0,09 (-0,39; 0,21)	0,746
	GA+AA	0,41±0,08	0,53±0,13	0,12 (-0,15; 0,39)	
rs3877899	GG	0,412±0,06	0,50±0,14	0,09 (-0,05; 0,22)	0,597
	GA+AA	0,423±0,02	0,55±0,07	0,13 (-0,09; 0,35)	

Δ: Teste t; \*: Significativamente diferente do baseline; P< 0,05 (Teste t); DP: desvio padrão

A: adenina; C: citosina; G: guanina; T: timina; GPx: glutiona peroxidase; GPx1: glutiona peroxidase 1; MDA: malondialdeído

A expressão da GPx1 reduziu após a intervenção com castanha-do-brasil em todos os genótipos, exceto dentre o grupo CC do Pro198Leu. Do mesmo modo, a expressão de SePP também reduziu após os seis meses de tratamento, e tal queda foi mais relevante dentre os genótipos variantes do Pro198Leu e do rs7579, e nos homocigotos dominantes do polimorfismo rs3877899 (figura 2).

Figura 1 – Efeitos com consumo de castanha-do-brasil durante seis meses na expressão de SePP e GPx1 de acordo com A) genótipos de rs7579, B) genótipos de rs3877899, C) genótipos de Pro198Leu



O cálculo de fold change para as expressões de SePP e GPx1 foi relativo ao valor do baseline apresentado pelos genótipos de referência.

## 5. DISCUSSÃO

Os idosos são mais vulneráveis à deficiência de selênio, pois têm as necessidades nutricionais aumentadas; tendem a fazer alterações na dieta; e apresentam alterações metabólicas decorrentes do envelhecimento e que reduzem a biodisponibilidade de nutrientes (PLANAS et al., 2004; ARNAUD et al., 2007; LETSIUO et al., 2009). Como resultado, esse grupo é mais suscetível aos danos resultantes do estresse oxidativo no sistema nervoso central, uma vez que os radicais livres estão relacionados à neuroinflamação, a alterações da função mitocondrial, da transmissão sináptica e do transporte axonal, que por consequência contribuem para a morte neuronal em um processo conhecido na Doença de Alzheimer e em outras doenças neurodegenerativas (DE LA MONTE et al., 2006; SWERDLOW et al., 2013). Alguns estudos correlacionam o estado nutricional dos indivíduos quanto ao selênio e o desempenho cognitivo, sugerindo que a deficiência desse mineral pode representar um risco para demências (CEBALLOS-PICOT et al., 1996; BERR et al., 2000; GAO et al., 2007). Estudos in vitro mostram que o selênio influencia de maneira positiva o metabolismo de neurotransmissores (KNORPP et al., 2006; CASTAÑO et al., 1997), embora pareça que o papel mais importante desse mineral no cérebro se relacione a sua capacidade antioxidante. As selenoproteínas encontradas mais abundantemente no sistema nervoso central são a SePP e a GPx. A primeira foi identificada em placas senis e em emaranhados neurofibrilares, ambos marcadores da Doença de Alzheimer, gerando indícios de que apresenta importante papel ao proteger neurônios do estresse oxidativo (BELLINGER et al., 2008; TAKEMOTO et al., 2010). Já a GPx, que neutraliza peróxidos, é amplamente expressa por neurônios e, principalmente, por células da glia (GARCIA et al., 2009; ZHANG et al., 2010).

Neste estudo, o consumo diário de uma castanha-do-brasil durante seis meses foi suficiente para recuperar a deficiência de selênio, confirmando outros trabalhos (STOCKLER-PINTO et al., 2010; COMINETTI et al., 2012). Apenas uma unidade dessa principal fonte alimentar de selênio contribuiu com 288,75 µg de selênio ao dia, aumentando o consumo de selênio para além da recomendação (55µg/dia), porém sem exceder o nível de consumo máximo tolerável (400 µg/d) (IOM, 2002). O selênio da castanha-do-brasil encontra-se nas formas de selenometionina e selenocisteína, e estudos mostram que a concentração de selenometionina varia de 75 a 90% (BODÓ et al., 2003; DA SILVA et al., 2013). Apesar da alta concentração de selênio na castanha, nenhum participante referiu sintomas associados à selenose, que incluem fragilidade e perda de unhas e de cabelos, alterações gastrintestinais, erupções cutâneas, odor de alho na respiração, fadiga, irritabilidade e anormalidades do sistema nervoso central, corroborando as observações de Lemire et al. (2012). Tal fato ocorre porque a selenometionina, apesar de apresentar alta biodisponibilidade, pode tanto ser reduzida a selenito de hidrogênio para a síntese de selenoproteínas, como também substituir a me-

tionina inespecificamente em proteínas séricas, e assim não causa intoxicação (IOM, 2002; NAVARRO-ALARCOM; CABRERA-VIQUE, 2008).

Embora em análise primária, as mudanças no desempenho cognitivo avaliado pelo escore total Cerad não foram significativamente diferentes entre os dois grupos ( $p=0,138$ ). A praxia construtiva e a fluência verbal apresentaram melhora significativa ( $p=0,031$  e  $p=0,007$ , respectivamente) entre os participantes do grupo Castanha. O subteste de fluência verbal avalia uma variedade de funções cognitivas, incluindo velocidade de processamento, linguagem e funções executivas. Tarefas cronometradas, que colocam demandas simultâneas em várias funções cognitivas são consideradas particularmente sensíveis a mudanças sutis no desempenho cognitivo, especialmente aquelas mediadas por sistemas frontais-subcorticais (DODGE et al., 2011). De maneira interessante, testes que avaliam a fluência verbal foram úteis para a identificação de demência pré-clínica em alguns estudos (COOPER et al., 2004; HODGES et al., 2006).

Alguns estudos mostram que pacientes com CCL ou Doença de Alzheimer apresentam níveis mais altos de estresse oxidativo (RINALDI, 2003; CARDOSO, 2010). Assim, este estudo hipotetizou que o consumo de castanha-do-brasil poderia melhorar a resposta antioxidante e, assim, atenuar o declínio cognitivo, visto que a castanha é fonte não somente de selênio, mas também de compostos fenólicos que lhe conferem alta capacidade antioxidante por inibir peroxidação lipídica e neutralizar o radical DPPH (PIRES et al., 2011).

A maioria dos participantes de ambos os grupos apresentaram atividade de GPx adequada no início do estudo, conforme o valor de referência estabelecido pelo kit (27,5-73,6 U/gHb). Entretanto, no grupo Castanha, a atividade dessa enzima aumentou significativamente após os seis meses de tratamento, confirmando outros estudos (STOCKLER-PINTO et al., 2010; COMINETTI et al., 2012), embora a capacidade antioxidante total, avaliada pelo Orac, não tenha sido afetada. A avaliação apropriada de mudanças da resposta antioxidante diante de intervenções alimentares necessita de parâmetros variados, pois diferentes antioxidantes podem interagir e gerar diferentes respostas (PRIOR; CAO, 1999; SERAFINI et al., 2003). Alguns estudos mostram que alimentos ricos em antioxidantes são capazes de aumentar a capacidade antioxidante total imediatamente após o consumo, mas intervenções por períodos prolongados mostram resultados inconsistentes. McKay et al. (2010) observaram que o consumo de nozes não mudou significativamente a capacidade antioxidante do plasma, e Haddad et al. (2014) observaram que uma refeição com 90 g de nozes resultou em aumento de Orac e redução de MDA após 5 horas. Entretanto, após 24 horas não foram observadas diferenças em relação ao baseline. Esses dados sugerem que os benefícios antioxidantes do consumo de castanhas podem apresentar efeito fugaz. Serafini e Del Rio (2004) também apontaram que os componentes da dieta podem interagir de modo a refletir diferentes respostas à intervenção alimentar no que diz respeito à modulação da resposta antioxidante. Nesse sentido, estudos mostram que a dieta mediterrânea (KOLOMVOTSOU et al., 2013) e a inclusão de frutas e verduras na dieta (ROOT et al., 2012) contribuem para o aumento da resposta antioxidante, enfatizando a importância da inclusão de castanha-do-brasil em

uma dieta saudável. Também é importante mencionar que o sistema antioxidante trabalha de acordo com os níveis de radicais livres presentes, ou seja, em um ambiente com baixa concentração de radicais livres, os antioxidantes podem ser protetores mesmo com baixo consumo, e em caso de aumento no consumo, o resultado pode não ser elevado (SERAFINI; DEL RIO, 2004). Nesse sentido, pode-se hipotetizar que o aumento da atividade da GPx não afetou a capacidade antioxidante total mensurada pelo Orac, reforçando a ideia de que esse parâmetro reflete a interação entre diversos componentes em um sistema dinâmico.

Alguns estudos sugerem que a peroxidação lipídica está aumentada em pacientes com CCL e Doença de Alzheimer (BALDEIRAS et al., 2008; PADURARIU et al., 2010; TORRES et al., 2011). Esse parâmetro está intimamente associado ao estresse oxidativo, e pode ser associado à progressão do declínio cognitivo. Esperava-se que o aumento da atividade da GPx reduzisse a produção de  $H_2O_2$ , que por sua vez diminuiria o estímulo para peroxidação lipídica e para oxidação proteica, conforme sugerido por Padurariu et al. (2010). Entretanto, destaca-se que a castanha-do-brasil tem alto teor de lipídios, especialmente ácidos graxos polinsaturados, como o ácido linoleico (RYAN et al., 2006). Esses ácidos graxos são muito vulneráveis à peroxidação (ESTERBAUER et al., 1990; LU et al., 2002), porém, questiona-se se o teor lipídico de apenas uma unidade de castanha-do-brasil seria suficiente para aumentar os níveis de MDA, e se esse aumento seria tempo-dependente.

Os biomarcadores avaliados em nosso estudo estão dentre os mais utilizados para avaliar estresse oxidativo, mas eles podem não ser considerados indicadores fidedignos do estado redox, principalmente porque não é possível conhecer, por meio deles, os alvos exatos onde os antioxidantes desempenham seus papéis (NAEINI et al., 2013). Como exemplo, reconhece-se o MDA como marcador de peroxidação lipídica, porém este é apenas um dos vários compostos aldeídos produzidos pela peroxidação de lipídios (CHARNIOT et al., 2011).

Aumentar o consumo de selênio é essencial para a síntese de selenoproteínas porque esse sistema segue uma hierarquia em algumas selenoproteínas que respondem rapidamente à deficiência de selênio, com diminuição da sua síntese, enquanto outras se mantêm estáveis sob deficiência moderada e apenas têm síntese reduzida diante de prolongada e notável depleção. Todavia, polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs) em genes de selenoproteínas podem alterar seu metabolismo e a resposta diante da mudança do consumo de selênio (HESKETH; MÉPLAN, 2011). De acordo com essas circunstâncias, observou-se neste trabalho que os polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899 não tiveram impacto na resposta ao consumo de selênio em relação aos níveis plasmáticos e eritrocitários de selênio, corroborando os resultados de Cominetti et al. (2012). Os resultados deste trabalho contrastam daqueles observados no estudo Selgen (MÉPLAN et al., 2007), em que o índice de massa corporal (IMC) interagiu com o genótipo de rs3877899 após a suplementação com 100 µg de selenito de sódio, visto que os indivíduos obesos (IMC>30), com genótipo homocigoto dominante, apresentaram níveis mais altos de selênio no plasma após a intervenção. Na população aqui estudada, apenas um indivíduo apresentou IMC>30, o que impediu a análise da associação entre os genótipos e o IMC. Em relação ao polimorfismo rs7579, Méplan et

al. (2007) reportaram que a presença do alelo variante se associou com níveis mais altos de selênio antes e após suplementação, diferindo dos resultados encontrados neste estudo.

Acerca dos parâmetros antioxidantes, verificou-se que, embora todos os genótipos tenham apresentado aumento da atividade de GPx após a intervenção, isso não foi significativo para o genótipo dominante do rs7579 e para o variante do rs3877899. Méplan et al. (2007) observaram dados diferentes, visto que o genótipo GG para os dois polimorfismos respondeu à suplementação de maneira mais significativa quando comparado aos genótipos com alelo variante. O MDA não mudou após o consumo da castanha em nenhum dos genótipos, confirmando achados de outros trabalhos que reportaram que os polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899 não estão associados com parâmetros de estresse oxidativo como 8-isoprostano F2a, 8-oxo-7,8-diidro-2-deoxiguanosina (AL-ALEM et al., 2011), MDA (CHARNIOT et al., 2011; TAKATA et al., 2012), LDL oxidada e proteínas carboniladas (CHARNIOT et al., 2011). Assim, os dados deste estudo reforçam a hipótese de que esses SNPs não influenciam o sistema antioxidante ao ponto de mudar parâmetros de estresse oxidativo como o MDA.

A mudança na expressão de GPx1 e SePP, após a intervenção, não foi a mesma entre os genótipos. Indivíduos com alelo variante para Pro198Leu apresentaram redução da expressão da GPx1, enquanto carreadores do genótipo CC tiveram um aumento. Além disso, percebeu-se uma redução na expressão de SePP após os seis meses em todos os genótipos, mas de maneira mais importante nos genótipos variantes para Pro198Leu e rs7579 e no genótipo GG para rs3877899.

Os dados aqui apresentados são diferentes daqueles mostrados em outros trabalhos em que a suplementação com selênio resultou em aumento da expressão de GPx1 (HU et al., 2011; JEROME-MORAES et al., 2013; ZHAO et al., 2013; JOTTY et al., 2013; MASEKO et al., 2014) e de SePP (MÉPLAN, 2009; HU et al., 2011; JOTTY et al., 2013; MASEKO et al., 2014). Contudo, salienta-se que grande parte desses estudos avaliou a expressão gênica em células como hepatócitos e enterócitos, sendo realizados predominantemente em animais e em culturas de células. Estudos com seres humanos ainda não são conclusivos ao estabelecer relação entre expressão gênica de selenoproteínas mensurada pelo RNAm em leucócitos ou no sangue total e a concentração sérica de selênio e de selenoproteínas (RESZKA et al., 2012), sugerindo que mecanismos ainda desconhecidos interagem no processo de síntese dessas proteínas dependentes de selênio. Tal processo compõe um sistema abrangente e interligado e, desse modo, polimorfismos genéticos podem gerar mudança no funcionamento não somente da própria proteína, como também em outras selenoproteínas por alterar os mecanismos associados à síntese dessas proteínas (HESKETH; MÉPLAN, 2011).

A SePP é uma proteína com 381 aminoácidos dos quais 10 são resíduos de selenocisteína, onde o selênio é incorporado. Existem diversas isoformas de SePP e, embora a literatura ainda não seja conclusiva quanto à variedade e aos tamanhos (MÉPLAN et al., 2009), Ballihaut et al. (2012) reportam a existência de três isoformas, das quais apenas uma apresenta selênio incorporado. Méplan et al. (2009) sugerem que os polimorfismos rs7579 e rs3877899 modu-

lam a proporção entre as isoformas de SePP no plasma, e isso poderia causar uma alteração no fornecimento de selênio para a síntese de outras selenoproteínas. Além disso, como a SePP é o maior transportador de selênio, a redução da sua expressão pode acarretar menor disponibilidade de selênio para outras selenoproteínas, como a GPx1 (HILL et al., 2012).

Entretanto, estudos mostram que o polimorfismo Pro198Leu pode afetar a expressão e a atividade da GPx1 em resposta ao selênio, sendo o alelo Leu menos responsivo que o alelo Pro à presença do mineral (JABLONSKA et al., 2009; COMINETTI et al., 2011; RAVN-HAREN et al., 2006; HU; DIAMOND, 2003). A GPx1 é alvo de regulação transcricional, pós-transcricional, traducional e também pós-traducional, que modulam, em alguns casos de maneira independente, sua expressão e atividade. Nesse contexto, o suprimento de selênio é fator primordial para modular a tradução e a atividade da enzima. Já o estresse oxidativo parece aumentar a transcrição de GPx1, embora estudos in vitro sugiram que a presença de peróxidos de hidrogênio pode oxidar e inativar a selenocisteína presente no seu sítio ativo. A nucleolina, proteína ligadora de ácidos nucleicos, se relaciona com aumento da estabilidade do RNA por se ligar à região 3' UTR no gene da GPx, enquanto a homocisteína parece reduzir sua expressão (LUBOS et al., 2011).

Este trabalho apresenta algumas limitações que merecem ser comentadas. Primeiro, a não utilização de placebo, o que significa que os participantes não eram cegos para a intervenção. Segundo, a inclusão de um número pequeno de participantes com poder limitado para detectar até mesmo grandes magnitudes de efeito, levando a um aumento de probabilidade do erro tipo 2. A análise de pos hoc com poder de 0,80 mostrou que uma amostra com 58 participantes seria necessária para detectar diferenças entre os grupos com d de Cohen de 0,76, como observado na análise primária. A presença de uma amostra pequena impede que mais análises sejam feitas, pois não permite a estratificação por gênero nem a avaliação conjunta entre os genótipos dos três polimorfismos avaliados. Devido à amostra reduzida, o estudo apresentou um desenho exploratório, e foi conduzido com análise per protocol, que reflete o efeito do tratamento de maneira melhor, embora proporcione menor nível de evidência. Terceiro, a ausência de dosagem sérica de selenoproteína P, o que permitiria estabelecer possível correlação com a expressão gênica.

Entretanto, deve-se salientar que o protocolo foi bem controlado. Nesse sentido, a avaliação neuropsicológica foi realizada por profissionais cegos quanto aos grupos e, a fim de minimizar o viés, todas as avaliações bioquímicas foram conduzidas com amostras dos dois grupos ao mesmo tempo. Assim, embora os resultados deste trabalho sugiram que o consumo de castanha-do-brasil pode trazer benefícios à cognição e que os polimorfismos Pro198Leu, rs7579 e rs3877899 possam modular a expressão gênica diante do consumo alimentar, outros estudos, com mais participantes, podem consolidar esses dados. Além disso, estudos com animais são necessários para explorar os mecanismos associados ao papel do selênio na cognição, uma vez que os dados aqui apresentados sugerem que a redução do estresse oxidativo pode não ser a única via relacionada.

## 6. CONCLUSÕES

Os dados deste trabalho mostram que o consumo de uma castanha-do-brasil por dia é suficiente para recuperar a deficiência de selênio. Observam-se indícios de que o consumo desta castanha por idosos com CCL pode ter efeitos positivos sobre as funções cognitivas, particularmente na fluência verbal e na praxia construtiva.

Observa-se ainda que os genótipos para Pro198Leu, rs7579 e rs3877899 não interferem na resposta ante o consumo de castanha-do-brasil quanto às concentrações séricas de selênio e o nível plasmático de MDA. Entretanto, observa-se que a expressão da GPx parece sofrer influência do polimorfismo Pro198Leu, embora isso não tenha repercutido em diferença na atividade da enzima entre os genótipos. Do mesmo modo, verifica-se que os polimorfismos rs7579 e rs3877899 modulam a expressão gênica da SePP.

## REFERÊNCIAS

- AL-ALEM, U. et al. Associations between functional polymorphisms in antioxidant defense genes and urinary oxidative stress biomarkers in healthy, premenopausal women. In: *Genes Nutr.*, v. 7, p. 191-195, 2012.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. 5th ed. Washington, DC: American Psychiatric Association, 2013.
- ANSARI, M. A; SCHEFF, S. W. Oxidative Stress in the Progression of Alzheimer Disease in the Frontal Cortex. In: *J Neuropathol Exp Neurol*. v. 69, n. 2, p. 155-167, 2010.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington: AOAC, 1990.
- ARNAUD, J. et al. Factors associated with longitudinal plasma selenium decline in the elderly: The EVA Study. In: *J Nutr Biochem*. v. 18, p. 482-487, 2007.
- ATKINSON, R. C.; SHIFFRIN, R. M. The control of short-term memory. In: *Scientific American*. v. 221, p. 82-90, 1971.
- BALDEIRAS, I. et al. Peripheral oxidative damage in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease. In: *J. Alzheimer's Dis.* v. 15, p. 117-128, 2008.
- BALLIHAUT, G, et al. Multiple forms of selenoprotein P in a candidate human plasma standard reference material. In: *Metallomics*, v. 4, p.533-538, 2012.
- BELLINGER, F. P. et al. Association of Selenoprotein P with Alzheimer's Pathology in Human Cortex. In: *J Alzheimers Dis.*, v. 15, n. 3, p. 465-472, 2008.
- BERR. C. et al. Cognitive decline is associated with systemic oxidative stress: the EVA study.

- Etude du Vieillissement Artériel. In: *J Am Geriatr Soc.*, v. 48, n. 10, p. 1285-1291, 2000.
- BODÓ, E. T. et al. Preparation, homogeneity and stability studies of a candidate LRM for Se speciation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 377, n. 1, p. 32-38. 2003.
- BORTOLI, M. C. *Avaliação dos níveis sanguíneos do hormônio tireoidiano ativo (T<sub>4</sub>IND.3') e do estado nutricional relativo ao selênio de mulheres residentes em área de exposição ao mercúrio*. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP: 2009.
- BOURDEL-MARCHASSON, I. et al. Antioxidant defences and oxidative stress markers in erythrocytes and plasma from normally nourished elderly Alzheimer patients. In: *Age Ageing*. v. 30, p. 235-241, 2001.
- CARDOSO, B. R. et al. Glutathione peroxidase 1 Pro198Leu polymorphism in Brazilian Alzheimer's disease patients: relations to the enzyme activity and to selenium status. In: *J Nutrigenet Nutrigenomics*. v. 5, n. 2, p. 72-80, 2012.
- CARDOSO, B. R. et al. Nutritional status of selenium in Alzheimer's disease patients. In: *British Journal of Nutrition*, v. 103, p. 803-806, 2010.
- CASTAÑO, A. et al. Low selenium diet increases the dopamine turnover in prefrontal cortex of the rat. In: *Neurochem Int.*, v. 30, p. 549-55, 1997.
- CEBALLOS-PICOT I. et al. Peripheral antioxidant enzyme activities and selenium in elderly subjects and in dementia of Alzheimer's type-place of the extracellular glutathione peroxidase. In: *Free Rad Biol Med.*, v. 20, p. 579-587, 1996.
- CHARNIOT, J. C. et al. Manganese superoxide dismutase dimorphism relationship with severity and prognosis in cardiogenic shock due to dilated cardiomyopathy. In: *Free Radical Research*, v. 45, n. 4, April, p. 379-388, 2011.
- CHAUHAN, V.; CHAUHAN, A. Oxidative stress in alzheimer's disease. In: *Pathophysiology*, v.13, p.195-208, 2006.
- COMINETTI, C. et al. Associations between glutathione peroxidase-1 Pro198Leu polymorphism, selenium status, and DNA damage levels in obese women after consumption of Brazil nuts. In: *Nutrition*, v. 9, p.891-896, 2011.
- COMINETTI, C. et al. Considerations about oxidative stress, selenium and nutrigenetics. In: *Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, v. 36, n. 3, p. 131-153, 2011.
- COMINETTI, C. et al. Brazilian nut consumption improves selenium status and glutathione peroxidase activity and reduces atherogenic risk in obese women. In: *Nutrition Research*, v. 32, p. 403-407, 2012.
- COOPER, D. B. et al. Category fluency in mild cognitive impairment: reduced effect of practice in test-retest conditions. In: *Alzheimer Dis Assoc Disord.*, v. 18, p. 120-122, 2004.

- CROUCH, P. J. et al. Mechanisms of A $\beta$  mediated neurodegeneration in Alzheimer's disease. In: *Int J Biochem Cell Biol.*, v. 40, p.181-198, 2008.
- DA SILVA, E. G. et al. Speciation analysis of selenium in plankton, Brazil nut and human urine samples by HPLC-ICP-MS. In: *Talanta*, v. 110, p. 53-57, 2013.
- DAMIER, P. et al. Glutathione peroxidase, glial cells and Parkinson's disease. In: *Neuroscience*, v. 52, p. 1-6, 1993.
- DE LA MONTE, S. M. et al. Therapeutic rescue of neurodegeneration in experimental type 3 diabetes: relevance to Alzheimer's disease. In: *J Alzheimers Dis.*, v. 10, p. 89-109, 2006.
- DODGE, H. H. et al. Terminal decline and practice effects in older adults without dementia: the MoVIES project. In: *Neurology*, v. 77, n. 8, p. 722-30, 2011.
- ESTERBAUER, H.; CHEESEMAN, K. H. Determination of aldehydic lipid peroxidation products: Malondialdehyde and 4-hydroxynonenal. In: *Methods Enzymol*, v. 186, p. 407-13, 1990.
- ETGEN T. et al. Metabolic and endocrine factors in mild cognitive impairment. *Ageing Research Reviews*, v. 9, p. 280-288, 2010.
- FERGUSON, L. R.; KARUNASINGHE, N. Nutrigenetics, nutrigenomics, and selenium. *Front Genet*, v. 2, p. 1-1, 2011.
- FERRI, C. P. et al. Alzheimer's Disease International: Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. In: *Lancet*, v. 366, p. 2112-2117, 2005.
- FRIEDEWALD, W. T. et al. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.*, v. 18, n. 6, p. 499-502, 1972.
- GAO, S. et al. Selenium Level and Cognitive Function in Rural Elderly Chinese. *Am J Epidemiol.*, v. 165, n. 8, p. 955-965, 2007.
- GARCIA, T. et al. Oxidative stress status and RNA expression in hippocampus of an animal-model of Alzheimer's disease after chronic exposure to aluminum. In: *Hippocampus*, v. 20, p. 218-225, 2009.
- HADDAD, E. H. et al. Effect of a walnut meal on postprandial oxidative stress and antioxidants in healthy individuals. In: *Nutrition Journal*, v. 13, n. 4, p. 1-9, 2014.
- HAO, D. et al. Determination of serum selenium by hydride generation flame atomic absorption spectrometry. In: *Talanta*, v. 43, p. 595-600, 1996.
- HESKETH, J. Nutrigenomics and selenium: gene expression patterns, physiological targets, and genetics. *Annu Rev Nutr.*, v. 28, p.157-177, 2008.
- HESKETH, J., MÉPLAN, C. Transcriptomics and functional genetic polymorphisms as biomarkers of micronutrient function: focus on selenium as an exemplar. In: *Proc Nutr Soc.*, v. 3, p. 1-9, 2011.

- HILL, K. E. et al. Production of Selenoprotein P (Sepp1) by Hepatocytes Is Central to Selenium Homeostasis. In: *J Biol Chem.*, v. 287, n. 48. p. 40414-40424, 2012.
- HODGES, J. R. et al. Evolution of cognitive deficits and conversion to dementia in patients with mild cognitive impairment: a very-long-term follow-up study. *Dement Geriatr Cogn Disord.*, v. 21, p. 380-391, 2006.
- HOFFMANN, P. R. et al. The selenoproteome exhibits widely varying, tissue-specific dependence on selenoprotein P for selenium supply. *Nucleic Acids Res.* v. 35, p. 3963-3973, 2007.
- HONG, Y. L. et al. Total plasma malondialdehyde levels in 16 Taiwanese college students determined by various thiobarbituric acid tests and an improved high-performance liquid chromatography-based method. In: *Clin. Biochem.*, v. 33, pp. 619-625, 2000.
- HU, Y, et al. The influence of selenium-enriched milk proteins and selenium yeast on plasma selenium levels and rectal selenoprotein gene expression in human subjects. In: *British Journal of Nutrition*, v. 106, p. 572-582, 2011.
- HU, Y. J.; DIAMOND, A. M. Role of glutathione peroxidase 1 in breast cancer: loss of heterozygosity and allelic differences in the response to selenium. *Cancer Res.*, v. 63, p. 3347-3351, 2003.
- IOM – Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: The National Academy Press, 2002.
- ISAACS, B.; KENNIE, A. T. The set test as an aid to the detection of dementia in old people. In: *Brit J Psych.* v. 123, p. 467-470, 1973.
- JABLONSKA, E. et al. Association between GPx1 Pro198Leu polymorphism, GPx1 activity and plasma selenium concentration in humans. In: *Eur J Clin Nutr.*, v. 48, p. 383-6, 2009.
- JEROME-MORAES, A, et al. The effects of selenium and the GPx-1 selenoprotein on the phosphorylation of H2AX. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1830, p. 3399-3406, p. 2013.
- JOTTY, K. et al. Selenium dietary supplementation as a mechanism to restore hepatic selenoprotein regulation in rat pups exposed to alcohol. In: *Alcohol*, v. 47, p. 545-552, 2013.
- KAPLAN, E. F. et al. *The Boston Naming Test*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1983.
- KESSE-GUYOT, E. et al. French adults' cognitive performance after daily supplementation with antioxidant vitamins and minerals at nutritional doses: a post hoc analysis of the Supplementation in Vitamins and Mineral Antioxidants (SU.VI.MAX) trial. In: *Am J Clin Nutr.*, v. 94, p. 892-899 2011.
- KNORPP, T. et al. Glutathione peroxidase-1 contributes to the protection of glutamine synthetase in astrocytes during oxidative stress. In: *J Neural Transm.*, v. 113, p. 1145-1155, 2006.
- KOLOMVOTSOU, A. I. et al. Adherence to Mediterranean diet and close dietetic supervision

increase total dietary antioxidant intake and plasma antioxidant capacity in subjects with abdominal obesity. In: *Eur J Nutr.*, v. 52, p. 37-48, 2013.

LEMIRE, M. et al. No evidence of selenosis from a selenium-rich diet in the Brazilian Amazon. In: *Environment International*, v. 40, p. 28-136, 2012.

LESZEK, J. et al. Colostrinin®: a proline-rich polypeptide (PRP) complex isolated from ovine colostrum for treatment of Alzheimer's disease. A double-blind, placebo-controlled study. In: *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. v. 47, p. 377-384, 1999.

LETSIOU, S. et al. Serum Total Selenium Status in Greek Adults and Its Relation to Age. The ATTICA Study Cohort. In: *Biol Trace Elem Res.*, v. 128, p. 8-17, 2009.

LIVAK, K. J.; SCHMITTGEN, T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2<sup>-</sup>(-Delta C (T)) Method. In: *Methods*, v. 25, n. 4, December, p. 402-8, 2001.

LU, Y. F.; LU, S. Influence of dietary fat saturation on lipid peroxidation of serum and low-density lipoprotein in rats. In: *Nutr Res.*, v. 22, p. 463-472, 2002.

LUBOS, E. et al. Glutathione Peroxidase-1 in Health and Disease: From Molecular Mechanisms to Therapeutic Opportunities. In: *Antioxidants & Redox signaling*, v. 15, n. 7, 2011.

MANGIALASCHE, F. et al. Biomarkers of oxidative and nitrosative damage in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. In: *Ageing Research Reviews*, v. 8, p. 285-305, 2009.

MARIANI, E. et al. Oxidative stress in brain aging, neurodegenerative and vascular diseases: An overview. In: *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci.*, v. 827, p. 65-75, 2005.

MASEKO T, et al. Selenium-enriched *Agaricus bisporus* increases expression and activity of glutathione peroxidase-1 and expression of glutathione peroxidase-2 in rat colon. In: *Food Chemistry*, v. 146, p. 327-333, 2014.

McKAY, D. L. et al. Chronic and acute effects of walnuts on antioxidant capacity and nutritional status in humans: a randomized, crossover pilot study. In: *Nutrition Journal*, p. 9:21, 2010.

McKHANN, G. et al. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA work group under the auspices of department of health and human services task force on Alzheimer's disease. In: *Neurology*, v. 34, p. 939-944, 1984.

MÉPLAN, C. et al. Genetic polymorphisms in the human selenoprotein P gene determine the response of selenoprotein markers to selenium supplementation in a gender - specific manner (the SELGEN study). In: *The FASEB Journal*, v. 21, n. 12, p. 3063-74, 2007.

MÉPLAN, C. et al. Relative Abundance of Selenoprotein P Isoforms in Human Plasma Depends on Genotype, Se Intake, and Cancer Status. In: *Antioxidants & Redox Signaling*, v. 11, n. 11, 2009.

- MITCHELL, A. J.; SHIRI-FESHKI, M. Rate of progression of mild cognitive impairment to dementia- meta-analysis of 41 robust inception cohort studies. In: *Acta Psychiatr Scand.*, v. 119, n. 4, April, p. 252-65, 2009.
- NAEINI, Alavi M., et al. The effect of antioxidant vitamins E and C on cognitive performance of the elderly with mild cognitive impairment in Isfahan, Iran: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. In: *Eur J Nutr.*, 2013 [Epub ahead print]
- NAVARRO-ALARCON, M.; CABRERA-VIQUE, C. Selenium in food and the human body: A review. In: *Science of the Total Environment*, n. 1-3, p. 115-141, 2008.
- PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. Selenium and Aflatoxin Levels in Raw Brazil Nuts from the Amazon Basin. In: *J. Agric. Food Chem.*, v. 55, p. 11087-92, 2007.
- PADURARIU, M. et al. Changes of some oxidative stress markers in the serum of patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. In: *Neuroscience Letters*, v. 469, p. 6-10, 2010.
- PAGLIA, D. E.; VALENTINE, W. N. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase In: *J. Lab. Clin. Med.*, v. 70, p. 158-169, 1967.
- PETERSEN, R. C. et al. Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. In: *Arch Neurol.*, v. 56, p. 303-308, 1999.
- PIRES, L. V. *Efeito da suplementação com castanha do brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.) na expressão gênica de citocinas inflamatórias e sua relação com o estresse oxidativo em pacientes com Diabetes Mellitus tipo 1.* Tese de doutorado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP. 2012.
- PIRES, L. V. et al. Investigação da concentração de selênio e dos compostos fenólicos presentes na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) e sua atividade antioxidante in vitro. In: *Nutrire – Journal of Brazilian Society of Food and Nutrition*, 36s:7s, 2011.
- PLANAS, M. et al. Micronutrient supplementation in mild Alzheimer disease patients. In: *Clin Nutr.*, v. 23, p. 265-272, 2004.
- PRIOR, R. L. et al. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 3273-3279, 2003.
- PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. In: *Free Radical Biology & Medicine*, v. 27, n. 11/12, p. 1173-1181, 1999.
- RAVN-HAREN, G. et al. Associations between GPX1 Pro198Leu polymorphism, erythrocyte GPX activity, alcohol consumption and breast cancer risk in a prospective cohort study. In: *Carcinogenesis*, v. 27, n. 4, p. 820-25, 2006.
- REISBERG, B. et al. Stage-specific behavioral, cognitive, and in vivo changes in community

residing subjects with age-associated memory impairment and primary degenerative dementia of the Alzheimer type. In: *Drug Dev Res.*, v.15, n.2-3, p. 101-114, 1988.

RESZKA, E. et al. Relevance of selenoprotein transcripts for selenium status in humans. In: *Genes Nutr.*, v. 7, p. 127-137, 2012.

RINALDI, P. et al. Plasma antioxidants are similarly depleted in mild cognitive impairment and in Alzheimer's disease. In: *Neurobiology of Aging*, v. 24, p. 915-919, 2003.

ROCHA, A. V. et al. Selenium Status and Hair Mercury Levels in riverine children from Rondonia – Amazonia. In: *Nutrition*, 2014.

ROOT, M. M. et al. Combined fruit and vegetable intake is correlated with improved inflammatory and oxidant status from a cross-sectional study in a community setting. In: *Nutrients*, v. 4, 29-41, 2012.

ROSEN, W. G. et al. A new rating scale for Alzheimer's disease. In: *Am J Psych.* v. 141, p. 23-24, 1984.

RYAN E, et al. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of Brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 57, n. 3/4, May/June, p. 219-228, 2006.

SCHELTENS, P. et al. Efficacy of a medical food in mild Alzheimer's disease: a randomized, controlled trial. In: *Alzheimers Dement*, v. 6, p. 1-10, 2010.

SERAFINI, M. et al. Plasma antioxidants from chocolate. In: *Nature*, v. 424, p. 1013, 2003.

SERAFINI, M.; DEL RIO, D. D. Understanding the association between dietary antioxidants, redox status and disease: is the Total Antioxidant Capacity the right tool? In: *Redox Report*, v. 9, n.3, p. 145-152, 2004.

STEINBRENNER, H.; SIES, H. Selenium homeostasis and antioxidant selenoproteins in brain: Implications for disorders in the central nervous system. In: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 536, p. 152-157, 2013.

STOCKLER-PINTO, M. B. et al. Effect of Brazil nut supplementation on the blood levels of selenium and glutathione peroxidase in hemodialysis patients. In: *Nutrition*, v. 26, p. 1065-1069, 2010.

SWERDLOW, R. et al. The Alzheimer's disease mitochondrial cascade hypothesis: Progress and perspectives. In: *Biochimica et Biophysica Acta*, 2013.

TAKATA, Y. et al. Genetic Variation in GPX1s Associated with GPX1 Activity in a Comprehensive Analysis of Genetic Variations in Selenoenzyme Genes and Their Activity and Oxidative Stress in Humans. In: *J. Nutr.* v. 142, p. 419-426, 2012.

TAKEMOTO, A. S. et al. Role of Selenoprotein P in Alzheimer's Disease. In: *Ethn Dis.*, v. 20, Suppl 1, p. 192-5, 2010.

- THOMSON, C. D. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. In: *Eur J Clin Nutr.*, v. 58, p. 391-402, 2004.
- THOMSON, C. D. et al. Brazil nuts: an effective way to improve selenium status. In: *Am J Clin Nutr.*, v. 87, p. 379-84, 2008.
- TORRES, L. L. et al. Peripheral Oxidative Stress Biomarkers in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. In: *Journal of Alzheimer's Disease* v. 26, p. 59-68, 2011.
- VAN ASSENDELFT, W. O. The measurement of hemoglobin. In: IZAK G, LEWIS SM. *Modern concepts in hematology: symposia of the International Committee for Standardization in Hematology*. New York: Academic Press, 1972.
- WINBLAD, B. et al. Mild cognitive impairment – beyond controversies, towards a consensus: report of the International Working Group on Mild Cognitive Impairment. In: *J Intern Med.* v. 256, n. 3, September, p. 240-6, 2004.
- ZHANG, S. et al. Selenoproteins and the aging brain. In: *Mechanisms of Ageing and Development*, v. 131, p. 253-260, 2010.
- ZHANG, Y. et al. Comparative analysis of selenocysteine machinery and selenoproteome gene expression in mouse brain identifies neurons as key functional sites of selenium in mammals. In: *J. Biol. Chem.* v. 283, p. 2427-2438, 2008.
- ZHAO, X. et al. Protective effects of selenium on oxidative damage and oxidative stress related gene expression in rat liver under chronic poisoning of arsenic. In: *Food and Chemical Toxicology*, v. 58, p. 1-7, 2013.
- ZHU, X. et al. Alzheimer disease, the two-hit hypothesis: An update. In: *Biochim Biophys Acta.*, v. 1772, p. 494-502, 2007.
- SEABRA, M.L.V.; CONCÍLIO G.V.; VILLAREA, J.B.; CARLINI, E.A. Avaliação do teste “Mini-mental state” em voluntários e pacientes brasileiros. In: *Rev ABP-APL.*, v. 12, p. 1-29, 1990.
- FOLSTEIN, M.F.; FOLSTEIN, S.E.; MCHUGH, P.R. “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. In: *J Psychiatr Res.*, v. 12, n. 3, p. 189-98, 1975.
- COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 1988.

#### PARA SABER MAIS

**Bárbara Rita Cardoso**  
baritacardoso@gmail.com  
+61 04 540633637

**Silvia Maria Franciscato Cozzolino**  
(orientadora)  
smfcozzo@usp.br

2º LUGAR

CATEGORIA  
MESTRE E DOUTOR



**CAMILA MARANHã PAES DE CARVALHO**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
(Uerj) Rio de Janeiro - RJ

## **Proposta de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) para municípios do Estado do Rio de Janeiro**

### **RESUMO**

Neste trabalho foi desenvolvida uma proposta de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) em âmbito local. O trabalho se dividiu nas etapas: levantamento bibliográfico de estudos e de indicadores de avaliação do Pnae; elaboração de expressões gráficas da dinâmica de funcionamento do Pnae e de uma proposta preliminar de avaliação; revisão do elenco de indicadores e de expressões gráficas após consulta a atores envolvidos em sua execução e a especialistas no tema; elaboração de instrumentos para a coleta de dados; aplicação desse elenco de instrumentos e indicadores em um município; revisão dos indicadores à luz da experiência de sua aplicação; e formulação de uma proposta final de avaliação. Esta é composta por um elenco de 88 indicadores (20 deles qualitativos), divididos em seis dimensões: gestão; promoção da alimentação saudável; desenvolvimento local; qualificação dos atores; controle e participação social; e opinião dos atores sociais. A proposta aqui apresentada contribui para o estabelecimento de mecanismos avaliativos do Pnae que ampliem a transparência dos processos envolvidos em sua execução.

**PALAVRAS-CHAVE:** avaliação de programas e projetos de saúde; alimentação escolar; indicadores

### **1. INTRODUÇÃO**

Desde 2008 funciona na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uerj) o Núcleo de Alimentação Escolar (Nucane), que tem como objetivo qualificar as ações de alimentação e nutrição na rede pública de ensino básico dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. O núcleo atua por meio de diferentes vertentes de ação, dentre as quais destacamos: o

acompanhamento da dinâmica do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) no RJ, atividades de formação para responsáveis técnicos do estado e a inserção do tema da alimentação escolar nos cursos de graduação e de pós-graduação do Instituto de Nutrição da Uerj. O presente projeto de pesquisa se insere nesta última vertente por se tratar do projeto de dissertação realizado para obtenção do título de mestre da autora<sup>1</sup>.

Com mais de 50 anos de existência, o Pnae destaca-se no campo das políticas em alimentação e nutrição por inúmeros motivos. Ele é um dos maiores programas desta área, com atendimento, em 2013, de cerca de 43 milhões de estudantes da educação básica e de jovens e adultos. Ademais, tem acompanhado os avanços das áreas de alimentação e nutrição e do desenho de políticas públicas no Brasil. Expressão disso são: o esforço de superação do modelo assistencialista (que o caracterizava quando da sua criação), na perspectiva da alimentação como direito humano e do programa como estratégia de promoção da alimentação saudável e da segurança alimentar e nutricional; a exigência da participação social; a descentralização de sua gestão; e a ampliação dos grupos por ele atendidos. Por ser um programa que extrapola seus objetivos primeiros e estruturas específicas, sendo capaz de atuar como nucleador de ações integradas que expressam a desejada intersectorialidade da segurança alimentar e nutricional, ele figura entre os chamados “programas basilares” do futuro Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional.

Dado o escopo dos princípios e do desenho do Pnae, sua execução é bastante complexa. Por consequência, avaliações sobre seu funcionamento representam tarefas desafiadoras, cujo arcabouço teórico é ainda pouco consolidado. Em geral, os estudos existentes focam isoladamente aspectos específicos do programa.

Tendo em vista recentes modificações ocorridas em sua normatização, torna-se relevante a reflexão sobre possíveis abordagens metodológicas que contribuam para avaliar o programa da forma como está hoje concebido. Soma-se a essa demanda a necessidade de avaliações que foquem no âmbito local, considerando a esfera municipal, uma vez que o funcionamento do programa é distinto em cada realidade em função das diferenças nos contextos para sua execução. Consideramos assim que a proposição de uma avaliação ampliada para o Pnae configura-se estratégia de inovação em política de segurança alimentar para a alimentação escolar.

## 2. OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo apresentar um elenco de indicadores de avaliação do Pnae em âmbito municipal, tendo como contexto de reflexão o estado do RJ.

1 Para o desenvolvimento da pesquisa, a autora recebeu bolsa de mestrado da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente proposta avaliativa, buscamos inspiração nos preceitos da avaliação útil e da reflexividade organizativa. Orientaram a organização do processo de trabalho as perguntas: “A avaliação servirá para quem?”, “Como será utilizada?” e “Como foi construída e implementada?” Ademais, destacamos o cenário que embasou a realização do presente estudo: um diagnóstico da execução do Pnae em municípios do Rio de Janeiro, realizado pelo Nucane em 2009/2010. Observou-se que, em geral, eles apresentavam bom nível de execução do programa e que predominava a modalidade de serviço próprio de alimentação. Por esse motivo, na perspectiva de utilização dos resultados gerados nos municípios do Rio de Janeiro, o elenco de indicadores de avaliação do Pnae aqui proposto foi concebido para municípios que contam com serviço próprio de alimentação. A seguir são descritas as etapas que compuseram o percurso metodológico desta pesquisa.

#### 3.1 Levantamento bibliográfico e definição das dimensões de avaliação

Dos estudos de avaliação do Pnae identificados no levantamento bibliográfico feito no primeiro semestre de 2011, foram selecionados aqueles que se propuseram a avaliar ou a apresentar abordagens avaliativas do programa que cobrissem diferentes aspectos, no intuito de contemplar sua complexidade. Com base nesse levantamento e na legislação que regulamentava o Pnae à época, aí incluídos seus princípios e diretrizes, foram definidas seis dimensões de abrangência do programa, e para cada uma delas foi organizado um elenco de indicadores. Essas dimensões e o resumo do seu escopo estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Dimensões da proposta avaliativa do Programa Nacional de Alimentação Escolar e principais aspectos nelas contemplados.

Dimensão	Caracterização da dimensão
Gestão	Fatores administrativos, financeiros, técnicos e operacionais que incidem na decisão e execução do programa, adesão dos alunos, intercorrências na alimentação escolar e parcerias estabelecidas pela gestão.
Promoção da alimentação saudável	Procedimentos e processos de trabalho para promoção da alimentação adequada e saudável segundo as vertentes de ação: incentivo (difundir informação e motivar os alunos, visando à adoção de práticas alimentares saudáveis); apoio (tornar factível e/ou facilitar a adesão a práticas alimentares saudáveis pelos alunos); proteção (impedir ou diminuir a exposição dos alunos a fatores e situações de risco para sua saúde); e monitoramento (acompanhamento de processos e desfechos de saúde que complementam as outras três ações)
Desenvolvimento local	Mecanismos de indução de crescimento econômico local e de contribuição para o desenvolvimento sustentável.
Qualificação dos atores	Conhecimento sobre as normas do Pnae e formação de atores envolvidos em sua execução para aperfeiçoamento de suas atividades.

Controle e participação social	Organização do Conselho de Alimentação Escolar (CAE), acompanhamento das ações de execução do Pnae pelos seus membros e apoio dado pela entidade executora.
Opinião dos atores	Impressões e enunciações avaliativas sobre o programa por alunos e atores envolvidos na sua execução.

### 3.2 Elaboração de proposta preliminar de avaliação e de expressões gráficas

Organizamos o conjunto de indicadores encontrado na literatura nas seis dimensões de avaliação do programa apresentadas. Nesse processo, também foram propostos novos indicadores, baseados na legislação vigente à época, na experiência das autoras na execução do programa, em estudos de avaliação do mesmo e, ainda, em reflexões advindas das atividades desenvolvidas pelo Nucane. Para construção dos parâmetros dos indicadores, utilizamos como referência a legislação do Pnae e alguns documentos sobre o programa e sobre a área de alimentação e nutrição.

Além disso, elaboramos mapas conceituais para expressar graficamente, de maneira resumida e preliminar, o processo de funcionamento do programa em âmbito municipal.

### 3.3 Revisão dos indicadores e das expressões gráficas e adaptação a municípios com serviço próprio de alimentação no Rio de Janeiro

O elenco de indicadores e as expressões gráficas de funcionamento do programa foram então revisados em duas oficinas. Para a estruturação dessas atividades, tomamos como inspiração algumas propostas metodológicas de processos coletivos de construção. Participaram da primeira oficina 12 nutricionistas, representantes de municípios de diferentes regiões do Rio de Janeiro com serviço próprio de alimentação escolar, escolhidos por meio de sorteio. O tempo de atuação dos participantes no Pnae variou de 3 meses a 20 anos, sendo que 8 atuavam há pelo menos 4 anos no programa. Todas as 6 regiões do estado estavam representadas. Foram trabalhados nesse encontro os mapas conceituais sobre o funcionamento do programa por meio de uma adaptação da dinâmica denominada world café. Contamos com facilitadores e relatores para coordenar o trabalho e registrar as contribuições dos participantes na reformulação das expressões gráficas. O conjunto de indicadores também foi discutido, sendo revisados o nome, os procedimentos de mensuração e as questões para coleta dos dados (perguntas e opções de resposta) de cada um.

A segunda oficina aconteceu um mês depois, após sistematização das discussões desenvolvidas na primeira. Participaram deste encontro 12 especialistas do Pnae, entre pesquisadores, membros do comitê executivo da Rede Estadual de Alimentação e Nutrição Escolar (Reane) e do Instituto de Nutrição Annes Dias, órgão gestor da área de nutrição na cidade do Rio de Janeiro que já conduziu estudos de avaliação do Pnae. Foi examinada nesse momento a adequação do conjunto de indicadores acerca da abordagem avaliativa. Foram também

analisados cada um dos indicadores em relação à sua relevância, factibilidade, necessidade ou não de reformulação, informante-chave para a coleta dos dados e a necessidade de inclusão de algum novo indicador.

### **3.4 Elaboração de instrumentos para a coleta de dados**

Foram identificados dois grupos principais de informantes-chave a serem abordados no levantamento de dados para a construção dos indicadores: atores de nível central (gestor municipal, responsável técnico, presidente e membros do CAE) e de nível local (diretores de unidades escolares / UEs), coordenadores pedagógicos, merendeiras e alunos de segundo segmento do ensino fundamental). Os coordenadores pedagógicos foram escolhidos por possuírem uma ampla visão das discussões e dos temas trabalhados com os alunos nas UEs. A escolha por alunos do segundo segmento se deu em função de sua maior capacidade de abstração, sendo capazes de expressar de forma mais precisa sua opinião sobre aspectos relacionados à alimentação escolar, quando comparados com alunos mais novos.

Para cada informante-chave foi elaborado um instrumento para coleta de dados. Para a maioria das questões adotamos o último ano letivo como período de referência para a coleta de dados por dois motivos. Primeiro, consideramos que 12 meses seria um intervalo de tempo adequado para o conjunto de eventos abordados nos indicadores. Segundo, por assumirmos que isso facilitaria o levantamento de dados dos informantes-chave dado que, na rotina do programa, são realizados relatórios anuais das atividades com vistas à prestação de contas. No entanto, nas perguntas referentes à opinião dos atores, enfocamos o momento da avaliação, uma vez que a emissão de uma opinião sobre um momento de progresso poderia ser influenciada pelas impressões referentes ao momento atual.

### **3.5 Aplicação dos instrumentos e dos indicadores em uma cidade do Rio de Janeiro**

O elenco de indicadores foi então experimentado em um município de porte médio do Estado do Rio de Janeiro, que contava com uma rede de 31 escolas, com cerca de 13.500 alunos, e com serviço próprio de alimentação, e cujo gestor do Pnae concordou com a realização do estudo. O trabalho de campo foi realizado de fevereiro a abril de 2012, por pesquisadores de campo previamente treinados. Antes da visita às unidades escolares (UE), o estudo foi apresentado para os gestores municipais do Pnae e para os diretores da rede municipal de ensino, aproveitando-se reunião de rotina da Secretaria Municipal de Educação. Para a coleta de dados dos atores de nível central, foram abordados o gestor do Pnae, o responsável técnico (RT), o presidente do CAE e quatro membros do CAE – um de cada segmento (poder executivo; docentes, discentes ou trabalhadores na área de educação; pais de alunos; e entidades civis organizadas). Para o levantamento de dados no município dos atores de nível local, foram selecionadas duas amostras representativas da rede, uma de escolas (para a coleta de dados de diretores, merendeiras e coordenadores pedagógicos) e uma de alunos

de segundo segmento. Foram estudados 10 diretores, 10 coordenadores pedagógicos, 10 merendeiras e 525 alunos, estes últimos distribuídos em sete UE. Tendo em vista que ao coletar dados nesse município nosso propósito foi buscar subsídios para reformulação do elenco de indicadores e dos instrumentos de coleta de dados, não apresentaremos aqui os resultados referentes à execução do Pnae nesse município.

### **3.6 Revisão final**

Na etapa de revisão do elenco de indicadores e das expressões gráficas do programa, analisamos cada indicador com base nos mesmos aspectos discutidos nas oficinas anteriormente realizadas (relevância, reformulação necessária, factibilidade e necessidade de inclusão de algum indicador) e nos resultados obtidos com sua experimentação. O elenco final contemplou indicadores quantitativos e qualitativos; estes complementam ou qualificam as respostas obtidas para os primeiros.

Para alguns temas foram elaborados indicadores cuja construção se baseou na combinação de respostas de informantes-chave com diferentes funções no Pnae, como foi o caso, por exemplo, das combinações entre: RT e diretores de UE no indicador sobre existência de Manual de Boas Práticas de Fabricação (das refeições); RT e coordenadores pedagógicos de UE no indicador sobre realização de atividade educativa na Semana de Educação Alimentar; RT e merendeiras no indicador referente à disponibilização de materiais para subsidiar a produção das refeições; coordenadores pedagógicos e diretores de UE no indicador referente à opinião sobre o Pnae. Foram também construídos dois indicadores que combinaram respostas do presidente e dos membros do CAE.

### **3.7 Formulação da proposta final de avaliação**

Com a intenção de construir uma medida síntese de cada dimensão de avaliação do Pnae, estabelecemos escores para os indicadores quantitativos do elenco proposto. Para cada indicador que compõe a síntese de cada dimensão de avaliação do Pnae foi atribuído um escore que variou de 0 a 1. A medida síntese de cada dimensão é então calculada somando-se os escores obtidos nos indicadores que a compõem e dividindo-se esse valor pelo total de indicadores considerados. Por exemplo, para a dimensão da gestão, que é composta por 14 indicadores quantitativos, se, em um determinado município, a soma dos escores obtidos neles tiver sido de 8, a medida síntese desta dimensão será  $8/14 = 57,14\%$  (ou 57%).

Para que as medidas síntese de cada dimensão de avaliação do Pnae fossem expressas graficamente e, ao mesmo tempo, se pudesse ter uma visão simultânea do conjunto das seis dimensões, optamos pela utilização do gráfico de radar.

Neste momento, atualizamos alguns parâmetros dos indicadores, baseados na nova Resolução do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), publicada em

2013. Um maior detalhamento sobre os mapas conceituais, os instrumentos para a coleta de dados e a experimentação dos instrumentos e indicadores no município estudado está disponível em outra publicação. Foi necessário retirá-los desta versão devido à limitação do número de páginas.

### 3.8 Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa (Coep) da Uerj (Parecer Coep 103/2011). Todos os participantes das oficinas (RT e especialistas) e informantes-chave do município onde ocorreu a experimentação do elenco de indicadores participaram voluntariamente do estudo, tendo assinado previamente um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

## 4. RESULTADOS DA PESQUISA E DISCUSSÃO

A versão final do elenco de 88 indicadores proposto está apresentada nos quadros 2 e 3. O primeiro apresenta, de forma resumida, a lista de temas e indicadores abarcados em cada dimensão e, ainda, suas respectivas identificações de forma a facilitar a consulta do quadro seguinte. Cabe observar quanto à distribuição dos indicadores pelas dimensões de avaliação que elas abarcam de 6 (desenvolvimento local) a 28 indicadores (promoção da alimentação saudável).

No quadro 3, a primeira coluna traz a identificação do indicador, composta por uma letra (a inicial da dimensão em que ele se insere) e seu número de ordem dentro dela. No caso da dimensão de promoção da alimentação saudável, a identificação dos indicadores é composta por duas letras: P (de Promoção) mais a primeira letra da vertente de ação (Apoio, Incentivo, Proteção ou Monitoramento). A segunda coluna apresenta o procedimento para mensuração que, quando oportuno, também traz o parâmetro utilizado para sua construção. A terceira indica o(s) informante(s)-chave para a coleta de dados, sendo indicada a inicial do informante. Nota-se que 11 indicadores são construídos com base na combinação de respostas obtidas por mais de um informante-chave. As duas colunas seguintes trazem a(s) pergunta(s) e opções de resposta que devem compor o(s) instrumento(s) de coleta de dados para que o respectivo indicador possa ser construído. A última coluna indica, quando for o caso, a pontuação a ser atribuída a cada resposta para construção da síntese de cada dimensão. Questões e indicadores qualitativos estão apresentados em formato de fonte itálico.

Quadro 2 – Indicadores de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar propostos segundo dimensão de avaliação, tema abordado e identificação.

Dimensão	Tema	Id.*	Nome do Indicador	
Gestão	Equipe de coordenação	G1	Existência de uma equipe técnica responsável pela execução do Pnae no município.	
		G2	Adequação do número de nutricionistas alocados no Pnae no município.	
		G3	Adequação da carga horária do RT <sup>c</sup> para suas atividades no Pnae.	
	Merendeiras	G4	Adequação do número de merendeiras.	
		G5	Índice de afastamento de merendeiras de sua função.	
	Apoio e parcerias	G6	Apoio dado pela entidade executora ao desenvolvimento das atividades da equipe técnica do Pnae.	
		G7	Existência de complementação financeira municipal para aquisição de gêneros para o Pnae.	
		G8	Existência de parcerias estabelecidas pela prefeitura que tenham relação com as atividades de alimentação e nutrição do Pnae.	
	Intercorrência	G9	Frequência de ocorrência de comprometimento do cardápio previsto para a alimentação escolar.	
		G10	Interrupção / suspensão do repasse dos recursos pelo FNDE.	
	Adesão	G11	Adesão dos alunos de segundo segmento ao Pnae.	
	Aceitação	G12	Realização de estudo de aceitabilidade.	
	Visitas	G13	Cobertura de visitas a UE <sup>e</sup> feitas pela equipe de coordenação do Pnae.	
		G14	Proporção de UEs visitadas mais de uma vez pela equipe de coordenação do Pnae.	
	Compra	G15	Publicização do processo de compra dos gêneros alimentícios.	
Promoção da alimentação saudável	Incentivo	Atividades educativas	PI1	Realização de atividade educativa na Semana de Educação Alimentar.
			PI2	Existência e realização de atividades educativas em hortas pedagógicas.
			PI3	Realização de outras atividades educativas (que não em hortas e na Semana de Educação Alimentar) sobre alimentação e nutrição.
		Projeto político pedagógico	PI4	Inserção do tema alimentação e nutrição no Projeto Político Pedagógico das UEs.
		Incentivo por educadores	PI5	Incentivo à alimentação escolar pelos professores.
			PI6	Incentivo à alimentação escolar pelas merendeiras.
	Apoio	Água	PA1	Disponibilidade de água potável aos alunos no ambiente escolar.
		Qualidade do cardápio	PA2	Presença de cinco grupos de alimentos no cardápio de almoço.
			PA3	Oferta de suco no almoço da alimentação escolar.
			PA4	Variedade de preparações à base de carnes, hortaliças e frutas.

Dimensão		Tema	Id.	Nome do Indicador
Promoção da alimentação saudável	Apoio	Qualidade do cardápio	PA5	Existência e frequência mensal de preparações ou gêneros regionais na alimentação escolar.
			PA6	Análise de adequação do cardápio em relação a parâmetros nutricionais estabelecidos na legislação do Pnae.
		Água	PA1	Disponibilidade de água potável aos alunos no ambiente escolar.
		Qualidade do cardápio	PA2	Presença de cinco grupos de alimentos no cardápio de almoço.
			PA3	Oferta de suco no almoço da alimentação escolar.
			PA4	Variiedade de preparações à base de carnes, hortaliças e frutas
			PA5	Existência e frequência mensal de preparações ou gêneros regionais na alimentação escolar.
			PA6	Análise de adequação do cardápio em relação a parâmetros nutricionais estabelecidos na legislação do Pnae.
			Distribuição da alimentação	PA7
		PA8		Existência de garfos e pratos de vidro na alimentação escolar.
		PA9		Existência de sistema de distribuição da alimentação escolar do tipo self-service.
		Necessidades especiais	PA10	Existência de rotinas ou procedimentos de atendimento a alunos que apresentem necessidades especiais.
		Controle de qualidade	PA11	Existência de Instrutivo ou Manual de Boas Práticas para o município e para as UEs.
			PA12	Controle de qualidade da água nas UEs.
			PA13	Existência de procedimento para registro de intercorrência sobre abastecimento e de comunicação com a entidade executora.
	PA14		Disponibilização de materiais para subsidiar o processo produtivo das refeições.	
	PA15		Existência e tipificação de procedimentos de controle de qualidade no processo licitatório.	
	Proteção	Restrição no cardápio	PP1	Restrição de alimentos e preparações com altos teores de gordura saturada ou trans, açúcar livre e sal, aditivos químicos ou alimentos ultraprocessados ou prontos para consumo na alimentação escolar.
			PP2	Proteção contra comércio de alimentos.
		Comércio e marketing	PP3	Proteção contra promoção comercial de alimentos no ambiente escolar.
			Consumo no ambiente	PP4
		PP5		Existência de algum tipo de restrição no consumo de alimentos por professores e demais educadores no ambiente escolar.
	Monitoramento	Estado nutricional	PM1	Realização de atividade de monitoramento do estado nutricional dos alunos.
Necessidades especiais		PM2	Existência de procedimento de identificação de necessidades especiais dos alunos no nível central e nas UEs.	

Dimensão	Tema	Id.	Nome do Indicador
Desenvolvimento local	Agricultura familiar	D1	Participação percentual do valor gasto com a compra de alimentos oriundos da agricultura familiar no total de gastos com alimentos.
		D2	Proporção de fornecedores de alimentos da agricultura familiar em relação ao total de fornecedores de alimentos para o Pnae.
	Agricultores locais	D3	Proporção de fornecedores de alimentos do estado em relação ao total de fornecedores de alimentos para o Pnae.
	Programa de aquisição de alimentos	D4	Aquisição de alimentos pelo Programa de Aquisição de Alimentos para o Pnae.
	Apoio e parcerias	D5	Existência de estratégia de apoio/facilitação ao abastecimento da alimentação escolar com gêneros de produtores locais e/ou de apoio a iniciativas nesse tema.
		D6	Existência de estratégia de apoio/facilitação ao abastecimento da alimentação escolar com gêneros da agricultura familiar pela prefeitura.
Qualificação dos atores	Formação	Q1	Proporção de merendeiras capacitadas.
		Q2	Proporção de UEs com pelo menos um professor capacitado.
		Q3	Proporção de membros do CAE capacitados.
		Q4	Existência de atividade de formação para agricultores familiares.
		Q5	Participação do RT em atividade de formação sobre o Pnae.
		Q6	Participação do gestor em atividade de formação sobre o Pnae.
	Conhecimento	Q7	Conhecimento de normas do Pnae por membros e pelo presidente do CAE.
		Q8	Conhecimento de normas do Pnae pelo RT.
		Q9	Conhecimento de normas do Pnae pelo gestor.
Controle e participação social	Composição e organização do CAE	C1	Presença de um representante da equipe de coordenação do Pnae na composição do CAE.
		C2	Forma de eleição do representante da sociedade civil do CAE.
		C3	Existência e seguimento do regimento interno para atuação do CAE.
		C4	Número anual e periodicidade de reuniões do CAE.
	Apoio da entidade executora	C5	Disponibilização, pelo município, de informação e documentação solicitadas pelo CAE.
		C6	Disponibilização, pelo município, de infraestrutura para funcionamento do CAE.
	Atuação do CAE	C7	Atividades desenvolvidas pelo CAE.
		C8	Cobertura de visitas feitas pelo CAE a UEs.
		C9	Proporção de UEs visitadas mais de uma vez pelo CAE.
		C10	Existência de mecanismos de controle de desvio dos gêneros alimentícios distribuídos às UEs.
Opinião dos atores	Utensílios	O1	Satisfação dos alunos em relação aos utensílios utilizados na alimentação escolar.

Dimensão	Tema	Id.	Nome do Indicador
Opinião dos atores	Alimentação	O2	Opinião de alunos sobre a alimentação escolar.
		O3	Opinião de merendeiras sobre a alimentação escolar.
		O4	Opinião de membros da direção (coordenador pedagógico e diretor) das UEs sobre a alimentação escolar.
	Execução	O5	Opinião do presidente e de membros do CAE sobre a execução do Pnae no município.
		O6	Opinião do gestor sobre a execução do Pnae no município.
	Execução	O7	Opinião do responsável técnico sobre a execução do Pnae no município.
		O8	Opinião do responsável técnico sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
	Qualidade	O9	Opinião do gestor sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
		O10	Opinião do Presidente do CAE sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
		O11	Opinião de coordenadores pedagógicos sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
		O12	Opinião de diretores das UEs sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
		O13	Opinião de merendeiras sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.
	Melhoria(s)	O14	Opinião do responsável técnico sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O15	Opinião do gestor sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O16	Opinião do Presidente do CAE sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O17	Opinião de coordenadores pedagógicos sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O18	Opinião de diretores das UEs sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O19	Opinião de merendeiras sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.
		O20	Opinião dos alunos sobre melhoria para a alimentação servida pela UE

### Legenda do quadro

\*Id: Identificação do indicador

Quadro 3 – Indicadores de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar propostos segundo procedimento para mensuração, informante-chave, pergunta(s) para coleta de dados, opções de resposta e pontuação atribuída.

Id. <sup>a</sup>	Procedimento para mensuração	In. <sup>b</sup>	Pergunta(s) para coleta de dados	Opções de resposta	Pontuação
G1	Enunciação pelo RT sobre a existência de uma equipe responsável pela execução do Pnae no município.	RT <sup>b</sup>	<b>1<sup>a</sup>:</b> Neste município existiu uma equipe técnica responsável pela execução do Pnae no último ano letivo? <b>2<sup>a</sup>:</b> Se sim, indique abaixo quantas pessoas compuseram a equipe no último ano. (Preencha com “o” caso a função especificada não tenha presença na equipe.) <sup>c</sup>	<b>1<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>2<sup>a</sup>:</b> (n <sup>o</sup> de nutricionistas) / (n <sup>o</sup> de outros profissionais de nível superior: (especifique a formação) / (n <sup>o</sup> de profissionais de apoio administrativo / (outros: (especifique) <sup>c</sup>	<b>1<sup>a</sup>:</b> 1 / 0. <b>2<sup>a</sup>:</b> x <sup>c</sup>
G2	Número de nutricionistas ÷ número necessário de nutricionistas <sup>d</sup> (Resgatar número de nutricionistas do G1)	RT	Indique abaixo o número de alunos por segmento/programa na rede municipal de ensino no último ano letivo. (Preencha com “o” caso o segmento/programa não tenha composto parte da rede municipal de ensino.)	Educação Infantil (número de alunos matriculados) / Ensino Fundamental (número de alunos matriculados). Sem contar Educação de Jovens e Adultos e Programas especiais / Programas especiais (número de alunos matriculados; especificar) / Educação de Jovens e Adultos (número de alunos matriculados) / Ensino Médio (número de alunos matriculados).	Estimar número necessário de nutricionistas de acordo com número de matrículas.
G3	Adequação da carga horária semanal do RT dedicado ao Pnae <sup>d,e</sup>	RT	<b>1<sup>a</sup>:</b> Qual foi sua carga horária semanal na prefeitura no último ano letivo? <b>2<sup>a</sup>:</b> Você possuiu outras responsabilidades que não o Pnae ou que não tivessem relação com ele? <b>3<sup>a</sup>:</b> Se sim, quais? <b>4<sup>a</sup>:</b> Quantas horas foram alocadas para suas atividades no Pnae no último ano letivo?	<b>1<sup>a</sup>:</b> (Carga horária na prefeitura). <b>2<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>3<sup>a</sup>:</b> (aberta). <b>4<sup>a</sup>:</b> (horas / semana).	<b>1<sup>a</sup>:</b> x. <b>2<sup>a</sup>:</b> x <b>3<sup>a</sup>:</b> x. <b>4<sup>a</sup>:</b> se maior ou igual a 30 horas = 1 ponto
G4	Número de UEs <sup>f</sup> com número adequado de merendeiras para o número de refeições servidas. <sup>g</sup> (Para cálculo da relação de merendeiras por UE: média do número diário de refeições servidas [grandes refeições + pequenas refeições / 2] ÷ n <sup>o</sup> de merendeiras ativas na UE)	D <sup>b</sup>	<b>1<sup>a</sup>:</b> Dentre as refeições listadas abaixo, identifique quais foram oferecidas nesta escola/creche no último ano letivo e indique o número médio de refeições distribuídas por dia. <b>2<sup>a</sup>:</b> Quantas merendeiras (incluindo cozinheiros, auxiliares de cozinha e demais profissionais que atuam na produção da alimentação escolar) trabalharam nesta UE no último ano letivo? (Desconsidere as afastadas por mais de seis meses)	<b>1<sup>a</sup>:</b> Desjejum: (número médio de refeições distribuídas por dia) / Colação (número médio de refeições distribuídas por dia) / Almoço (número médio de refeições distribuídas por dia) / Lanche (número médio de refeições distribuídas por dia) / Jantar (número médio de refeições distribuídas por dia) / Ceia (número médio de refeições distribuídas por dia) <b>2<sup>a</sup>:</b> Número de merendeiras ativas.	% de UEs com número adequado de merendeiras.
G5	Número de merendeiras afastadas da função na UE ÷ número de merendeiras ativas na UE (resgatar número de merendeiras ativas na UE no G4).	D	Quantas merendeiras estiveram de licença e/ou afastadas de sua função no Pnae no último ano letivo nesta UE? (Considerar aqui as afastadas por mais de seis meses)	Número de merendeiras de licença ou afastadas.	Valor complementar à razão obtida da fórmula (variando de 0 a 1).

<b>G6</b>	Enunciação sobre o apoio dado pela Entidade Executora para atividades do RT.	RT	<b>1ª:</b> Em uma escala de 0 a 5 (sendo 0 nenhum apoio e 5 total apoio), como você classificaria o apoio dado pela Entidade Executora para desenvolvimento de suas atividades no último ano letivo? <b>2ª:</b> Justifique sua resposta.	<b>1ª:</b> 1 / 2 / 3 / 4 / 5. <b>2ª:</b> (aberta).	<b>1ª:</b> 0,2 / 0,4 / 0,6 / 0,8 / 1 <b>2ª:</b> x
<b>G7</b>	Enunciação do gestor máximo sobre a existência de complementação financeira para aquisição de gêneros para o Pnae.	G <sup>b</sup>	<b>1ª:</b> O município complementou os recursos repassados pelo FNDE <sup>b</sup> para aquisição de gêneros para o Pnae no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se não, identifique os principais motivos. <b>3ª:</b> Se sim, qual foi o valor?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (aberta). <b>3ª:</b> R\$	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> x
<b>G8</b>	Enunciação sobre a existência de parcerias estabelecidas pela prefeitura para as atividades de alimentação e nutrição no Pnae.	G	<b>1ª:</b> A prefeitura estabeleceu alguma parceria para as ações de alimentação e nutrição escolar no município no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, descreva a(s) parceria(s) e o(s) órgão(s) envolvido(s).	<b>1ª:</b> Sim. / Não. <b>2ª:</b> (aberta).	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x
<b>G9</b>	Enunciação sobre o comprometimento do cardápio previsto para a alimentação escolar e sua frequência de ocorrência	RT	<b>1ª:</b> No último ano letivo houve comprometimento do cardápio previsto? (Considere que o cardápio ficou comprometido se não foi possível garantir a oferta dos grupos de alimentos previstos). <b>2ª:</b> Se sim, indique o(s) motivo(s) do comprometimento do cardápio (pode marcar mais de uma opção). <b>3ª:</b> Se sim, ao longo do último ano letivo, com que frequência o cardápio previsto ficou comprometido em pelo menos uma UE?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Por problemas na entrega dos gêneros alimentícios. / Por problemas no processo de compra. / Por problemas com água, gás ou luz. / Por outros problemas de infraestrutura (equipamentos, utensílios, instalações etc.). / Por obras. / Por falta de merendeiras. / Por outro motivo (qual?). <b>3ª:</b> Todos os dias. / Pelo menos uma vez por semana. / Pelo menos uma vez por quinzena. / Pelo menos uma vez por mês. / Pelo menos uma vez por bimestre. / Pelo menos uma vez por trimestre. / Pelo menos uma vez por semestre. / Pelo menos uma vez por ano.	<b>1ª:</b> 0 / 1 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> 0,33 / 0,33 / 0,67 / 0,67 / 0,67 / 1 / 1 / 1
<b>G10</b>	Enunciação sobre ocorrência de interrupção do repasse de recursos pelo FNDE.	G	<b>1ª:</b> Houve suspensão do repasse de recursos pelo FNDE no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, por quê?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (aberta).	<b>1ª:</b> 0 / 1 <b>2ª:</b> x

<b>G11</b>	(Número de alunos que marcaram “5 dias” + número de alunos que marcaram “de 3 a 4 dias”)* 1 + (número de alunos que marcaram “1 a 2 dias”)* 0,5 + (número de alunos que marcaram “menos de uma vez” + número de alunos que marcaram “nunca como”)* 0 ÷ nº de alunos estudados	A <sup>b</sup>	Normalmente, quantos dias por semana você come o almoço servido na sua escola?	5 dias por semana / De 3 a 4 dias por semana. / De 1 a 2 dias por semana. / Menos de uma vez por semana. / Eu nunca como o almoço servido na escola.	1 / 1 / 0,5 / 0 / 0
<b>G12</b>	Enunciação sobre a realização de estudo de aceitabilidade da alimentação escolar	RT	<b>1<sup>a</sup>:</b> Foi realizada avaliação da aceitação das refeições no último ano letivo? <b>2<sup>a</sup>:</b> Se sim, identifique qual(is) opção(ões) melhor caracterizaria(m) a avaliação feita no último ano letivo (pode marcar mais de uma opção). <b>3<sup>a</sup>:</b> Se sim, quantas preparações foram avaliadas? <b>4<sup>a</sup>:</b> Se sim, quantos alunos foram estudados para cada preparação? <b>5<sup>a</sup>:</b> Se sim, os alunos estudados estavam distribuídos em quantas UEs?	<b>1<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>2<sup>a</sup>:</b> Avaliação por observação. / Avaliação por relato (oral ou por escrito) dos alunos. / Avaliação por relato (oral ou por escrito) de professores, diretores e/ou merendeiras. / Avaliação por preenchimento de fichas com escala hedônica pelos alunos após consumo das preparações. Na escala, o aluno indica se gostou ou desgostou do cardápio servido na escola. A escala pode ser com imagens (“carinhas”) e/ou palavras (ex: “detestei”, “gostei muito”). / Avaliação por preenchimento de fichas utilizando outro critério sem ser o preenchimento da escala hedônica pelos alunos após o consumo das preparações. / Avaliação por pesagem da refeição rejeitada (sobras dos pratos dos alunos, descontando-se ossos, cascas de frutas e outras partes não comestíveis) e da refeição distribuída. <b>3<sup>a</sup>:</b> Número de preparações avaliadas. <b>4<sup>a</sup>:</b> (Número de alunos estudados. <b>5<sup>a</sup>:</b> Número de UEs.	<b>1<sup>a</sup>:</b> x. <b>2<sup>a</sup>:</b> 1 ponto se aplicou escala hedônica ou realizou pesagem / 0,5 ponto se marcou alguma das outras opções / 0 ponto se não realizou avaliação. <b>3<sup>a</sup>:</b> x <b>4<sup>a</sup>:</b> x <b>5<sup>a</sup>:</b> x
<b>G13</b>	Número de UEs visitadas pela equipe de coordenação do Pnae ÷ Número total de UEs (resgatar número total de UEs no perfil da rede de ensino)	RT	<b>1<sup>a</sup>:</b> A equipe de coordenação do Pnae realizou alguma visita à UE no último ano letivo? <b>2<sup>a</sup>:</b> Se sim, quantas UEs foram visitadas no último ano letivo?	<b>1<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>2<sup>a</sup>:</b> Número de UE visitadas	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).

<b>G14</b>	Número de UEs visitadas mais de uma vez pela equipe de coordenação do Pnae ÷ nº total de UEs (resgatar número total de UEs no perfil da rede de ensino)	RT	<b>1ª:</b> Alguma destas UEs foi visitada mais de uma vez no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, quantas? <b>3ª:</b> Se sim, houve algum motivo específico para que tenham sido visitadas mais de uma vez? <b>4ª:</b> Se sim, identifique o(s) motivo(s). <b>5ª:</b> Qual o número de visitas por UE, em um ano, que você consideraria adequado?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Número de UEs visitadas mais de uma vez. <b>3ª:</b> Sim / Não, foram visitas de rotina. <b>4ª:</b> (Aberta) <b>5ª:</b> Número de visitas por UE considerado adequado.	X.
<b>G15</b>	Enunciação sobre a modalidade de compra dos gêneros alimentícios no último ano letivo.	RT	Qual foi a modalidade de compra dos alimentos para a alimentação escolar no último ano letivo (pode marcar mais de uma opção)?	Dispensa de licitação. / Convite. / Tomada de preço. / Concorrência. / Pregão presencial. / Pregão eletrônico. / Chamada pública. / Outro(s) (qual[is]).	1 ponto se praticou pregão e/ou concorrência e o ponto para as demais respostas.
<b>PI1</b>	Orientação do nível central e realização em todas as UEs estudadas = 1,0 / Orientação do nível central com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Orientação do nível central sem realização nas UEs estudadas OU ausência de orientação do nível central com realização em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem orientação do nível central, com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem orientação do nível central e sem realização nas UEs estudadas = 0	RT e CP <sup>b</sup>	<b>Para RT:</b> <b>1ª:</b> A equipe de coordenação do Pnae orientou alguma atividade educativa na Semana de Educação Alimentar no último ano letivo na rede municipal de ensino? <b>2ª:</b> Se sim, qual tema foi trabalhado? <b>3ª:</b> E, se sim, qual(is) atividade(s) foi(ram) orientada(s)? <b>Para CP:</b> <b>4ª:</b> A Semana de Educação Alimentar é uma estratégia de promoção da alimentação saudável nas escolas e creches que geralmente acontece no primeiro semestre letivo (Lei Estadual 4.856/2006). Nesta UE foi realizada alguma atividade educativa na Semana de Educação Alimentar no último ano letivo? <b>5ª:</b> Se sim, qual tema foi trabalhado? <b>6ª:</b> E, se sim, qual(is) atividade(s) foi(ram) feita(s)?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta). <b>3ª:</b> (Aberta). <b>4ª:</b> Sim / Não. <b>5ª:</b> (Aberta). <b>6ª:</b> (Aberta).	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).
<b>PI2</b>	(Número de UEs em que havia horta(s) pedagógica(s) e que haviam realizado atividades educativas com as mesmas + Número de UEs que realizaram atividades educativas com hortas em outros locais que não as UEs) ÷ Número total de UEs estudadas (a UE não pode ser contada mais de uma vez)	CP	<b>1ª:</b> Existiu horta pedagógica nesta UE no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, foi realizada atividade educativa envolvendo a horta da UE no último ano letivo? <b>3ª:</b> Foi realizada atividade educativa envolvendo alguma horta em outro local, fora da UE, no último ano letivo?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Sim / Não. <b>3ª:</b> Sim / Não.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).

<b>PI3</b>	Número de UEs que realizaram outra(s) atividade(s) educativa(s) (que não em hortas pedagógicas e na Semana de educação Alimentar - SEA) sobre alimentação e nutrição ÷ nº total de UEs estudadas	CP	<b>1ª:</b> Além de atividades com hortas pedagógicas e da comemoração da SEA, ocorreram outras atividades educativas sobre alimentação e nutrição nesta UE no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, identifique quais (pode marcar mais de uma opção).	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Atividades em sala de aula com os alunos. / Reuniões para pais. / Palestras ou eventos. / Oficinas culinárias. / Visitas a feiras ou outros lugares relacionados. / Orientação para merendeiras, diretores e/ou outros funcionários da escola. / Elaboração de algum tipo de material educativo, tais como boletim informativo, cartaz, folder etc.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>PI4</b>	Número de UEs que tiveram o tema alimentação e nutrição inserido no projeto político pedagógico ÷ Número total de UEs estudadas (retirar da estatística as UEs que não tiverem projeto político pedagógico).	CP	<b>1ª:</b> O tema "alimentação e nutrição" esteve inserido no projeto político pedagógico dessa UE no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, de que forma?	<b>1ª:</b> Sim / Não / A UE não possui projeto político pedagógico. <b>2ª:</b> (Aberta) No caso de a UE não possuir projeto político pedagógico, esta deve ser retirada da estatística.	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x
<b>PI5</b>	(Número de UEs em que todos os professores incentivaram *1) + (Número de UEs em que a maioria dos professores incentivaram *0,66) + (Número de UEs em que alguns professores incentivaram *0,33) + (Número de UEs em que os professores não incentivaram *0) ÷ Número total de UEs estudadas	CP	<b>1ª</b> Nesta UE os professores incentivaram os alunos a comerem a alimentação escolar durante as refeições no último ano letivo? <b>2ª</b> Se não, por quê? <b>3ª</b> Se sim, de que maneira?	<b>1ª:</b> Sim, todos professores. / Sim, a maioria dos professores. / Sim, alguns professores. / Não. <b>2ª:</b> (Aberta) <b>3ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0,66 / 0,33 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> x
<b>PI6</b>	(Número de alunos que marcaram "todas" *1) + (Número de alunos que marcaram "a maioria" *0,66) + (Número de alunos que marcaram "algumas" *0,33) + (Número de alunos que marcaram "não" *0) ÷ Número de alunos estudados (retirar da estatística os alunos que marcaram "não sei")	A	Normalmente, as merendeiras incentivam os alunos a comer o almoço oferecido nessa escola?	Sim, todas merendeiras. / Sim, a maioria das merendeiras. / Sim, algumas merendeiras. / Não. / Não sei, pois não almoço na escola.  (Os alunos que marcarem "não sei" não devem ser considerados no indicador.)	1 / 0,66 / 0,33 / 0

<b>PA1</b>	(Número de UEs com todos os bebedouros funcionando *1) + (Número de UEs com a maioria dos bebedouros funcionando *0,84) + (Número de UEs com alguns bebedouros funcionando *0,667) + (Número de UEs sem bebedouros funcionando + Número de UEs sem bebedouros *0) ÷ Número total de UEs estudadas	D	<b>1ª:</b> Existiu nesta UE bebedouro disponível aos alunos no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, ele(s) estava(m) funcionando? <b>3ª:</b> Se sim, quantos estavam funcionando?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Sim, todos. / Sim, a maioria / Sim, alguns. / Não. <b>3ª:</b> Número de bebedouros funcionando.	<b>1ª:</b> 0,5 / 0 <b>2ª:</b> 0,5 / 0,34 / 0,167 / 0 <b>3ª:</b> x
<b>PA2</b>	(Número de dias em que foi previsto cereal na semana informada) + (Número de dias em que foi previsto hortaliça na semana informada) + (Número de dias em que foi previsto fruta na semana informada) + (Número de dias em que foi previsto carne na semana informada) + (Número de dias em que foi previsto leguminosa na semana informada) ÷ Número de oportunidades de presença de cada um dos grupos de alimentos considerados (n=25)	RT	Transcreva no quadro abaixo um dos cardápios planejados para o almoço do 1º ao 9º ano nas UEs no último ano letivo.	Quadro em branco (identificar nele em quantos dias foi oferecido cada um dos grupos: cereais e tubérculos; leguminosas; vegetais; frutas; carnes e ovos - variação de 0 a 5 dias)	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).

<b>PA3</b>	Enunciação do RT sobre a oferta de suco na alimentação escolar.	RT	Resgatar oferta de suco do indicador PA2.	Quadro em branco (identificar nele a oferta de suco).	Não oferecer = 1 ponto
<b>PA4</b>	(Número de preparações diferentes do grupo de hortaliças oferecidas na semana) + (Número de preparações diferentes do grupo de frutas oferecidas na semana) + (Número de preparações diferentes do grupo de carnes oferecidas na semana)  ÷ Número de oportunidades de oferta diferente de cada um dos grupos de alimentos considerados (n=15)	RT	Resgatar oferta de suco do PA2).	Quadro em branco (identificar nele o número de preparações diferentes de cada um dos grupos: legumes e verduras; frutas; carnes e ovos - variação de 0 a 5. Mesmo que encontre mais de uma preparação diferente de um mesmo grupo, no mesmo dia, só contar uma vez)	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>PA5</b>	Enunciação sobre a existência e frequência mensal de preparações ou gêneros regionais no cardápio de almoço da alimentação escolar.	RT	<b>1ª:</b> Foram incluídos alimentos e/ou preparações regionais no cardápio de almoço no último ano letivo? (Considere alimentos produzidos na região ou que façam parte da cultura regional alimentar). <b>2ª:</b> Se sim, quais alimentos ou preparações? <b>3ª:</b> Se sim, no último ano letivo, quantas vezes por mês o alimento regional ofertado com maior frequência foi oferecido?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta) <b>3ª:</b> 4 ou mais vezes ao mês / 3 vezes ao mês / 2 vezes ao mês / 1 vez ao mês / menos de uma vez ao mês.	<b>1ª:</b> 0,5 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> 0,5 / 0,33 / 0,167 / 0,167 / 0
<b>PA6</b>	Enunciação da realização da análise de adequação do cardápio em relação a parâmetros nutricionais estabelecidos na Resolução nº 26 do FNDE de 2013.	RT	<b>1ª:</b> Foi realizada análise de adequação do cardápio proposto para a alimentação escolar no último ano letivo em relação a parâmetros nutricionais estabelecidos na Resolução nº 26 do FNDE de 2013? <b>2ª:</b> Se sim, para qual(is) parâmetro(s) nutricionais? (Pode marcar mais de uma opção)	<b>1ª:</b> Sim, em todos os cardápios. / Sim, em parte dos cardápios. / Não. <b>2ª:</b> Macronutrientes (Quais?) / Micronutrientes (Quais?) / Calorias totais. / Gorduras saturadas. / Açúcar simples / Sal.	<b>1ª:</b> 0,5 / 0,25 / 0. <b>2ª:</b> 0,083 ponto para cada parâmetro marcado.

<b>PA7</b>	(Número de UEs com horário de distribuição para 1º turno adequado *1) + (Número de UEs com horário de distribuição para 1º turno pouco adequado *0,5) + (Número de UEs com horário de distribuição para 1º turno inadequado *0) + (Número de UEs com horário de distribuição para 2º turno adequado *1) + (Número de UEs com horário de distribuição para 2º turno pouco adequado *0,5) + (Número de UEs com horário de distribuição para 2º turno inadequado *0) + (Número de UEs com horário de distribuição para horário integral adequado *1) + (Número de UEs com horário de distribuição para horário integral pouco adequado *0,5) + (Número de UEs com horário de distribuição para horário integral inadequado *0) ÷ Número total de UEs estudadas	D	<b>1ª:</b> Assinale com um X o horário de início da distribuição do almoço no primeiro turno, nesta UE, no último ano letivo. <b>2ª:</b> Assinale com um X o horário de início da distribuição do almoço no segundo turno, nesta UE, no último ano letivo. <b>3ª:</b> Assinale com um X o horário de início da distribuição do almoço, nesta UE, se tiver sido horário integral no último ano letivo.	<b>1ª:</b> Não existiu primeiro turno / antes de 9h. / Entre 9h01 e 9h30. / Entre 9h31 e 10h. / Entre 10h01 e 10h30. / Entre 10h31 e 11h. / Depois de 11h. <b>2ª:</b> Não existiu segundo turno. / Antes de 12h. / Entre 12h e 12h30. / Entre 12h31 e 13h. / Entre 13h01 e 13h30. / Entre 13h31 e 14h. / Depois de 14h01. <b>3ª:</b> Não existiu horário integral. / Antes das 10h. / Entre 10h01 e 10h30. / Entre 10h31 e 11h. / Entre 11h01 e 11h30. / Entre 11h31 e 12h. / Depois das 12h.	<b>1ª e 3ª:</b> Adequado = Depois das 11h; pouco adequado = entre 10h e 11h; inadequado = antes das 10h. <b>2ª:</b> Adequado = antes das 13h; pouco adequado = entre 13h e 14h; inadequado = depois de 14h.
<b>PA8</b>	(Número de UEs que oferecem garfos para os alunos *0,5) + (Número de UEs que oferecem pratos de vidro para os alunos *0,5) ÷ Número total de UEs estudadas	D	<b>1ª:</b> Foram oferecidos nesta UE garfos para os alunos comerem a alimentação escolar? <b>2ª:</b> Se sim, para quais alunos? (Pode marcar mais de uma opção.) <b>3ª:</b> Qual o material dos pratos disponibilizados para os alunos comerem a alimentação escolar?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Alunos do 2º segmento / Alunos do 1º segmento / Alunos da EJA. / Alunos da educação infantil. / Outros (Quais?) <b>3ª:</b> Vidro / Plástico / Alumínio / Outro	<b>1ª:</b> 0,5 / o. <b>2ª:</b> x. <b>3ª:</b> 0,5 / o / o / o.
<b>PA9</b>	<i>Enunciação do RT sobre existência de sistema de distribuição self service para a alimentação escolar</i>	RT	<b>1ª:</b> Existe alguma UE na rede municipal de ensino em que o sistema de distribuição da alimentação escolar é do tipo self service? (Considerar que o sistema é desse tipo se pelo menos duas preparações forem distribuídas desta forma). <b>2ª:</b> Se sim, em quantas UE?	<b>1ª</b> Sim / Não. <b>2ª</b> Número de UEs	X.

<b>PA 10</b>	Orientação do nível central e rotina em todas as UEs estudadas = 1,0 / Orientação do nível central com rotina em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Orientação do nível central sem rotina nas UEs estudadas OU ausência de orientação do nível central com rotina em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem orientação do nível central com rotina em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem orientação do nível central e sem rotina nas UEs estudadas = 0	RT e D	<p><b>Para RT: 1ª:</b> A coordenação do Pnae orientou ou elaborou algum tipo de rotina ou procedimento no programa para o atendimento de alunos com necessidades alimentares especiais no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, identifique a orientação e/ou rotina adotada.</p> <p><b>Para D: 3ª:</b> Houve nesta UE algum tipo de rotina ou procedimento para o atendimento desses alunos no último ano letivo? <b>4ª:</b> Se sim, identifique a rotina ou o procedimento adotado.</p>	<p><b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Retirada de alimento. / Aquisição de alimento. / Adequação de utensílio ou de área física. / Outros. Quais? <b>3ª:</b> Sim / Não. <b>4ª:</b> Retirada de alimento. / Aquisição de alimento. / Adequação de utensílio ou de área física. / Outros. Quais?</p>	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).
<b>PA 11</b>	Existência no nível central e existência em todas as UEs estudadas = 1,0 / Existência no nível central e existência em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Existência no nível central e ausência nas UEs estudadas OU ausência no nível central e existência em todas (100%) as UEs = 0,5 / Ausência no nível central com existência em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,25 / Ausência no nível central e ausência nas UEs = 0	RT e D	<p><b>Para RT: 1ª:</b> Existiu Manual ou Instrutivo de Boas Práticas para o Pnae no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, houve um mesmo documento para todo o município ou existiu um específico para cada UE?</p> <p><b>Para D: 3ª:</b> Existiu nesta UE Manual ou Instrutivo de Orientação para o processo de produção, distribuição e armazenamento da alimentação escolar no último ano letivo?</p>	<p><b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Somente um documento para todo o município. / Um documento para subgrupo(s) de UEs. / Um documento para cada eu. / Outros. Quais? <b>3ª:</b> Sim / Não.</p>	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).

<b>PA 12</b>	(Soma de pontos obtidos na 1ª UE estudada) + (Soma de pontos obtidos na 2ª UE estudada) + ... + (Soma de pontos obtidos na "n" UE estudada)  ÷ Número total de UEs estudadas	D	<b>1ª:</b> Foi realizado processo de controle da qualidade da água potável nesta UE no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, quem realizou o processo de controle de qualidade? <b>3ª:</b> Se sim, quantas vezes foi realizado processo de controle de sua qualidade no último ano letivo? <b>4ª:</b> Existiu nesta UE caixa d'água ou cisterna no último ano letivo? <b>5ª:</b> Se sim, foi realizado processo de higienização no último ano letivo? <b>6ª:</b> Se sim, quem realizou o processo de controle de qualidade? <b>7ª:</b> Se sim, quantas vezes foi realizado processo de controle de sua qualidade no último ano letivo?	<b>1ª:</b> Sim / Não (Por quê?) <b>2ª:</b> Funcionário(s) da eu. / Funcionário(s) da prefeitura / empresa contratada. <b>3ª:</b> Nenhuma vez / 1 vez / 2 vezes / 3 vezes ou mais <b>4ª:</b> Sim / Não. <b>5ª:</b> Sim / Não. Por quê?. <b>6ª:</b> Funcionário(s) da prefeitura. / Funcionário(s) da escola / creche / empresa contratada. <b>7ª:</b> Nenhuma vez / 1 vez / 2 vezes / 3 vezes ou mais	<b>1ª:</b> 0,25 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> 0 / 0,12 / 0,25 se tiver feito pelo menos 2 vezes no ano. <b>4ª:</b> x <b>5ª:</b> 0,25 / 0 <b>6ª:</b> x <b>7ª:</b> 0 / 0,12 / 0,25 se tiver feito pelo menos 2 vezes no ano.
<b>PA 13</b>	Existência no nível central e existência em todas as UEs estudadas = 1,0 / Existência no nível central e existência em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Existência no nível central e ausência nas UE estudadas OU ausência no nível central e existência em todas (100%) as UEs = 0,5 / Ausência no nível central com existência em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,25 / Ausência no nível central e ausência nas UEs = 0	RT e D	<b>Para RT: 1ª:</b> Existiu orientação dada pela equipe de coordenação do Pnae para as UEs sobre procedimento de registro de intercorrência do abastecimento e de comunicação com a Entidade Executora no último ano letivo?  <b>Para D: 2ª:</b> Existiu nesta UE procedimento de registro de intercorrência do abastecimento e de comunicação com a Entidade Executora no último ano letivo?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Sim / Não.	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).

<b>PA 14</b>	Disponibilização de cardápios pelo nível central e existência em todas as UEs estudadas = 1,0 / Disponibilização de cardápios pelo nível central com existência em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Disponibilização de cardápios pelo nível central sem existência nas UEs estudadas OU sem disponibilização de cardápios pelo nível central com existência em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem disponibilização de cardápios pelo nível central com existência em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem disponibilização de cardápios pelo nível central e sem existência nas UEs estudadas = 0	RT e M <sup>b</sup>	<p><b>Para RT:</b> <b>1<sup>a</sup>:</b> Foram disponibilizados para as UEs cardápios de almoço da alimentação escolar no último ano letivo? <b>2<sup>a</sup>:</b> Foram disponibilizados materiais explicando o modo de preparo das preparações servidas nas UEs no último ano letivo? <b>3<sup>a</sup>:</b> Se sim, eles especificavam a porção que deveria ser servida aos alunos?</p> <p><b>Para M:</b> <b>4<sup>a</sup>:</b> Foram disponibilizados para esta escola/creche os cardápios de almoço para a alimentação escolar no último ano letivo? <b>5<sup>a</sup>:</b> Foram disponibilizados para esta UE materiais que explicassem o modo de preparo das refeições servidas no último ano letivo? <b>6<sup>a</sup>:</b> Se sim, eles especificavam a porção que deveria ser servida aos alunos?</p>	<p><b>1<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>2<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>3<sup>a</sup>:</b> Não / Sim, sem diferenciar porcionamento em função da faixa etária. / Sim, diferenciando porcionamento em função da faixa etária. <b>4<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>5<sup>a</sup>:</b> Sim / Não. <b>6<sup>a</sup>:</b> Não / Sim, sem diferenciar porcionamento em função da faixa etária. / Sim, diferenciando porcionamento em função da faixa etária.</p>	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).
<b>PA 15</b>	Enunciação sobre existência e tipificação de procedimentos de controle de qualidade no processo licitatório no último ano letivo.	RT	<p><b>1<sup>a</sup>:</b> No último ano letivo houve algum procedimento de controle de qualidade no processo licitatório (licitação, editais, chamada pública)? <b>2<sup>a</sup>:</b> Se sim, identifique qual(is). (Pode marcar mais de uma opção.)</p>	<p><b>1<sup>a</sup>:</b> Não / Sim. <b>2<sup>a</sup>:</b> Sim, análise de rótulo e/ou ficha técnica de gêneros alimentícios. / Sim, análise sensorial de gêneros alimentícios. / Sim, análise físico-química de gêneros alimentícios. / Sim, análise microbiológica de gêneros alimentícios. / Sim, vistoria do(s) veículo(s) utilizado(s) para o transporte de gêneros alimentícios. / Sim, visita técnica ao estabelecimento do(s) fornecedor(es). / Sim, outro(s). Qual(is)?</p>	<p><b>1<sup>a</sup>:</b> 0 / x. <b>2<sup>a</sup>:</b> 0,167 (para cada procedimento realizado, com exceção do(s) outro(s)).</p>
<b>PP1</b>	(Nível de restrição de alimentos semiprontos + Nível de restrição de frituras + Nível de restrição de biscoitos recheados + Nível de restrição de carnes processadas + Nível de restrição de enlatados + Nível de restrição de sucos artificiais/industrializados) ÷ Número de tipos de alimentos estudados (n=6)	RT	<p>Identifique se os tipos de alimentos listados abaixo foram oferecidos/utilizados na alimentação escolar no último ano letivo e indique qual opção de periodicidade melhor caracterizaria sua oferta.</p> <p><b>1<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidos alimentos semiprontos? <b>2<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidas frituras? <b>3<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidos biscoitos recheados? <b>4<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidos hambúrguer, salsicha ou outros tipos de carnes processadas? <b>5<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidos enlatados? <b>6<sup>a</sup>:</b> Foram oferecidos sucos artificiais/industrializados?</p>	<p>Para cada uma das 6 perguntas dar as seguintes opções de resposta: Não / Sim, pelo menos uma vez por semana. / Sim, pelo menos uma vez por quinzena. / Sim, pelo menos uma vez por mês. / Sim, pelo menos uma vez por bimestre. / Sim, pelo menos uma vez por trimestre. / Sim, pelo menos uma vez por semestre. / Sim, pelo menos uma vez por ano.</p>	<p>Pontuação das opções de resposta para cada uma das 6 perguntas: 1 / 0 / 0 / 0 / 0,4 / 0,4 / 0,8 / 0,8</p>

<b>PP2</b>	Orientação do nível central e realização em todas as UEs estudadas = 1,0 / Orientação do nível central com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Orientação do nível central sem realização nas UEs estudadas OU sem orientação do nível central, com realização em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem orientação do nível central, com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem orientação do nível central e sem realização nas UEs estudadas = 0	RT e D	<p><b>Para RT:</b> 1: Houve alguma regra ou orientação para as UEs relacionada à restrição ao comércio de alimentos ou bebidas no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, que tipo de restrição? (Pode marcar mais de uma opção.) <b>3ª:</b> No caso de ter existido restrição dentro de UE, ela foi dirigida a qual(is) alimento(s) ou bebida(s)? (Pode marcar mais de uma opção.)</p> <p><b>Para D:</b> <b>4ª:</b> Houve alguma restrição ao comércio de alimentos ou bebidas nesta UE no último ano letivo? <b>5ª:</b> Se sim, que tipo de restrição? (Pode marcar mais de uma opção.). <b>6ª:</b> E se sim, a restrição foi dirigida a qual(is) alimento(s) ou bebida(s)? (Pode marcar mais de uma opção.)</p>	<p><b>1ª:</b> Não / Sim. <b>2ª:</b> Restrição à venda de alimentos ou bebidas dentro da eu. / Restrição ao horário de venda de alimentos ou bebidas. / Restrição à venda de alimentos ou bebidas no entorno da UE. <b>3ª:</b> Qualquer alimento. / Refrigerante. / Suco ou refresco industrializado de frutas. / Salgados fritos (coxinha, pastel, quibe etc). / Salgados de forno (assados: pastel, empada, esfirra, joelho etc.). / Salgadinhos industrializados vendidos em pacotes, tipo “chips” e outros. / Carnes processadas (hambúrguer, salsicha, presunto, empanados de frango tipo nugget). / Biscoitos recheados. / Bolos industrializados. / Balas, confeitos, doces, chocolates industrializados. / Alimentos tipo fast food. / Outro(s). Qual(is)? <b>4ª:</b> Não / Sim. <b>5ª:</b> Restrição à venda de alimentos ou bebidas dentro da eu. / Restrição ao horário de venda de alimentos ou bebidas. / Restrição à venda de alimentos ou bebidas no entorno da UE. <b>6ª:</b> Repetir as opções de resposta da 3ª pergunta.</p>	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).
<b>PP3</b>	Orientação do nível central e realização em todas as UEs estudadas = 1,0 / Orientação do nível central com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Orientação do nível central sem realização nas UEs estudadas OU sem orientação do nível central, com realização em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem orientação do nível central, com realização em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem orientação do nível central e sem realização nas UEs estudadas = 0	RT e D	<p><b>Para RT:</b> <b>1ª:</b> Houve alguma regra ou orientação para as UEs relacionada à restrição a propaganda comercial de alimentos ou bebidas no ambiente escolar no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, que tipo de restrição? (Pode marcar mais de uma opção.)</p> <p><b>Para D:</b> <b>3ª:</b> Houve alguma regra ou orientação relacionada à restrição a propaganda comercial de alimentos ou bebidas nesta UE no último ano letivo? <b>4ª:</b> Se sim, que tipo de restrição? (Pode marcar mais de uma opção.)</p>	<p><b>1ª:</b> Não / Sim, para todas as UEs. / Sim, para parte das UEs. <b>2ª:</b> A cartazes e outros impressos de marcas de alimentos. / À propaganda de marcas de alimentos de forma geral no ambiente escolar (mobiliários, como mesas e cadeiras, ou vestimentas, como camisetas e bonés) que possam estar vinculados a algum produto ou marca. / À distribuição de brindes ou amostras grátis de produtos alimentícios. / Ao patrocínio de atividades ou eventos escolares. <b>3ª:</b> Sim / Não. <b>4ª:</b> Repetir as opções de resposta da 3ª pergunta.</p>	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).

<b>PP4</b>	Enunciação sobre a existência de restrição do consumo de alimentos pelos alunos no ambiente escolar.	D	<b>1ª:</b> No último ano letivo houve alguma restrição a alimentos ou bebidas trazidos pelos alunos para consumo no ambiente escolar? <b>2ª:</b> Se sim, a restrição foi direcionada a qual(is) alimento(s)? (Pode marcar mais de uma opção.)	<b>1ª</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Qualquer alimento. / Refrigerante. / Suco ou refresco industrializado de frutas. / Salgados fritos (coxinha, pastel, quibe etc.). / Salgados de forno (assados: pastel, empanada, esfirra, joelho etc.). / Salgadinhos industrializados vendidos em pacotes, tipo “chips” e outros. / Carnes processadas (hambúrguer, salsicha, presunto, empanados de frango tipo nugget). / Biscoitos recheados. / Bolos industrializados. / Balas, confeitos, doces, chocolates industrializados. / Alimentos tipo fast food. / Outro(s). Qual(is)?	X.
<b>PP5</b>	Enunciação sobre a existência de restrição do consumo de alimentos pelos professores e educadores no ambiente escolar.	D	<b>1ª:</b> No último ano letivo, houve alguma restrição a alimentos ou bebidas trazidos pelos professores ou outros funcionários para consumo no ambiente escolar? <b>2ª:</b> Se sim, a restrição se aplicou a qual(is) lugar(es)? (Pode marcar mais de uma opção.) <b>3ª:</b> Se sim, a restrição foi direcionada a qual(is) alimento(s)? (Pode marcar mais de uma opção.)	<b>1ª</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Todos os lugares. / Sala de aula. / Pátio. / Refeitório. <b>3ª:</b> Qualquer alimento. / Refrigerante. / Suco ou refresco industrializado de frutas. / Salgados fritos (coxinha, pastel, quibe, etc.). / Salgados de forno (assados: pastel, empanada, esfirra, joelho, etc.). / Salgadinhos industrializados vendidos em pacotes, tipo “chips” e outros. / Carnes processadas (hambúrguer, salsicha, presunto, empanados de frango tipo nugget). / Biscoitos recheados. / Bolos industrializados. / Balas, confeitos, doces, chocolates industrializados. / Alimentos tipo fast food. / Outro(s). Qual(is)?	X.
<b>PM1</b>	Enunciação da realização de atividades de monitoramento do estado nutricional dos alunos e caracterização do(s) grupo(s) de alunos coberto(s) pelas atividades.	RT	<b>1ª:</b> No último ano foram realizadas atividades de avaliação do estado nutricional dos escolares no município? <b>2ª:</b> Se sim, identifique o(s) grupo(s) de alunos que foi(ram) avaliado(s).	<b>1ª</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Alunos de todas as escolas. / Alunos de escolas com o Programa Saúde na Escola (PSE). / Alunos de educação infantil. / Por meio de um estudo com amostra representativa dos alunos. / Outro. Qual(is)?	<b>1ª:</b> 0,5 / 0 <b>2ª:</b> 0,5 / 0,2 / 0,2 / 0,5 / x

<b>PM2</b>	Orientação do nível central e rotina em todas as UEs estudadas = 1,0 / Orientação do nível central com rotina em parte (pelo menos 20%) das UEs = 0,75 / Orientação do nível central sem rotina nas UEs estudadas OU ausência de orientação do nível central com rotina em todas (100%) as UEs estudadas = 0,5 / Sem orientação do nível central com rotina em parte (pelo menos 20%) das UEs estudadas = 0,25 / Sem orientação do nível central e sem rotina nas UEs estudadas = 0	RT e D	<p><b>Para RT:</b> <b>1ª:</b> A coordenação do Pnae orientou ou elaborou mecanismo de levantamento de dados sobre necessidades alimentares especiais dos alunos da rede municipal no último ano letivo? (Considere aqui as necessidades decorrentes de doenças ou estados que possam interferir na alimentação dos alunos, tais como diabetes, alterações no perfil lipídico, transtornos alimentares, alergias, dificuldades motoras para se alimentar ou outros). <b>2ª:</b> Se sim, descreva como foi o processo.</p> <p><b>Para D:</b> <b>3ª:</b> A identificação de necessidades alimentares especiais de alunos fez parte da rotina desta UE no último ano letivo? (Considere aqui as necessidades decorrentes de doenças ou estados que possam interferir na alimentação dos alunos, tais como diabetes, alterações no perfil lipídico, transtornos alimentares, alergias, dificuldades motoras para se alimentar ou outros). <b>4ª:</b> Se sim, identifique em que momento foi feita.</p>	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta) <b>3ª:</b> Sim / Não. <b>4ª:</b> Na <i>admissão na UE. / Avaliação nutricional. / Atendimento pela equipe saúde da família. / Em outro momento.</i> Qual?	Conforme categorização do indicador (variando de 0 a 1).
<b>D1</b>	Valor gasto com a compra de alimentos da agricultura familiar ÷ Valor total gasto com a compra de alimentos para o Pnae (incluindo recursos municipais)	G	<b>1ª:</b> Qual o total de recursos gastos com a compra de gêneros alimentícios no último ano letivo? (Incluir recursos federais e municipais) <b>2ª:</b> E qual foi o montante de recursos gastos com a compra de gêneros provenientes da agricultura familiar no último ano letivo?	<b>1ª:</b> R\$ <b>2ª:</b> R\$ / Não são comprados gêneros da agricultura familiar no município.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>D2</b>	Número de fornecedores da agricultura familiar ÷ Número total de fornecedores que atenderam o Pnae no município (Resgatar número total de fornecedores do D3)	RT	Do total de fornecedores de alimentos que atenderam ao Pnae no último ano letivo, quantos eram agricultores familiares?	Número de fornecedores da agricultura familiar.	X

<b>D3</b>	(Número de fornecedores oriundos do município + Número de fornecedores oriundos de outros municípios do estado) ÷ Número total de fornecedores que atenderam o Pnae no município.	RT	<b>1ª:</b> Quantos fornecedores de alimentos atenderam ao Pnae nesse município no último ano letivo? <b>2ª:</b> Dentre estes, quantos eram oriundos deste município? <b>3ª:</b> E quantos eram oriundos de outros municípios do estado? <b>4ª:</b> E quantos eram oriundos de outros estados?	<b>1ª:</b> Número total de fornecedores. <b>2ª</b> Número de fornecedores oriundos do município. <b>3ª:</b> Número de fornecedores oriundos de outros municípios do estado. <b>4ª:</b> Número de fornecedores oriundos de outros estados.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>D4</b>	Enunciação de realização de compra de alimentos pelo Programa de Aquisição de Alimentos para o Pnae.	G	Houve compra de alimentos pelo Programa de Aquisição de Alimentos para o Pnae no último ano letivo?	Sim / Não.	1 / 0
<b>D5</b>	Enunciação do gestor sobre o envolvimento da prefeitura em projetos e programas de apoio a produtores locais de alimentos com vistas ao atendimento do Pnae.	G	<b>1ª:</b> A prefeitura desenvolveu alguma estratégia para apoiar/facilitar o abastecimento da alimentação escolar com gêneros de produtores locais (do estado) no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, descreva a(s) estratégia(s). <b>3ª:</b> A prefeitura apoiou iniciativas de outras instituições neste tema no último ano letivo? <b>4ª:</b> Se sim, descreva a(s) iniciativa(s).	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta) <b>3ª:</b> Sim / Não. <b>4ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> 1 / 0 <b>4ª:</b> x (A pontuação máxima é 1 ponto; mesmo que marque os dois, só ganhará 1.)
<b>D6</b>	Enunciação do gestor sobre a existência de estratégia de apoio/facilitação ao abastecimento das UEs com gêneros oriundos da agricultura familiar	G	<b>1ª:</b> A prefeitura desenvolveu alguma estratégia para apoiar/facilitar o abastecimento da alimentação escolar com gêneros oriundos da agricultura familiar no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, descreva a(s) estratégia(s).	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x
<b>Q1</b>	Número de merendeiras capacitadas ÷ Número total de merendeiras no município (Resgatar o número total de merendeiras do G4)	RT	<b>1ª:</b> Houve alguma atividade de formação para as merendeiras exercerem suas funções no Pnae no último ano letivo? (Considere merendeiras todos os profissionais envolvidos na produção de refeições (cozinheiros, auxiliares). <b>2ª:</b> Se sim, indique o número de merendeiras que participaram da(s) atividade(s) no último ano letivo: (Desconsidere as que estiveram de licença por mais de seis meses).	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Número de merendeiras que participaram da atividade de formação).	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).

<b>Q2</b>	Número de UEs com pelo menos um professor capacitado ÷ Número de UEs estudadas	D	<b>Para D:</b> <b>1ª:</b> Algum professor desta UE participou de alguma atividade de formação em temas ligados à alimentação e nutrição no último ano? <b>2ª:</b> Se sim, indique o número de professores que participaram da(s) atividade(s) nesta UE. <b>3ª:</b> Se sim, indique a função do(s) professor(es) na UE. <b>4ª:</b> Se sim, indique o tipo de atividade.	<b>Para Diretores:</b> <b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Número de professores que participaram da atividade de formação. <b>3ª:</b> Diretor. / Coordenador pedagógico. / Outros. Quais? <b>4ª:</b> Curso a distância. / Presencial. / Seminários. / Outros. Quais?	<b>1ª:</b> 1 / o <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> x <b>4ª:</b> x
<b>Q3</b>	Número de membros do CAE <sup>I</sup> (incluindo o presidente) capacitados ÷ Número total de membros do CAE (titulares e suplentes) no município	PC <sup>b</sup>	<b>1ª:</b> Quantos membros do CAE participaram de alguma atividade de formação para exercer suas funções no Pnae no último ano letivo? <b>2ª:</b> Quantos membros do CAE compuseram o conselho no último ano letivo? (Considere titulares e suplentes.)	<b>1ª:</b> Número de membros do CAE que participaram de alguma atividade de formação. <b>2ª:</b> Número de membros do CAE existentes.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>Q4</b>	Enunciação do RT sobre a existência de atividade de formação para agricultores familiares.	RT	Foi realizada no último ano letivo alguma atividade de formação voltada para agricultores familiares em temas relacionados ao Pnae no município?	Sim / Não	1 / 0
<b>Q5</b>	Enunciação do RT sobre participação em atividade de formação sobre o Pnae	RT	<b>1ª:</b> Você participou de alguma atividade de formação para desenvolver suas atividades no Pnae no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, indique o tipo de atividade.	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Curso a distância. / Presencial. / Seminários. / Outros. Quais?	<b>1ª:</b> 1 / o <b>2ª:</b> x
<b>Q6</b>	Enunciação do gestor sobre a participação em atividade de formação sobre o Pnae.	G	<b>1ª:</b> Você participou de alguma atividade de formação para desenvolver suas atividades no Pnae no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, indique o tipo de atividade.	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Curso a distância. / Presencial. / Seminários. / Outros. Quais?	<b>1ª:</b> 1 / o <b>2ª:</b> x

Q7	(Nível de conhecimento do presidente do CAE sobre cada uma das três normas do Pnae) + (Nível de conhecimento do 1º membro do CAE entrevistado sobre cada uma das três normas do Pnae) + ... + (Nível de conhecimento do membro "n" do CAE sobre cada uma das três normas do Pnae) ÷ Número de entrevistados  (Nível de conhecimento = soma dos pontos obtidos nas perguntas 1, 2 e 3)	PC e MC <sup>b</sup>	<b>1ª:</b> Você já leu a Lei 11.947, de 2009, que fala sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica? <b>2ª:</b> Você já leu a Resolução FNDE/CD nº 26, de 2013, que estabelece as normas para a execução técnica, administrativa e financeira do Pnae? <b>3ª:</b> Você já leu a Portaria 1.010, de 2006, que institui as diretrizes para a Promoção da Alimentação Saudável nas Escolas?	<b>1ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>2ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>3ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li.	<b>1ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0 <b>2ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0 <b>3ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0
Q8	Nível de conhecimento do RT sobre cada uma das cinco normas do Pnae  (Nível de conhecimento = soma dos pontos obtidos nas perguntas 1, 2 e 3).	RT	<b>1ª:</b> Você já leu a Lei 11.947, de 2009, que fala sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica? <b>2ª:</b> Você já leu a Resolução FNDE/CD nº 26, de 2013, que estabelece as normas para a execução técnica, administrativa e financeira do Pnae? <b>3ª:</b> Você já leu a Portaria 1.010, de 2006, que institui as diretrizes para a Promoção da Alimentação Saudável nas Escolas? <b>4ª:</b> Você já leu a Resolução CFN 465, de 2010, que dispõe sobre as atribuições do Nutricionista no âmbito do Programa de Alimentação Escolar? <b>5ª:</b> Você já leu a Resolução RDC 216, de 2004, que dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação?	<b>1ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>2ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>3ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>4ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>5ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li.	<b>1ª:</b> 0,2 / 0,1 / 0. <b>2ª:</b> 0,2 / 0,1 / 0. <b>3ª:</b> 0,2 / 0,1 / 0. <b>4ª:</b> 0,2 / 0,1 / 0. <b>5ª:</b> 0,2 / 0,1 / 0.
Q9	Nível de conhecimento do gestor sobre cada uma das três normas do Pnae  (Nível de conhecimento = soma dos pontos obtidos nas perguntas 1, 2 e 3).	G	<b>1ª:</b> Você já leu a Lei 11.947, de 2009, que fala sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica? <b>2ª:</b> Você já leu a Resolução FNDE/CD nº 26, de 2013, que estabelece as normas para a execução técnica, administrativa e financeira do Pnae? <b>3ª:</b> Você já leu a Portaria 1.010, de 2006, que institui as diretrizes para a Promoção da Alimentação Saudável nas Escolas?	<b>1ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>2ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li. <b>3ª:</b> Sim, li tudo. / Sim, li uma parte. / Não li.	<b>1ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0 <b>2ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0 <b>3ª:</b> 0,33 / 0,167 / 0

<b>C1</b>	Enunciação sobre a presença de um representante da equipe de coordenação do Pnae na composição do CAE.	RT	Você ou algum outro representante da equipe de coordenação do Pnae foi membro do CAE no último ano letivo?	Sim / Não.	1 / 0
<b>C2</b>	Adequação da forma de eleição do representante da sociedade civil do CAE.	PC	<b>1ª:</b> Como foi feita a última escolha dos representantes da sociedade civil no CAE? <b>2ª:</b> Foi divulgada a possibilidade de representação da sociedade civil? <b>3ª:</b> Se sim, como?	<b>1ª:</b> Assembleia de uma ou mais organizações da sociedade civil. / Escolha pelo poder executivo. / Escolha por uma organização da sociedade civil. / Outra forma. Qual? <b>2ª:</b> Sim / Não. <b>3ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0 / 0 / 0 <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> x
<b>C3</b>	Enunciação do presidente do CAE sobre a existência e o seguimento de regimento interno.	PC	<b>1ª:</b> Existiu regimento interno que organizasse a atuação do CAE no último ano letivo? <b>2ª:</b> O regimento interno do CAE foi seguido no último ano letivo? <b>3ª:</b> Se não foi seguido totalmente, por que não foi?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Totalmente. / Parcialmente. / Não foi seguido. <b>3ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 0,5 / 0 <b>2ª:</b> 0,5 / 0,25 / 0 <b>3ª:</b> x
<b>C4</b>	Enunciação do presidente do CAE sobre o número anual e a periodicidade das reuniões do CAE	PC	<b>1ª:</b> Quantas reuniões do CAE foram feitas no último ano letivo? (Considere as reuniões com quorum suficiente para serem deliberativas.) <b>2ª:</b> Em geral, com que periodicidade as reuniões foram realizadas ao longo do último ano letivo?	<b>1ª:</b> Nenhuma / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 ou mais. <b>2ª:</b> Não houve periodicidade regular. / Pelo menos uma vez por semana. / Pelo menos uma vez por quinzena. / Pelo menos uma vez por mês. / Pelo menos uma vez por bimestre. / Pelo menos uma vez por trimestre. / Pelo menos uma vez por semestre. / Pelo menos uma vez por ano.	<b>1ª:</b> 0 / 0 / 0 / 0,167 / 0,167 / 0,167 / 0,33 / 0,33 / 0,33 / 0,5 / 0,5 / 0,5 <b>2ª:</b> 0 / 0 / 0 / 0 / 0,5 / 0,5 / 0,5 / 0,5
<b>C5</b>	Enunciação, por membros e pelo presidente do CAE, sobre a disponibilização pelo município de informação e documentação solicitadas pelo CAE.	PC	<b>1ª:</b> No último ano letivo o município disponibilizou informações e documentos solicitados pelo CAE para viabilizar as ações do conselho? <b>2ª:</b> Se não foi sempre, em que situações o CAE não foi atendido?	<b>1ª:</b> Sim, sempre. / Sim, na maioria das vezes. / Sim, às vezes. / Sim, raramente. / Não. <b>2ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0,75 / 0,5 / 0,25 / 0 <b>2ª:</b> x
<b>C6</b>	Enunciação, por membros e pelo presidente do CAE, sobre disponibilização pelo município de infraestrutura para funcionamento do CAE.	PC	<b>1ª:</b> No último ano letivo o município disponibilizou infraestrutura necessária para o funcionamento do CAE? <b>2ª:</b> Em que situações o CAE não foi atendido?	<b>1ª:</b> Sim, sempre. / Sim, na maioria das vezes. / Sim, às vezes. / Sim, raramente. / Não. <b>2ª:</b> (Aberta).	<b>1ª:</b> 1 / 0,75 / 0,5 / 0,25 / 0 <b>2ª:</b> x

<b>C7</b>	Enunciação do presidente do CAE sobre o elenco de atividades desenvolvidas pelo CAE no Pnae.	PC	Quais atividades foram desenvolvidas pelo CAE no município no último ano letivo?	(Aberta) Categorização das respostas: analisa relatório de prestação de contas do Pnae / <i>emite parecer sobre o relatório de gestão anual / realiza visitas às UEs / realiza reuniões / averigua denúncias e pede providências / acompanha licitação e compra de alimentos / acompanha aquisição dos alimentos / acompanha qualidade dos alimentos / acompanha capacidade e condições de armazenamento dos alimentos / acompanha a execução do cardápio / aprova e/ou sugere cardápios / acompanha a aceitação da alimentação escolar pelos alunos / outras atividades.</i>	X
<b>C8</b>	Número de UEs visitadas pelo CAE ÷ Número total de UEs (Resgatar número total de UEs no perfil da rede de ensino)	PC	<b>1ª:</b> O CAE realizou visitas à UE no município no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, quantas UEs foram visitadas pelo CAE no último ano letivo?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> Número de UEs visitadas.	Valor extraído direto da fórmula (variando de 0 a 1).
<b>C9</b>	Número de UEs visitadas mais de uma vez pelo CAE ÷ Número total de UEs (Resgatar número total de UEs no perfil da rede de ensino)	PC	<b>1ª:</b> Se sim, alguma destas UEs foi visitada mais de uma vez? <b>2ª:</b> Se sim, houve algum motivo específico para que tenham sido visitadas mais de uma vez? <b>3ª:</b> Se sim, identifique o(s) motivo(s). <b>4ª:</b> Qual o número de visitas por UE em um ano que você consideraria adequado?	<b>1ª:</b> UE visitadas mais de uma vez. <b>2ª:</b> Sim / Não, foram visitas de rotina. <b>3ª:</b> (Aberta) <b>4ª:</b> Número de visitas por UE ao ano considerado adequado.	X
<b>C10</b>	Enunciação pelo presidente do CAE sobre a existência de mecanismos de controle de desvio dos gêneros alimentícios distribuídos às UEs.	PC	<b>1ª:</b> Existiu alguma forma de controle de desvio dos alimentos distribuídos às UEs no município no último ano letivo? <b>2ª:</b> Se sim, quais?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 1 / 0 <b>2ª:</b> x
<b>O1</b>	(Número de alunos que responderam "Sim" para talheres *0,5) + (Número de alunos que responderam "Sim" para pratos *0,5) ÷ Número de alunos estudados	A	<b>1ª:</b> Você gosta dos talheres usados no almoço da sua escola? <b>2ª:</b> Por quê? <b>3ª:</b> Você gosta dos pratos usados no almoço da sua escola? <b>4ª:</b> Por quê?	<b>1ª:</b> Sim / Não. <b>2ª:</b> (Aberta) <b>3ª:</b> Sim / Não. <b>4ª:</b> (Aberta)	<b>1ª:</b> 0,5 / 0. <b>2ª:</b> x <b>3ª:</b> 0,5 / 0 <b>4ª:</b> x

O2	<p>(Número de alunos que marcaram “muito boa” + Número de alunos que marcaram “boa”) *1 + (Número de alunos que marcaram “mais ou menos”) *0,5 + (Número de alunos que marcaram “ruim” + Número de alunos que marcaram “muito ruim”) *0]</p> <p>÷ Número de alunos estudados</p> <p>(Retirar da estatística os alunos que marcaram “não como”.)</p>	A	<p><b>1ª:</b> Na sua opinião, a alimentação oferecida nessa escola é: <b>2ª:</b> <i>Por quê?</i></p>	<p><b>1ª:</b> Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. / Não como. <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i>.</p> <p>(Os alunos que marcaram “não como” não devem ser considerados no indicador.)</p>	<p><b>1ª:</b> 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i></p>
O3	<p>(Número de merendeiras que marcaram “muito boa” + Número de merendeiras que marcaram “boa”) *1 + (Número de merendeiras que marcaram “mais ou menos”) *0,5 + (Número de merendeiras que marcaram “ruim” + Número de merendeiras que marcaram “muito ruim”) *0</p> <p>÷ Número de merendeiras estudadas</p> <p>(Retirar da estatística as merendeiras que marcaram “não como”.)</p>	M	<p><b>1ª:</b> Na sua opinião, a alimentação oferecida nessa escola é: <b>2ª:</b> <i>Por quê?</i></p>	<p><b>1ª:</b> Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. / Não como. <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i></p> <p>(No caso de a merendeira marcar “não como”, ela deve ser retirada da estatística.)</p>	<p><b>1ª:</b> 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i></p>
O4	<p>(Número de membros da direção que marcaram “muito boa” + Número de membros da direção que marcaram “boa”) *1 + (Número de membros da direção que marcaram “mais ou menos”) *0,5 + (Número de membros da direção que marcaram “ruim” + Número de membros da direção que marcaram “muito ruim”) *0</p> <p>÷ Número de membros da direção estudados</p> <p>(Retirar da estatística os membros da direção que marcaram “não como”.)</p>	D e CP	<p><b>1ª:</b> Na sua opinião, a alimentação oferecida nessa escola é: <b>2ª:</b> <i>Por quê?</i></p>	<p><b>1ª:</b> Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. / Não como. <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i></p> <p>(No caso de o membro da direção marcar “não como”, ele deve ser retirado da estatística.)</p>	<p><b>1ª:</b> 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 <b>2ª:</b> <i>(Aberta)</i></p>

O5	(Número de membros do CAE, incluindo presidente, que marcaram “muito boa” + Número de membros do CAE, incluindo presidente, que marcaram “boa”) *1 + (Número de membros do CAE, incluindo presidente, que marcaram “mais ou menos”) *0,5 + (Número de membros do CAE, incluindo presidente, que marcaram “ruim” + Número de membros do CAE, incluindo presidente, que marcaram “muito ruim”) *0 ÷ Número de membros do CAE, incluindo presidente, estudados	PC e MC	1ª: Na sua opinião, a execução do Pnae neste município é: 2ª: Por quê?	1ª: Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. 2ª: (Aberta)	1ª: 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 2ª: (Aberta)
O6	Enunciação do gestor municipal sobre a execução do Pnae no município.	G	1ª: Na sua opinião, a execução do Pnae neste município é: 2ª: Por quê?	1ª: Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. 2ª: (Aberta)	1ª: 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 2ª: (Aberta)
O7	Enunciação do responsável técnico sobre a execução do Pnae no município	RT	1ª: Na sua opinião, a execução do Pnae neste município é: 2ª: Por quê?	1ª: Muito Boa. / Boa. / Mais ou menos. / Ruim. / Muito ruim. 2ª: (Aberta)	1ª: 1 / 1 / 0,5 / 0 / 0 2ª: (Aberta)
O8	Enunciação do responsável técnico sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.	RT	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X
O9	Enunciação do gestor municipal sobre uma qualidade marcante do Pnae no município	G	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X
O10	Enunciação do Presidente do CAE sobre uma qualidade marcante do Pnae no município	PC	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X
O11	Enunciação dos coordenadores pedagógicos sobre uma qualidade marcante do Pnae no município	CP	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X
O12	Enunciação dos diretores das UEs sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.	D	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X
O13	Enunciação das merendeiras sobre uma qualidade marcante do Pnae no município.	M	O que você considera uma qualidade marcante da execução do programa na sua cidade?	(Aberta)	X

<b>O14</b>	Enunciação do responsável técnico sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município	RT	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O15</b>	Enunciação do gestor municipal sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município	G	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O16</b>	Enunciação do Presidente do CAE sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município	PC	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O17</b>	Enunciação dos coordenadores pedagógicos sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município	CP	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O18</b>	Enunciação dos diretores das UEs sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.	D	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O19</b>	Enunciação das merendeiras sobre melhoria(s) necessária(s) para o Pnae no município.	M	O que precisaria ser feito para melhorar o Pnae na sua cidade?	(Aberta)	X
<b>O20</b>	Enunciação dos alunos sobre uma sugestão para melhorar a alimentação servida pela UE.	A	Se você pudesse dar uma sugestão para melhorar a alimentação servida na sua escola, qual seria?	(Aberta)	X

#### Legenda do quadro:

<sup>a</sup> Id.: Identificação do indicador

<sup>b</sup> In.: Informante-chave: RT (responsável técnico); G (gestor); D (diretores); M (merendeiras); C (coordenadores pedagógicos); A (alunos); PC (presidente do Conselho de Alimentação Escolar); MC (membros do Conselho de Alimentação Escolar)

<sup>c</sup>X: não pontuável (palavras em itálico referem-se a itens não pontuáveis)

<sup>d</sup> Parâmetro do Conselho Federal de Nutricionistas (CFN) 465/2010: Número adequado de nutricionistas até 500 alunos: 1 RT (30h/semana); de 501 a 1000 alunos: 1 RT + 1 nutricionista do quadro técnico (30h/semana); de 1001 a 2500 alunos: 1 RT + 2 nutricionistas do quadro técnico (30h/semana); de 2501 a 5000 alunos: 1 RT + 3 nutricionistas do quadro técnico (30h/semana); e acima de 5000 alunos: 1 RT + 3 nutricionistas do quadro técnico + 1 nutricionista do quadro técnico a cada fração de 2500 alunos (30h/semana); na educação infantil: 1 nutricionista para cada 500 alunos ou fração. Carga horária semanal do nutricionista RT - 30 horas semanais.

<sup>e</sup>Pnae: Programa Nacional de Alimentação Escolar

<sup>f</sup>UE: unidade escolar

<sup>g</sup> Parâmetro da Resolução da Secretaria Municipal de Educação (SME) do Rio de Janeiro nº 573 de 23/08/95: Número adequado de merendeiras para até 420 refeições/dia: 3 merendei-

ras; de 421 a 560 refeições/dia: 4 merendeiras; de 561 a 700 refeições/dia: 5 merendeiras; de 701 a 840 refeições/dia: 6 merendeiras; de 841 a 980 refeições/dia: 7 merendeiras; de 981 a 1.120 refeições/dia: 8 merendeiras; e mais de 1.121 refeições/dia: 9 merendeiras.

<sup>h</sup>FNDE: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

<sup>i</sup>Perfil da rede de ensino: deve ser perguntado ao RT do município. Envolve as seguintes questões, cujas respostas devem se basear na média anual do último ano letivo: número de escolas municipais e de creches municipais que compuseram a rede municipal de ensino; número de alunos matriculados na educação infantil, no ensino fundamental (sem contar EJA e Programas especiais), em programas especiais (especificar), no ensino de jovens e adultos e no ensino médio; e número médio de refeições distribuídas por dia nas UEs (escolas e creches) no desjejum, na colação, no almoço, no lanche, no jantar e na ceia.

<sup>i</sup>CAE: Conselho de Alimentação Escolar

A dimensão de gestão é composta por 15 indicadores, sendo um qualitativo. A maioria deles é construída com base na informação do RT e, o restante, na do gestor e na de atores de nível local (diretor e aluno), sendo que estes últimos indicadores possuem versões alternativas cujo informante é o RT. Nela são contemplados temas referentes aos profissionais envolvidos no programa, à adesão dos alunos, ao estabelecimento de parcerias pela prefeitura, entre outros.

A dimensão de promoção da alimentação saudável (28 indicadores, sendo três qualitativos) divide-se em três vertentes de ação (incentivo, apoio e proteção) e uma complementar (monitoramento). Na vertente de incentivo (seis indicadores), a maioria dos indicadores é construída com base em informações do coordenador pedagógico, com foco em atividades locais nas unidades escolares. Entre as ações educativas contempladas destacam-se as hortas, por serem apontadas na legislação como uma ação estratégica para a promoção da alimentação saudável, e a Semana de Educação Alimentar, prevista em legislação estadual, sendo sua celebração fomentada e apoiada pelo Núcleo de Alimentação e Nutrição Escolar (Nucane). A inserção do tema da alimentação e da nutrição no projeto político-pedagógico foi considerada marcador de institucionalização da promoção da alimentação saudável no ambiente escolar. Na vertente de apoio (15 indicadores), foi incluído um indicador qualitativo: distribuição da alimentação tipo self service. Esta prática tem sido valorizada como elemento pedagógico no momento de distribuição da refeição, uma vez que estimula o empoderamento e a autonomia dos alunos na escolha de sua alimentação. A vertente de proteção (cinco indicadores) envolve indicadores relacionados à restrição a gêneros alimentícios oferecidos pelo programa, ao comércio de alimentos no ambiente escolar, à promoção comercial de alimentos e a regras relacionadas ao consumo alimentar nas unidades escolares. Já na vertente de monitoramento (três indicadores), cabe destacar a identificação de alunos com necessidades alimentares especiais.

A dimensão de desenvolvimento local (seis indicadores, sendo um qualitativo) é voltada para a participação efetiva de agricultores familiares e locais no fornecimento de alimentos,

bem como em estratégias de apoio/facilitação de iniciativas que favoreçam essa prática. Na dimensão de qualificação das ações (nove indicadores) destacam-se aquelas de formação dos diferentes atores envolvidos na execução do Pnae. A dimensão de controle e participação social (10 indicadores, sendo dois qualitativos) enfoca tanto a composição e as atividades do CAE quanto o apoio dado pela entidade executora para sua atuação. A dimensão de opinião dos atores sociais (20 indicadores, sendo 13 qualitativos) contempla a visão de todos os atores anteriormente já previstos. O indicador que aborda a opinião dos alunos sobre os utensílios utilizados na alimentação escolar foi introduzido pois, historicamente, têm sido disponibilizados pratos de plástico e colheres na distribuição das refeições, inclusive para alunos de segundo segmento. No entanto, é recorrente o relato de atores de que esta prática influencia negativamente a adesão e a aceitação da alimentação escolar.

Dado que a versão final dos indicadores e escores propostos não foi aplicada em uma base empírica, optamos por apresentar uma situação fictícia a título de ilustração. Supondo que um município tenha alcançado os seguintes valores de medidas síntese para cada uma das dimensões de avaliação do Pnae: Gestão = 0,8; Promoção da alimentação saudável = 0,7; Desenvolvimento local = 1,0; Qualificação das ações = 0,3; Controle social = 0,8; e Opinião dos atores sociais = 0,5. A expressão gráfica da medida síntese das dimensões neste município seria aquela apresentada na figura 1. Nela, pode-se observar que algumas dimensões do programa estão mais plenamente desenvolvidas que outras. Os passos seguintes da avaliação desse município fictício seriam: identificar em quais aspectos de cada dimensão (expressos nos indicadores quantitativos) o município teve uma execução menos plena e o porquê disso, por meio da análise dos indicadores qualitativos e das respostas abertas dos indicadores quantitativos de cada dimensão.

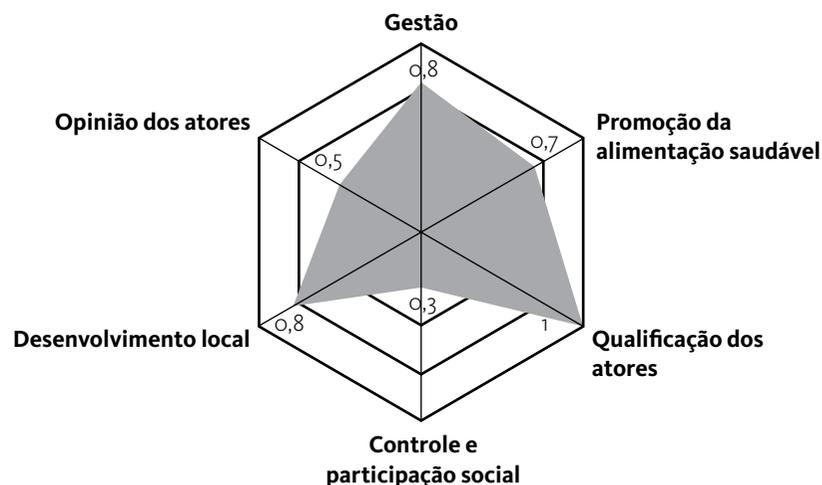


Figura 1 – Exemplo de expressão gráfica da síntese dos resultados obtidos em um município fictício em relação às seis dimensões de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar.

Dada a escassez de estudos que tenham realizado uma abordagem abrangente do Pnae, a análise dos nossos resultados, à luz da literatura, será focada no cotejamento do nosso estudo com o de Silva e de Calasans e Santos, uma vez que o primeiro foi a principal inspiração para a presente proposta avaliativa e o segundo representa desdobramento deste. Podemos identificar que, em linhas gerais, o processo de construção dessas duas avaliações também contemplou levantamento bibliográfico, inclusão da opinião e experiência dos atores sociais envolvidos com o programa, detalhamento sobre os indicadores propostos e a perspectiva de aplicação e de adaptação a outros contextos. Por outro lado, observamos, em nosso estudo, um maior número de dimensões de avaliação do programa e de indicadores propostos; a ampliação do escopo de indicadores construídos com base nos dados colhidos das merendeiras aos alunos e a proposição de uma síntese da avaliação que expresse a situação de cada dimensão avaliada. Nos estudos de Silva e de Calasans e Santos, o enfoque é a avaliação do grau de implementação do programa de acordo com as metas propostas na legislação vigente (para alcance de uma imagem-objetivo), enquanto que, aqui, valorizamos os processos de trabalho de execução do programa, identificados tanto pela legislação vigente como por outros documentos de referência e por atores envolvidos no programa no nosso contexto de estudo.

Em relação ao escopo e à organização das dimensões de avaliação do Pnae, a dimensão de controle e participação social foi a mais semelhante entre este e os outros dois estudos. Na dimensão de gestão, ampliou-se o leque de componentes do programa avaliados, incluindo, por exemplo, adequação da carga horária de trabalho do RT e publicização do processo de compras dos gêneros alimentícios. Em nossa proposta, assumimos também como dimensões do programa a serem avaliadas o desenvolvimento local, a opinião e a qualificação de atores envolvidos no programa. Além disso, enquanto nos dois outros estudos questões relacionadas à alimentação e à nutrição foram incluídas na dimensão de eficiência alimentar e nutricional, trabalhamos aqui com a dimensão de promoção da alimentação saudável, estruturada com um enfoque bastante distinto do deles. Cabe registrar, ainda, que alguns indicadores da dimensão de eficiência alimentar e nutricional foram deslocados para a de gestão na proposta aqui apresentada.

No debate sobre o escopo de ações que se faz necessário para a promoção de mudanças alimentares efetivas no âmbito das políticas públicas, têm sido incorporados à noção de promoção da alimentação saudável conceitos como resgate e valorização da cultura alimentar e subjetividade na relação com a comida, fortalecimento da cidadania, sustentabilidade, entre outros. Por este motivo e pela presença de elementos dessa natureza na atual legislação orientadora do Pnae, consideramos fundamental a proposição de uma dimensão de avaliação focada na promoção da alimentação saudável que contemple essa perspectiva ampliada, inclusive destacando as vertentes de ação para tal. Além disso, ao serem trabalha-

das duas dimensões de avaliação com o foco nos atores envolvidos com o Pnae, envolvendo suas opiniões e sua qualificação, estamos valorizando os processos de trabalho relacionados ao programa e às próprias pessoas nele envolvidas.

Em relação à aplicabilidade da proposta avaliativa aqui apresentada, um ponto crítico é a viabilidade operacional da coleta de dados. Identificamos a necessidade de se fazerem perguntas com opções de resposta abertas, tanto para levantar os motivos da não realização de alguns procedimentos, como para coletar informações sobre processos pouco conhecidos, procurando subsidiar uma reflexão mais aprofundada sobre medidas a serem tomadas na perspectiva de melhoria do programa e sobre arranjos e processos de trabalho bem-sucedidos. Portanto, ainda que a inclusão dessas questões possa tornar a consolidação dos dados coletados mais trabalhosa, ela é fundamental para o aprofundamento da avaliação.

A necessidade de serem entrevistados diferentes atores para a construção do elenco completo de indicadores também torna mais complexa a aplicação do instrumento. Assim, em alguns casos foram propostos indicadores alternativos. No entanto, entendemos que o esforço de abordar todos os atores previstos é, em si, uma ação que contribui para a construção da cultura institucional de avaliação sobre a execução do Pnae, devendo, portanto, ser encorajado. Valorizamos os pontos de vista desses informantes por eles serem fundamentais para o funcionamento do programa e por identificarmos o processo investigativo como momento potencial de reflexão interna de cada ator, que, ao responder sobre o Pnae, sobre a alimentação escolar e, em alguns casos, sobre sua própria atuação, tem a chance de repensar sua prática. Pelo exposto, sugerimos que o uso de indicadores alternativos só ocorra no caso da impossibilidade de construção dos indicadores originais.

Cabe, ainda, comentar a medida síntese proposta. Ela contribui para a compreensão sobre a dinâmica de funcionamento do Pnae em uma dada realidade, ao mesmo tempo em que permite a visualização de cada uma das seis dimensões avaliadas. Entretanto, como acontece na construção de qualquer escala, a elaboração dessa medida envolveu decisões arbitrárias que influenciaram sua expressão final, como, por exemplo: a definição das opções de resposta para cada questão que compôs os indicadores quantificáveis; o estabelecimento de escores para as opções de resposta de cada pergunta; a definição de parâmetros que orientassem o estabelecimento desses escores; e a ponderação de cada indicador internamente em cada dimensão. Sobre este aspecto: embora os escores de todos os indicadores variassem de 0 a 1, a participação de cada um na totalização da respectiva dimensão foi inversamente proporcional ao número de indicadores quantificáveis que compunham a dimensão. Por tudo isso, a utilização da medida síntese deve ser complementar ao (e não substitutiva do) exame cuidadoso dos resultados obtidos para cada um dos indicadores propostos. Além disso, alguns aspectos de diferentes dimensões podem estar inter-relacionados entre si, trazendo a necessidade de interpretar os resultados não somente dentro de cada dimensão, mas também na perspectiva da interface entre elas. Exemplo disso é a relação entre a adesão dos alunos ao programa (indicador G11) e sua opinião acerca da alimentação escolar (indicador O2).

Outro aspecto que merece ser discutido é a periodicidade de aplicação do elenco proposto. Dado que o período de referência dos indicadores é de no máximo um ano, em tese, essa aplicação poderia ser anual. Entretanto, essa periodicidade pode depender de componentes como: viabilidade operacional para realização de nova avaliação (coleta e análise dos dados), uso de seus resultados para redirecionamento do programa e/ou ocorrência de transformações no programa decorrentes de fatores externos à avaliação.

A operacionalização da coleta de dados para essa avaliação poderia se dar pela parceria com terceiros ou pelo próprio município. No primeiro caso, o estabelecimento de parcerias, quando possível, favorece a maior independência no processo de coleta de dados. No segundo caso, é preciso considerar o potencial risco de distorção dos resultados ao se ter a equipe de coordenação do programa em âmbito municipal aplicando questionários para atores coordenados por ela, assim como caber a ela mesma a resposta a questões que compõem os indicadores de avaliação. De qualquer modo, reforçamos aqui que a realização de uma avaliação pode, em si, gerar uma reflexão mais estruturada sobre a dinâmica de funcionamento do programa. Assim, o envolvimento de diferentes atores inseridos no Pnae no processo de apropriação da proposta, na geração dos dados e na discussão dos achados da avaliação contribuiria para a institucionalização de um processo coletivo de avaliação e de melhoria do programa. Ademais, as medidas a serem tomadas com base no levantamento final de informações devem ser pensadas principalmente pelos atores de nível central, que teriam maior ingerência sobre os processos de trabalho do Pnae levantados e de conhecimento gerencial em âmbito municipal.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo tem como produto final um elenco de 88 indicadores, sendo 20 deles qualitativos, distribuídos em seis dimensões de avaliação. A proposta avaliativa aqui apresentada busca contribuir para a qualificação do Pnae e para o estabelecimento de mecanismos avaliativos que ampliem a transparência dos processos envolvidos em sua execução. Além disso, acreditamos que estudos dessa natureza enriquecem o conhecimento no âmbito da avaliação de programas em um contexto histórico de reformulação do Pnae como política pública estratégica de segurança alimentar e nutricional, e de consolidação, no Brasil, da área de alimentação e nutrição no campo das políticas públicas. Acreditamos também que não existe uma ferramenta de avaliação universal e aplicável a todo e qualquer contexto. A presente proposta avaliativa é fruto de um contexto específico, que permeou todo seu processo de construção. Esperamos que ela possa servir de inspiração para outras iniciativas de avaliação que sejam sensíveis a seus contextos. No momento, está em curso a estruturação da segunda fase desse estudo, que consiste na aplicação dessa proposta avaliativa em outros municípios do Estado do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS

BELIK, W., CHAIM, N.A. O Programa Nacional de Alimentação Escolar e a gestão municipal: eficiência administrativa, controle social e desenvolvimento local. In: *Rev. Nutr.* 2009 set/out; 22(5): 595-607.

Brasil. Portaria interministerial no 1.010, de 8 de maio de 2006. Institui as diretrizes para a promoção da alimentação saudável nas escolas de educação infantil, fundamental e nível médio das redes pública e privada, em âmbito nacional. Diário Oficial da União de 9 de maio de 2006.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. Departamento de Apoio à Gestão Participativa. Caderno de Educação Popular e Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2007.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.

Brasil. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as leis nº 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei nº 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. Diário Oficial da União de 17 de junho de 2009.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos (SPI). *Indicadores de programas: guia metodológico*. Brasília: MP, 2010.

CALASANS, F.V.M., SANTOS, S.M.C. Avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar: desenvolvimento de um protocolo de indicadores. In: *Rev. Seg. Alim. Nut.* 2013; 20: 24-40.

CARVALHO, C.M.P. *Proposta de avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar para municípios no Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2012.

CASTRO, I.R.R. et al. *Desenvolvimento de indicadores de avaliação do Programa de Alimentação Escolar em âmbito municipal*. Projeto de pesquisa. Rio de Janeiro: INAD, 2009.

CASTRO, I.R.R. Panorama do Pnae no Estado do Rio de Janeiro. In: *Telessaúde Uerj. Seminário da Rede Estadual de Alimentação e Nutrição Escolar*, 4, RJ, 8 de novembro de 2010. Disponível em: <http://www.telessauderj.uerj.br/ava/course/view.php?id=311>.

CASTRO, I.R.R., CASTRO, L.M.C., GUGELMIN, A.S. Ações educativas, programas e políticas envolvidos nas mudanças alimentares. In: DIEZ-GARCIA, R.W., CERVATO-MACUSO, A.M. *Mudanças alimentares e educação nutricional*. P. 18-34. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011.

CASTRO, I.R.R.; CASTRO, L.M.C.; MALDONADO, L.A.; CURY, M.T.F.; OLIVEIRA, J.M.; FROZI, D.S. *Qualification of actions to promote healthy eating by the National School Feeding Program in the cities of Rio de Janeiro state, Brazil*. In: Anais I Congreso Internacional Comer en la Escuela. Barcelona, 2012.

Conselho Federal de Nutricionistas. Resolução nº 465, de 23 de agosto de 2010. Dispõe sobre as atribuições do nutricionista, estabelece parâmetros numéricos mínimos de referência no âmbito do Programa de Alimentação Escolar (PAE) e dá outras providências. Diário Oficial da União de 25 de agosto de 2010.

CRUZ, M.M. Avaliação de políticas e programas de saúde: contribuições para o debate. In: MATTOS, R. A.; BAPTISTA, T. W. F. *Caminhos para análise das políticas de saúde*. 2011. p. 181-99. Disponível em: <<http://www.ims.uerj.br/ccaps/?p=435>>.

DOMENE, S.M.A. et al. Experiências de políticas em alimentação e nutrição. 2007; 21(60): 161-78.

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução/FNDE/CD nº 38, de 16 de julho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). Diário Oficial da União de 17 de julho de 2009.

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Alimentação escolar: apresentação. 2012. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/alimentacao-escolar/alimentacao-escolar-apresentacao>>.

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Resolução/FNDE/CD nº 26, de 17 de junho de 2013. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae). Diário Oficial da União de 18 de junho de 2013.

GALANTE, A.P. et al. *Pesquisa Nacional do Consumo Alimentar e Perfil Nutricional de Escolares, Modelos de Gestão e de Controle Social do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae): instrumentos, coleta de dados e sistema de monitoramento*. RASBRAN 2009; 2(2).

Governo do Estado do Rio de Janeiro. Lei nº 4.856, de 28 de setembro de 2006. Cria, no calendário oficial do Estado do Rio de Janeiro, a Semana de Educação Alimentar e dá outras providências. Rio de Janeiro, setembro de 2006.

HOLMAN, P., DEVANE, T., CADY, S. *The change handbook: the definitive resource on today's best methods for engaging whole systems*. San Francisco: Berrett Koehler; 2007.

LEÃO, M.M., CASTRO, I.R.R. Políticas públicas de alimentação e nutrição. In: Kac G, Sichieri R, Gigante DP. *Epidemiologia nutricional*. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz/ Atheneu; 2007. P. 519-41.

MALUF, R.S. Estudo 34: *Segurança alimentar e nutricional - perspectivas dos investimentos sociais no Brasil*. 2011. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/pis/Estudo%2034.pdf>>.

NOVAK, J.D., CAÑAS, A.J. *The theory underlying concept maps and how to construct them. Technical Report IHMC CmapTools*. 2006. rev. 2008. Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008.

PATTON, MQ. *Utilization focused evaluation: the news century text*. 3. ed. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 1997.

PERPÉTUO, K.G., MORALES, M. *Oficina de mapeamento de metodologias participativas*. Brasília: 2011.

POTVIN L., BISSET, S. There is more to methodology than method. In: POTVIN L., MCQUEEN, D. (eds.). *Health promotion evaluation practices in the Americas: values and research*. p. 63-80. New York: Springer Science Business Media, 2008.

SANTOS, L.M.P. et al. Avaliação de políticas públicas de segurança alimentar e combate à fome no período 1995-2002. Programa Nacional de Alimentação Escolar. In: *Cad. Saúde Pública*, 2007.

Secretaria Municipal de Educação. Resolução nº 573, de 23 de agosto de 1995. Dispõe sobre o remanejamento do pessoal encarregado do preparo da merenda escolar, o critério adotado, e dá outras providências. Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro de 25 de agosto de 1995.

SILVA, AV. Dissertação de Mestrado. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2009.

STREINER, D.L.; NORMAN, G.R. *Health measurement scales: a practical guide to their development and use*. 4. ed. New York: Oxford University Press; 2008.

The World Café. World Café Method. Disponível em: < <http://www.theworldcafe.com/method.html> >.

#### PARA SABER MAIS

**Camila Maranhã Paes de Carvalho**  
camila.maranhã@gmail.com  
(21) 2572-2303 / (21) 99187-3987

**Inês Rugani Ribeiro de Castro**  
(orientadora)  
inesrrc@uol.com.br

**3º LUGAR**

**CATEGORIA  
MESTRE E DOUTOR**



**FERNANDA GARCIA DOS SANTOS**

Universidade Federal de São Paulo  
(Unifesp) Santos - SP

### **Inovação para o desenvolvimento de pães sem glúten de boa qualidade tecnológica, sensorial e nutricional: contribuições para o tratamento dietético dos doentes celíacos e demais intolerantes ao glúten**

#### **RESUMO**

Os produtos isentos de glúten são alimentos para fins dietéticos especiais, importantes para o tratamento de pessoas com diagnóstico clínico de doença celíaca, dermatite herpetiforme, intolerância ao glúten ou alergia às proteínas do trigo, que necessitam de dieta isenta de glúten por toda a vida. Apesar do crescimento do mercado de alimentos isentos de glúten nos últimos anos, ainda há dificuldade de acesso a esses produtos devido ao elevado preço, à variedade e disponibilidade limitadas, e à pobre palatabilidade. Esses fatores são responsáveis por dificultar a adesão ao tratamento, comprometendo a saúde e a qualidade de vida das pessoas que necessitam de dieta isenta de glúten. Dentre todos os produtos isentos de glúten, o pão é o mais demandado. No entanto, além da pobre qualidade tecnológica e sensorial, pães sem glúten (PSG) frequentemente apresentam pobre composição nutricional porque são elaborados com farinhas e amidos refinados, que apresentam baixos níveis de fibra alimentar, vitaminas e minerais. Portanto, a melhoria da composição nutricional de produtos sem glúten é um importante objetivo para a pesquisa e o desenvolvimento, sendo um desafio concomitante a melhoria das propriedades tecnológicas e sensoriais desses produtos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de matérias-primas alternativas, ricas em nutrientes e compostos bioativos, na produção de pães sem glúten de boa qualidade tecnológica, sensorial e nutricional. Foram testadas as farinhas de sorgo integral (FSI), de trigo sarraceno integral (FTSI), e de grão de bico integral (FGB). Essas farinhas foram misturadas à farinha de arroz (FA) e à fécula de batata (FB), ingredientes comumente empregados nas formulações de PSG. O planejamento experimental para misturas de três componentes e a metodologia de superfície de resposta foram utilizados para definir as proporções ideais de FA, de FB e das farinhas alternativas na formulação, possibilitando a maximização

da expansão, da maciez e da umidade do miolo, bem como da aceitabilidade dos PSGs. Para cada planejamento de mistura foram elaboradas nove formulações experimentais, sendo três constituídas pelos componentes puros (100%), três por misturas binárias elaboradas com 50% de cada componente, e uma formulação pela mistura ternária, constituída pela combinação de 33,3% de cada componente, correspondendo ao ponto central do modelo, que foi repetido três vezes. Os pães foram produzidos pelo método de massa direta, e a única diferença entre os produtos era a proporção entre os componentes farináceos, cuja somatória representava 35,8% da massa e 41% do PSG pronto para o consumo. Os resultados mostraram que é possível obter formulações de PSG de boa aceitabilidade (escore de aceitabilidade global  $\geq 7$ , em uma escala hedônica estruturada de 10 cm) com a utilização de 55 a 75% da FTSl, até 96% de FSl e até 100% de FGB. No entanto, as formulações ótimas, ou seja, aquelas que apresentaram maior aceitabilidade, foram compostas pelas seguintes misturas: 1-64% FTSl e 36% FB, 2-67% FSl e 33% FB e 3-75% FGB e 25% FB (escores de aceitabilidade da aparência, da cor, do aroma, da textura, do sabor e global, variando entre 7 e 8,7). Essas formulações não apresentaram diferença de aceitação global em relação aos PSGs elaborados com matérias-primas refinadas: 4-50% FA e 50% FB e 5-100% FA. Em relação à composição, destaca-se o teor de fibra alimentar das formulações 1-3 (2,4 a 3,4%), que foram em média catorze vezes maior do que o das formulações 4 e 5, e os teores de proteínas (5,2 a 8,6%) que foram o dobro das formulações convencionais. A composição das novas formulações é comparável à faixa de variação observada a partir da compilação dos rótulos de 37 PSGs disponíveis no mercado. Entretanto, os novos PSGs oferecem de 13,2 a 16g de grãos integrais/porção de 50g (2 fatias de pão), podendo ser classificados como produtos integrais e 100% integrais (PSG elaborado com 75% FGB). Em relação ao custo com matérias-primas/100g de PSG, observou-se variação de R\$ 0,60 a R\$ 1,30 para as formulações 1-3, e de R\$ 0,41 e R\$ 0,87 para as formulações 4 e 5. O preço dos PSGs comerciais variou de R\$ 1,80 a R\$ 9,8/100g. Os resultados indicam o elevado potencial das farinhas de trigo sarraceno integral, de sorgo integral e de grão de bico integral, que podem ser utilizadas como componentes majoritários na mistura de farinhas empregada na elaboração de PSGs com boas propriedades físicas e aceitabilidade. As abordagens inovadoras utilizadas neste trabalho permitiram definir a proporção ideal das farinhas de trigo sarraceno (64%), de sorgo (67%) e de grão de bico (75%), que, em combinação com a fécula de batata, possibilitaram o desenvolvimento de PSGs com elevada aceitabilidade, de melhor composição que os elaborados com matérias-primas refinadas, podendo ser uma alternativa para os produtos disponíveis no mercado. Os resultados deste projeto contribuem para a tecnologia de panificação sem glúten e para os indivíduos que necessitam de dieta isenta de glúten, indicando a utilização de algumas matérias-primas alternativas, possibilitando maior variação e melhoria da composição nutricional destes alimentos para fins dietéticos especiais, tendo em vista a segurança alimentar e nutricional e a garantia do direito humano à alimentação adequada.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Interface entre ciência de alimentos, nutrição e saúde na elaboração de pães sem glúten

Nos últimos anos, o mercado de alimentos isentos de glúten apresentou um grande crescimento, tornando-se uma tendência no setor de alimentos; em parte por causa de uma maior consciência a respeito da doença celíaca, que ainda não tem cura e apresenta como único tratamento a dieta isenta de glúten por toda a vida, de modo a evitar uma série de complicações e doenças associadas (FASANO, CATASSI, 2012; PSZCZOLA, 2012; CAPRILES *et al.*, 2015). Entretanto, a principal razão para este rápido crescimento inclui um modismo alimentar, sem fundamentação científica, que leva os consumidores a acreditar que os produtos sem glúten são uma opção mais “saudável”, e que a dieta isenta de glúten é uma forma eficaz de perder peso (PSZCZOLA, 2012; NACHAY, 2013). Os produtos isentos de glúten são alimentos para fins dietéticos especiais, importantes para o tratamento de pessoas com diagnóstico clínico de doença celíaca, dermatite herpetiforme, intolerância ao glúten ou alergia às proteínas do trigo. Não há evidência científica atual de que pessoas em outras situações poderiam se beneficiar de uma dieta isenta de glúten (CAPRILES *et al.*, 2015).

Apesar do crescimento do mercado de alimentos isentos de glúten nos últimos anos, os indivíduos com doença celíaca ainda relatam dificuldades de acesso a esses produtos devido ao elevado preço, à variedade e disponibilidade limitadas, e à pobre palatabilidade. Esses fatores são responsáveis por dificultar a adesão à dieta isenta de glúten, comprometendo a saúde e a qualidade de vida destes indivíduos (SINGH, WHELAN, 2011; PSZCZOLA, 2012; DO NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Considerando os grandes avanços realizados nas últimas duas décadas, quanto à compreensão e melhoria dos produtos isentos de glúten, seja por meio da utilização de diferentes ingredientes, aditivos e processos, o desenvolvimento desses produtos ainda representa um desafio tecnológico devido à importância do glúten em vários produtos derivados de cereais, especialmente os de panificação e as massas alimentícias (CAPRILES *et al.*, 2015).

Dentre todos os produtos isentos de glúten, o pão é o mais investigado por pesquisadores ao redor do mundo (CAPRILES *et al.*, 2015), e também o mais procurado por indivíduos brasileiros com doença celíaca, conforme dados da Associação dos Celíacos do Brasil (Acelbra) que, em 2004, indicavam que 47% dos indivíduos celíacos gostariam de encontrar pães sem glúten (PSG) com mais facilidade (ACELBRA, 2004). Uma pesquisa realizada pela Acelbra-SC, em 2014, mostrou que aproximadamente 53% dos celíacos brasileiros consomem PSG diariamente. No entanto, somente 27% estão satisfeitos com a qualidade sensorial e nutricional desses produtos (DO NASCIMENTO *et al.*, 2014).

O desenvolvimento de PSGs representa um grande desafio tecnológico porque o glúten confere viscosidade, elasticidade e capacidade de retenção de gás às massas, tendo importância direta no processo de panificação como também na aparência, estrutura, textura e

vida de prateleira dos pães (CAPRILES, AREAS, 2014). A massa sem glúten é obtida pela mistura de farinhas e amidos, água e levedura, resultando em uma suspensão que não tem capacidade de aprisionar o ar incorporado durante a etapa de mistura e o dióxido de carbono liberado durante as etapas de fermentação e de forneamento (ONYANGO, UNBEHEND, LINDHAUER, 2009).

Ainda não existe nenhuma matéria-prima, ingrediente ou aditivo que substitua as propriedades do glúten na elaboração de pães. Geralmente as farinhas e os amidos isentos de glúten requerem maior teor de água, resultando em massas mais líquidas, que lembram massa de bolo, e como resultado obtém-se pães com vários defeitos de qualidade, como baixo volume, miolo seco, firme e quebradiço, crosta com rachaduras, pobre palatabilidade e curta vida de prateleira (CAPRILES, ARÊAS, 2014).

Além da pobre qualidade tecnológica e sensorial, PSGs frequentemente apresentam pobre composição nutricional porque são elaborados a partir de farinhas e amidos refinados, como as farinhas de arroz e milho, combinadas aos amidos de milho, batata e mandioca, que apresentam baixos níveis inerentes de fibra alimentar, vitaminas e minerais, e geralmente não são enriquecidos ou fortificados. Essas matérias-primas são amplamente utilizadas porque estão mais disponíveis e são ingredientes acessíveis, que apresentam sabor e aroma neutros. Poucos estudos foram realizados sobre a composição de produtos sem glúten disponíveis no mercado, no entanto, os resultados vêm mostrando os baixos teores de fibra alimentar, proteínas e micronutrientes em relação aos produtos similares elaborados com farinha de trigo (THOMPSON, 2000; THOMPSON *et al.*, 2005; KINSEY, BURDEN, BANNERMAN, 2008; DO NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Visando à melhoria da composição dos PSGs, a utilização de matérias-primas alternativas, ricas em nutrientes e compostos bioativos, vem sendo recomendada, tais como as farinhas integrais de cereais isentos de glúten (arroz, milho, milheto e sorgo), de pseudocereais (amaranto, quinoa e trigo sarraceno), de leguminosas (alfarroba, ervilha, feijões, grão de bico, lentilha e tremoço), entre outras, como as sementes de linhaça e de chia, as castanhas e ingredientes a base de frutas e vegetais (CAPRILES *et al.*, 2015).

Assim, a melhoria da composição nutricional de produtos sem glúten é um importante objetivo para a pesquisa e o desenvolvimento, sendo um desafio concomitante à melhoria das propriedades tecnológicas e sensoriais desses produtos. Novas pesquisas devem ser realizadas de modo a definir a quantidade adequada de farinhas alternativas na formulação de PSG de modo a obter produtos bem aceitos, com valor nutritivo agregado e adaptados aos hábitos do consumidor celíaco ou intolerante ao glúten, nas diferentes nacionalidades e culturas.

Estudos vêm sendo realizados para testar a inclusão de matérias-primas alternativas à formulação de PSG. Apesar dos benefícios nutricionais, o uso de matérias-primas alternativas apresenta certas limitações tecnológicas porque podem alterar a aparência, a cor, a textura, o aroma e o sabor dos PSGs, prejudicando a aceitação pelo consumidor (HAGER *et al.*, 2012; CAPRILES, AREAS, 2014). Por isso, as matérias-primas alternativas são combina-

das às matérias-primas refinadas, tradicionalmente empregadas para esta finalidade. Este tipo de investigação costuma ser conduzida por meio da adição de diferentes proporções de matérias-primas alternativas na formulação e na avaliação das propriedades físicas dos produtos obtidos. Poucos trabalhos abordam os efeitos da incorporação de matérias-primas alternativas na aceitabilidade e na composição dos produtos sem glúten; e esta lacuna do conhecimento corresponde a um importante tópico de investigação para as futuras pesquisas nesta área (CAPRILES *et al.*, 2015).

Até o momento, nenhuma pesquisa foi publicada abordando a definição dos níveis ótimos das matérias-primas alternativas na formulação de PSG. Isso pode ser realizado por meio da utilização de planejamentos experimentais de mistura. Este tipo de planejamento experimental é utilizado para alterar a composição de uma mistura e para explorar como essas mudanças vão afetar certas propriedades do produto final. Planejamentos de mistura são adequados para produtos alimentícios que necessitam de mistura de ingredientes-chave e permitem aos investigadores determinar os níveis ótimos destes ingredientes. Os ingredientes são as variáveis independentes e a variável dependente ou resposta é o fator que requer otimização. Em um planejamento de mistura, as proporções dos componentes e dos seus níveis são dependentes uns dos outros, e a soma de todos os componentes é sempre 100%. A partir dos dados experimentais é possível obter modelos empíricos que estabelecem relações entre os fatores e as respostas investigadas. Esses modelos são utilizados na elaboração de gráficos, conhecidos como superfícies de resposta. A análise de superfície de resposta simplifica a interpretação dos resultados, possibilitando a seleção das combinações dos níveis dos componentes que resultam em respostas ótimas (BARROS NETO, SCARMIGNIO, BRUNS, 2007; BAS, BOYACI, 2007). Utilizando a metodologia de superfície de resposta (MSR), os efeitos de cada componente e as suas interações podem ser determinados para prever a resposta de qualquer combinação de ingredientes e para otimizar a composição da formulação. Planejamentos de mistura e análise por metodologia de superfície de resposta podem ser utilizados para explorar como diferentes proporções de farinhas sem glúten afetam as propriedades físicas e sensoriais de PSGs (CAPRILES, ARÊAS, 2014).

## 1.2 Justificativa

Por muitas décadas a doença celíaca foi considerada rara. No entanto, atualmente, devido ao melhor conhecimento sobre a doença e à evolução das técnicas de diagnóstico, a doença celíaca vem sendo considerada um novo problema de saúde pública mundial devido às taxas de prevalência observadas em vários países (cerca de 1% da população), à morbidade variável e à probabilidade aumentada de complicações graves que podem comprometer a qualidade de vida dos indivíduos (CATALDO, MONTALTO, 2007). Essa mudança de percepção da prevalência da doença celíaca está impulsionando o crescimento do mercado de produtos sem glúten, demandando a melhoria da qualidade dos produtos, bem como a sua diversificação.

Apesar dos avanços observados na tecnologia de panificação sem glúten nos últimos anos,

e no aumento do interesse de grupos de pesquisa internacionais em investigar alternativas para a melhoria destes produtos, este tema vem sendo pouco explorado no Brasil, resultando em um mercado restrito e com produtos de alto custo (PAIM, SCHUCK, 2010; SOUZA, SANTOS, CAPRILES, 2014). Dentre todos os produtos isentos de glúten, o pão é o mais demandado por indivíduos brasileiros com doença celíaca (ACELBRA, 2004; DO NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Verifica-se, portanto, a necessidade de mais pesquisa e desenvolvimento nessa área, de modo a obter PSGs com qualidade tecnológica, sensorial e nutricional adequadas, tornando-os mais acessíveis às pessoas com doença celíaca e também às pessoas com intolerância ao glúten e alergia às proteínas do trigo, o que irá ajudá-los na adesão e variação do tratamento dietético, que consiste em dieta isenta de glúten por toda a vida.

## 2. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de matérias-primas alternativas, ricas em nutrientes, e compostos bioativos na produção de pães sem glúten de boa qualidade tecnológica, sensorial e nutricional.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar as proporções de farinhas alternativas que possibilitem maximizar as propriedades físicas e a aceitabilidade de pães sem glúten.
- Comparar as propriedades físicas e a aceitabilidade das novas formulações com formulações convencionais de pães sem glúten, elaboradas com matérias-primas refinadas.
- Comparar a composição e o custo das novas formulações com os de pães sem glúten elaborados com matérias-primas refinadas, e também com os produtos atualmente disponíveis no mercado.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Matérias-primas alternativas

Visando à melhoria da composição dos PSGs, optou-se por estudar um representante de cada grupo de grãos alternativos, ricos em nutrientes e compostos bioativos, sugeridos por uma recente revisão bibliográfica a respeito da elaboração de PSG (CAPRILES, ARÊAS, 2014). Foram estudados o cereal sorgo, o pseudocereal trigo sarraceno e a leguminosa grão de bico. Essas matérias-primas foram misturadas à farinha de arroz e à fécula de batata, ingredientes comumente empregados nas formulações de PSG.

O sorgo é um alimento básico em alguns países asiáticos e africanos e é considerado o quinto cereal em importância mundial, superado pelo trigo, arroz, milho e cevada. Geralmente é cultivado em regiões semiáridas e tradicionalmente utilizado nos países ocidentais para ração animal (CIACCI *et al.*, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2009). Apesar do cultivo recente, o Brasil já é um dos dez maiores produtores mundiais de sorgo (RIBAS, 2003). O *Sorghun bicolor* L. Moench é o mais cultivado no Brasil e no mundo (CIACCI *et al.*, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2009). Quanto à composição química, o grão de sorgo apresenta 66,4% de carboidratos, 10% de fibra alimentar, 9,9% de proteínas, 3,4% de lipídeos, 1,3% de cinzas e 9% de umidade (US GRAINS COUNCIL, 2013). Pesquisadores destacam a presença de alguns compostos bioativos, tais como amido resistente, fitoesteróis, taninos, ácidos fenólicos e antocianinas (HWANG *et al.*, 2002; KULAMARVA, SOSLE, RAGHAVAN, 2009; TAYLOR *et al.*, 2014). Em função de sua atrativa composição e ausência de glúten, o sorgo vem sendo investigado na elaboração de diferentes produtos sem glúten, tais como pães, biscoitos, tortillas e massas alimentícias (CAPRILES *et al.*, 2015).

Os pseudocereais são plantas dicotiledôneas cujos grãos lembram os grãos de cereais tanto em termos de composição quanto uso na alimentação humana. Os grãos de pseudocereais mais estudados são amaranto, quinoa e trigo sarraceno (CAPRILES, AREAS, 2014). Os pseudocereais destacam-se pela sua composição nutricional, que apresenta elevado teor proteico, de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, de fibra alimentar, de minerais e compostos bioativos com atividade antioxidante (ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2009; ALVAREZ-JUBETE *et al.*, 2009; ALVAREZ-JUBETE, ARENDT, GALLAGHER, 2010; ALVAREZ-JUBETE, AUTY *et al.*, 2010; ALVAREZ-JUBETE, WIJNGAARD *et al.*, 2010). O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) é uma cultura tradicional da Ásia e Europa e pode ser encontrado no mercado brasileiro tanto na forma de grãos inteiros ou descascados, ou de farinha. O trigo sarraceno destaca-se por apresentar farinha com cor mais clara e com aroma e sabor mais agradáveis do que os das farinhas de amaranto e quinoa (CAPRILES, AREAS, 2014), apresentando elevado potencial na elaboração de biscoitos, bolos, pães e massas alimentícias sem glúten (CAPRILES *et al.*, 2015).

Considerando a importância nutricional e socioeconômica das leguminosas ao redor do mundo, as farinhas obtidas com estes grãos também constituem ingredientes interessantes para a diversificação e a melhoria da composição de PSG. O grão de bico (*Cicer arietinum*, L.) é a terceira leguminosa mais cultivada no mundo, após os feijões e as ervilhas (JUKANTI *et al.*, 2012). O grão de bico pode ser consumido frito, torrado ou cozido; e quando moído, na forma de farinha, pode ser incorporado à formulação de preparações salgadas ou doces como sopas, pães, bolos, entre outros alimentos (YADAV, CHEN, 2007). O grão de bico contém em base seca cerca de 37 a 51% de amido, 20% de fibra alimentar, 20 a 25% de proteínas, 5 a 8% de lipídeos com alto teor de ácidos graxos insaturados (oléico e linoléico); e 3% de cinzas (DALGETTY, BAIK, 2003; ALAJAJI, EL-ADAWY, 2006; FERREIRA, BRAZACA, ARTHUR, 2006; JUKANTI *et al.*, 2012; MOHAMMED, AHMED, SENGE, 2012) e de compostos bioativos como compostos fenólicos e carotenóides (JUKANTI *et al.*, 2012). Pesquisas recentes indicam

o potencial da farinha de grão de bico na elaboração de bolos, biscoitos, pães e massas alimentícias sem glúten (CAPRILES *et al.*, 2015).

A farinha de grão de bico integral foi adquirida da empresa Radha Mangala Farinhas ME Ltda. Os grãos de sorgo cultivados no Brasil foram cedidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), e os grãos de trigo sarraceno foram adquiridos no comércio do município de São Paulo. Os grãos de sorgo e de trigo sarraceno foram moídos em moinho de laboratório (Laboratory Mill 3303, Perten Instruments, Suécia) para a obtenção das farinhas integrais. A figura 1 apresenta o aspecto das farinhas utilizadas neste estudo.



Figura 1 – Aspecto das matérias-primas alternativas ricas em nutrientes e compostos bioativos (A) e das matérias-primas refinadas (B) utilizadas na elaboração de pães sem glúten. Fonte: Elaborada pela autora.

### 3.2 Formulação e produção dos pães sem glúten

A formulação de PSG desenvolvida por Capriles e Arêas (2013) foi adaptada para o presente estudo, sendo composta por (em base farinha – bf): misturas de farinhas e amidos (100%) – de acordo com o planejamento experimental, água (100%), ovo (25%), leite em pó integral (10,5%), açúcar (6%), óleo de soja (6%), sal (2 %), fermento biológico seco (0,8%), goma xantana (0,3%) e carboximetilcelulose (0,3%).

Os PSGs foram elaborados seguindo a mesma formulação, diferindo apenas quanto aos ingredientes utilizados na mistura de farinhas e amidos (item 3,3, tabela 1), e as mesmas condições de processamento pelo método de massa direta (mistura, fermentação, forneamento e resfriamento).

Os ingredientes foram misturados por quatro minutos, na velocidade quatro (variação de zero a dez de velocidade), em uma batedeira planetária semi-industrial (BPS-05-N Skymesen, Metalúrgica Siemens Ltda, Brasil). Cerca de 400 g de massa foram colocadas em fôrmas pré-untadas (base de 19 x 7,5 cm e altura de 5 cm), fermentadas em câmara de fermentação controlada (CFK-10, Klimaquip S/A – Tecnologia do Frio, Brasil) a 40 °C, com umidade relativa de 85% durante 45 minutos, e em seguida forneadas em forno de convecção para pães (HPE-80, Prática Produtos S.A., Brasil) a 160 °C por 22 minutos. Os pães foram resfriados por duas horas e então embalados em sacos de polipropileno e armazenados a temperatura ambiente até a realização das análises.

Seis pães de cada tratamento foram preparados. Três unidades aleatórias foram utilizadas para as análises de textura instrumental. Outras três unidades foram utilizadas para a determinação do volume específico e umidade. Para a avaliação sensorial foram preparadas mais seis unidades de cada tratamento.

### 3.3 Planejamento experimental de mistura

Foi utilizado o planejamento experimental centróide simplex para avaliar os efeitos da farinha de arroz - FA ( $x_1$ ), da fécula de batata - FB ( $x_2$ ) e das farinhas alternativas ( $x_3$ ), bem como de suas interações, nas propriedades físicas e na aceitabilidade dos PSGs.

Para cada combinação de FA, FB e farinha alternativa (sorgo, trigo sarraceno ou grão de bico) foram elaboradas nove formulações experimentais, sendo três constituídas pelos componentes puros (100%), três por misturas binárias elaboradas com 50% de cada componente, e uma formulação pela mistura ternária constituída pela combinação de 33,3% de cada componente, correspondendo ao ponto central do modelo, que foi repetido três vezes. O maior nível de cada componente (proporção de 100% na mistura de farinhas) corresponde a 35,8% da composição da massa e 41% do PSG pronto para o consumo.

A tabela 1 apresenta a composição das nove formulações experimentais. A sequência de execução dos experimentos foi aleatorizada com sorteio prévio.

Tabela 1 – Planejamento de misturas ternárias para a produção de pães sem glúten

Ensaio	Proporção de cada componente na mistura			Quantidade de cada componente na formulação (g/100g de massa)		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	farinha de arroz	fécula de batata	farinha alternativa*
1	1,00	0,00	0,00	35,8	0,00	0,00
2	0,00	1,00	0,00	0,00	35,8	0,00
3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	35,8
4	0,50	0,50	0,00	17,9	17,9	0,00
5	0,50	0,00	0,50	17,9	0,00	17,9
6	0,00	0,50	0,50	0,00	17,9	17,9
7	0,33	0,33	0,33	11,9	11,9	11,9
8	0,33	0,33	0,33	11,9	11,9	11,9
9	0,33	0,33	0,33	11,9	11,9	11,9

\*Farinha alternativa = farinha integral de sorgo, de trigo sarraceno ou de grão de bico

### 3.4 Avaliação das propriedades físicas dos pães sem glúten

Após o resfriamento, os pães foram pesados em balança semianalítica (UX-6200H, Shimadzu Corporation, Japão). O volume foi mensurado por meio de deslocamento de sementes (painço) em determinador de volume de pães (Vondel Indústria e Comércio de Máquinas e Componentes EIRELI – ME, Brasil). O volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) foi calculado pela relação entre o volume e o peso dos PSGs. O teor de umidade foi determinado no centro do miolo de cada pão por dessecação em estufa a  $130\text{ }^\circ\text{C}$ , de acordo com o método 44-15A (AACC, 2000). Essas análises foram realizadas em três pães pertencentes a cada tratamento.

Outros três pães pertencentes a cada tratamento foram fatiados transversalmente em fatiador manual de pão de forma (Imeca Indústria Metalúrgica Ltda, Brasil), obtendo-se fatias uniformes de 25 mm de espessura. Então, a firmeza do miolo foi avaliada de acordo com o método 74-09 da AACC (AACC, 2000) em um texturomêtro (TA.XTplus texture analyser, Stable Micro Systems, Reino Unido). Duas fatias centrais de cada pão foram utilizadas para a análise e os resultados apresentados representam a média de seis repetições. As amostras foram comprimidas até 40% (10 mm) da altura original, com um probe de alumínio cilíndrico de 36 mm de diâmetro (probe P/36 R) e velocidade de 1,7 mm/s. A firmeza corresponde à força necessária para comprimir a amostra em 25 % (6,25 mm) da altura original.

### 3.5 Avaliação da aceitabilidade dos pães sem glúten

A aceitabilidade dos pães foi avaliada cerca de duas a quatro horas após a produção. Cinquenta provadores não treinados avaliaram a aceitação dos atributos aparência, cor, aroma, textura, sabor e aspecto global dos pães em uma escala hedônica híbrida de 10 cm semiestruturada: 0 – desgostei muitíssimo, 5 – não gostei / nem desgostei, 10 – gostei muitíssimo (VILLANUEVA, PETENATE, DA SILVA, 2005).

Fatias com 12,5 mm de espessura foram embaladas em sacos de polipropileno codificados com três números aleatórios e entregues aos provadores, juntamente com a ficha de avaliação e um copo de água para a neutralização das papilas gustativas entre as amostras. Cada provador avaliou três amostras que foram servidas de forma monádica e sequencial, seguindo delineamento de blocos completos balanceados.

Por conveniência, os testes foram realizados com indivíduos não celíacos, na sua maioria, uma vez que os testes foram realizados com a comunidade do campus universitário no Laboratório de Análise Sensorial. Mas os resultados obtidos são aplicáveis à população alvo, uma vez que, segundo Laureati, Giussani e Pagliarini (2012), não há diferença de descrição e de aceitabilidade dos atributos sensoriais de PSG entre indivíduos celíacos e não celíacos.

### 3.6 Estimativa da composição nutricional e do custo dos pães sem glúten

Foram estimados a composição e o custo das formulações de PSG elaboradas com farinhas alternativas e com farinhas e amidos refinados. Para tanto, foi elaborada a receita padrão, contendo as quantidades de todos os componentes da formulação, permitindo a realização

do cálculo dietético, considerando a proporção e a composição de cada ingrediente na formulação.

Foram utilizados os dados de composição de alimentos publicados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) ou disponibilizados nos rótulos dos ingredientes, ou na literatura científica, para o cálculo dos teores de macronutrientes dos PSGs. O valor energético foi calculado aplicando-se os seguintes fatores de conversão: 4 kcal/g de carboidratos disponíveis e de proteínas, 2 kcal/g de fibra alimentar e 9 kcal/g de lipídeos (FAO/OMS, 2003), e o somatório dos valores obtidos.

O custo dos PSGs foi calculado a partir da receita padrão de cada formulação por meio do somatório do preço proporcional às quantidades utilizadas de cada ingrediente.

### 3.7 Análise dos resultados

Os resultados foram expressos como média e desvio padrão. Para comparação de médias, os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e ao teste de Tukey.

Foi utilizado um modelo de regressão múltipla, do tipo cúbico, especial para as misturas de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinhas alternativas ( $x_3$ ), representado pela seguinte equação:

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Onde **Y** é a resposta estudada, **b** são os coeficientes da regressão e  **$x_1$** ,  **$x_2$**  e  **$x_3$**  são os níveis de cada componente na mistura.

A qualidade dos modelos foi avaliada por meio da análise de variância, do coeficiente de determinação, e análise visual da distribuição dos resíduos. Foram gerados os gráficos de superfície de respostas com as suas projeções (curvas de contorno) para os modelos ajustados às propriedades físicas dos pães sem glúten. Com base nos modelos ajustados, foi realizada a otimização simultânea das propriedades físicas e da aceitabilidade dos PSGs, por meio da sobreposição das superfícies de respostas e pelo estabelecimento de uma função de desejabilidade global (BARROS NETO, SCARMINIO, BRUNS, 2007). A validação dos modelos foi realizada por meio da execução de experimentos confirmatórios e comparação dos valores obtidos experimentalmente com os previstos pelos modelos ajustados.

O software MINITAB 15.0 (Minitab Inc., Pensilvânia, Estados Unidos da América, 2006) foi utilizado para análise estatística.

### 3.8 Aspectos éticos e financiamento da pesquisa

Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos pelo Grupo de Estudo em Qualidade dos Alimentos (GeQual), da linha de pesquisa Tecnologia de Panificação sem Glúten, em diferentes projetos que contaram com a participação da autora e de sua orientadora. Os demais autores concordaram com a apresentação dos dados neste projeto. Os experimentos para a definição da composição das formulações de PSG à base de farinha de sorgo integral

foram desenvolvidos por Costa *et al.* (2014), os à base de farinha de trigo sarraceno integral por Reis *et al.* (2014), e os com farinha de grão de bico integral por Santos e Capriles (2014).

Este trabalho integra o projeto intitulado “Aplicações de técnicas de planejamento experimental e análise de superfície de resposta para a otimização das propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais de formulações de pães sem glúten”, cujo protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unifesp, após o cadastro no sistema Plataforma Brasil, conforme o parecer de número 203.145/2013.

Cada participante da análise sensorial recebeu o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e foi informado a respeito dos objetivos da pesquisa e sobre a composição das amostras, evitando assim que consumisse algo de que não gostasse ou ao qual fosse alérgico (possíveis alergênicos: ovo e leite). Após esclarecer dúvidas e consentir com a participação, os voluntários participaram da avaliação sensorial dos PSGs.

Financiamento da pesquisa: auxílio à pesquisa - processo nº 2012/17838-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), bolsa de mestrado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Otimização das formulações de pães sem glúten: maximização do volume, da maciez e da aceitabilidade

Os planejamentos experimentais de mistura, fundamentados em princípios estatísticos, contêm o número mínimo de ensaios com as combinações de variações das proporções dos componentes que possibilitam extrair do sistema em estudo o máximo de informação útil, como a investigação dos efeitos de cada componente isoladamente e de suas interações com os demais componentes sobre as respostas investigadas (CASTRO *et al.*, 2003; BAS, BOYACI, 2007; BARROS NETO, SCARMINIO, BRUNS, 2010).

A partir dos dados experimentais é possível obter modelos empíricos que estabelecem relações entre os componentes e as respostas investigadas. Modelos que explicam uma porcentagem considerável da variação experimental e que são significativos e bem ajustados aos dados experimentais são utilizados na elaboração de gráficos tridimensionais, conhecidos como superfícies de resposta, e as suas projeções bidimensionais como gráficos de contorno ou curvas de nível (BAS, BOYACI, 2007; BARROS NETO, SCARMINIO, BRUNS, 2010).

Para planejamentos de mistura de três componentes são obtidos diagramas triangulares, que contêm as curvas de nível (linhas ligando pontos de resposta de igual valor). Os três vértices correspondem às respostas obtidas para os PSGs elaborados com os componentes puros (FA, FB ou FSI). Os pontos sobre os lados do triângulo equilátero representam os resultados obtidos para os PSGs elaborados com as misturas dos dois componentes. Na região interna encontram-se as respostas referentes às misturas dos três componentes (BARROS NETO, SCARMINIO, BRUNS, 2010).

A seguir serão apresentados os resultados obtidos com os planejamentos de mistura para a investigação dos efeitos das farinhas de sorgo, de trigo sarraceno e de grão de bico, bem como de suas interações com farinha de arroz e fécula de batata nas propriedades físicas e na aceitabilidade de PSG. Com base na análise de superfície de resposta (gráficos de contorno) e nas técnicas de otimização, foi realizada a seleção das combinações das proporções das matérias-primas alternativas e tradicionais que resultam em respostas ótimas, ou seja, maior volume específico do pão, menor firmeza do miolo, maior umidade do miolo e maior escore de aceitabilidade.

### Estudo com a farinha de sorgo integral

A figura 2 apresenta as curvas de contorno obtidas com os modelos ajustados às propriedades físicas dos PSGs elaborados com as misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de sorgo integral (FSI).

Observa-se que PSGs elaborados com os maiores teores de FSI e de FA apresentam os maiores valores de volume específico, indicados pela área verde-escura do gráfico. Entretanto, a mistura binária destas duas farinhas diminui o volume específico, mostrando uma ação antagônica. Os pães elaborados com maiores quantidades de FB apresentaram baixo volume específico. Entretanto, a utilização da FB em uma mistura binária, tanto com FSI quanto com FA, possui ação sinérgica, ajudando a aumentar o volume específico do PSG. No entanto, com o objetivo de utilizar as maiores proporções de FSI e obter pães com boa expansão, observa-se que é possível combinar de 50 a 100% de FSI com FB.

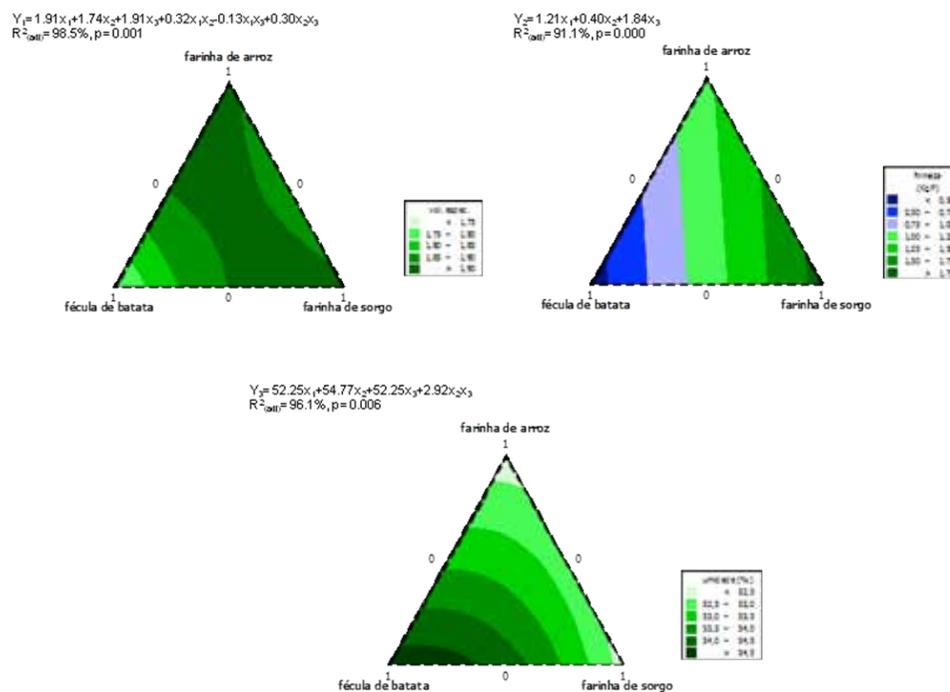


Figura 2 – Gráfico de contornos para as propriedades físicas dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinha de sorgo integral ( $x_3$ ) na mistura Fonte: Costa et al. (2014)

Observa-se na figura 2 que PSGs elaborados com as maiores concentrações de FSI apresentam mais firmeza (parâmetro instrumental de textura que apresenta relação inversa com a maciez percebida em análise sensorial de pães); enquanto os pães elaborados com maior quantidade de FB apresentam menos firmeza. Pães elaborados com maiores quantidades de FA possuem valores de firmeza intermediários em relação aos PSGs elaborados com maiores quantidades de FB e FSI. Não foi observado efeito significativo da interação entre os componentes na firmeza do miolo.

Observa-se que os PSGs elaborados com maiores proporções de FB apresentam maiores teores de umidade do miolo. Pães elaborados com maiores teores de FA e FSI apresentam miolos mais secos, como pode ser visualizado nas áreas mais claras do gráfico (umidade <52,5). Foi encontrada interação sinérgica para as misturas binárias de FSI com FB, resultando em aumento da umidade do miolo dos PSGs.

Os resultados das análises de propriedades físicas indicam que a combinação de 50 a 100% de FSI com a FB resulta em PSGs com os maiores valores de volume específico, que indica maior expansão dos pães. A combinação de FSI com FB resulta em aumento do teor de umidade e redução da firmeza do miolo. Ou seja, a combinação de 50 a 100% de FSI com FB resulta em PSG com melhores propriedades físicas, como maior expansão e maciez do miolo, características desejáveis por serem apreciadas pelos consumidores de pães (SLUIMER, 2005).

A figura 3 apresenta a aparência das formulações experimentais.

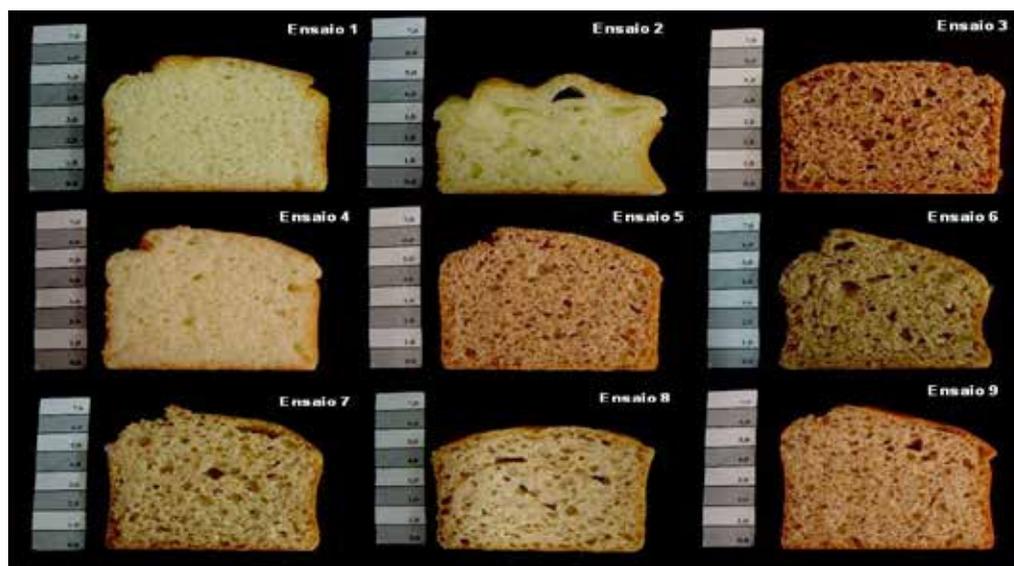


Figura 3 – Aparência do miolo das formulações experimentais, elaboradas com misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de sorgo integral (FSI) Ensaio: 1- 100% FA, 2- 100%FB, 3- 100% FSI, 4- 50%FA + 50% FB, 5- 50% FA + 50%FSI, 6- 50% FB + 50% FSI, 7,8,9- 33,3% FA +33,3% FB + 33,3%FSI Fonte: Costa et al. (2014)

A figura 4 apresenta as curvas de contornos elaboradas com os modelos ajustados à aceitabilidade da aparência, da cor, da textura e global dos PSGs.

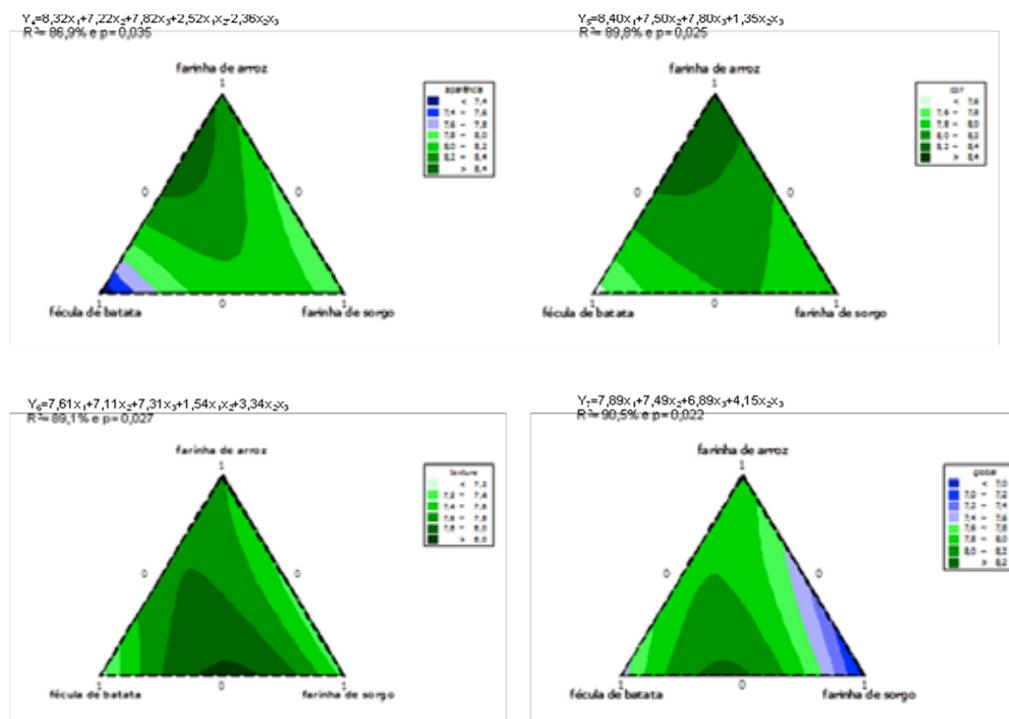


Figura 4 – Gráfico de contornos para as propriedades físicas dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinha de sorgo integral ( $x_3$ ) na mistura Fonte: Costa et al. (2014)

Observa-se que as formulações elaboradas com os maiores teores de FB apresentam menor aceitação da aparência e da cor. Na figura 3 é possível observar que o PSG elaborado com 100% FB apresentou aparência comprometida, com baixa expansão e miolo com aspecto heterogêneo, com a presença de túneis.

No entanto, as formulações elaboradas com as misturas de FB com 50% ou mais de FA apresentaram maior aceitação da aparência e da cor. As imagens da figura 3 mostram que as formulações elaboradas com 100% de FA, e com a combinação de 50% FA e 50% FB apresentaram formato com topo arredondado e miolo com pequenas células de gás, distribuídas de forma homogênea, que são características que lembram os pães convencionais, elaborados com farinha de trigo. Essas características podem ter influenciado a aceitação dos consumidores.

Pães elaborados com 50 a 100% de FSI apresentam escore de 7,8 a 8,0 de aceitação da cor, indicando boa aceitação apesar do escurecimento do miolo e da crosta provocados pela incorporação desta matéria-prima, como mostra a figura 4.

As formulações elaboradas com 95 a 100% de FB apresentaram o menor escore de aceitação da textura (escore < 7,2), e a mistura de 45 a 67% de FSI com FB resulta em PSG com a maior aceitabilidade da textura (escore > 8). Tanto os resultados da avaliação instrumental como os

da avaliação sensorial da textura indicam a interação sinérgica entre FSI e FB, melhorando a maciez e a aceitabilidade da textura dos PSGs.

Os PSGs elaborados com 100% de FB ou com teores superiores a 96% de FSI apresentaram menor aceitabilidade global (escore  $\leq 7$ ). As demais formulações, elaboradas com 100% de FA ou com misturas binárias e ternárias com diferentes proporções de FA, FB e FSI são aceitas (escore de aceitação global  $\geq 7$ ).

No entanto, visando à elaboração de PSGs com maiores teores de FSI e com maiores índices de aceitabilidade, observa-se que as formulações elaboradas com misturas de 20 a 67% de FSI com FB, assim como algumas formulações elaboradas com misturas ternárias de FA, FB e FSI (representadas pelas duas regiões mais escuras do gráfico) apresentaram maior aceitabilidade global (escore  $> 8,0$ ).

Não foram obtidos modelos ajustados para a aceitação do sabor e do aroma. No entanto, todas as formulações foram aceitas quanto a estes atributos (aceitabilidade  $\geq 7$ ), e os resultados mostraram que nenhuma das farinhas exerceu efeito significativo no sabor e aroma dos pães.

A otimização das formulações foi realizada a partir dos dados de aceitabilidade, por meio da sobreposição das curvas de contorno (figura 5) e da definição da função de desejabilidade global.

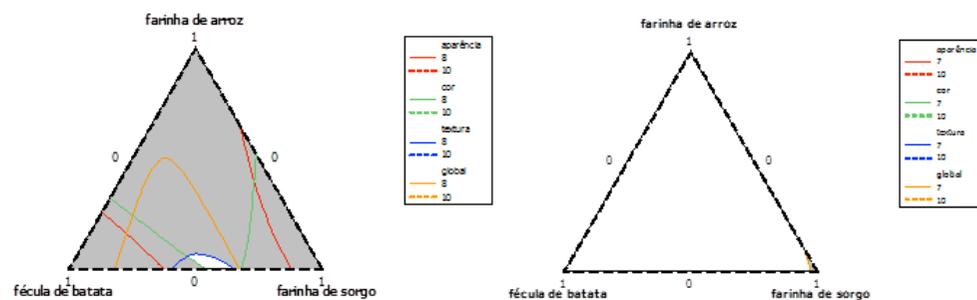


Figura 5 – Sobreposição das curvas de contorno para escore de aceitabilidade  $\geq 8$  e escore de aceitabilidade  $\geq 7$  dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinha de sorgo integral ( $x_3$ ) na mistura

Fonte: Costa et al. (2014)

A área branca do gráfico corresponde às formulações de PSG elaboradas com misturas de 53 até 67% de FSI com FB, que apresentam escore  $\geq 8$  para todas as características ajustadas no modelo (aparência, cor, textura e global). O segundo gráfico mostra que várias formulações de PSG, elaboradas com FA, FB e FSI em diferentes combinações, podem ser consideradas

aceitas (escores  $\geq 7$ ). Este gráfico mostra que pode-se utilizar até 96% de FSI na elaboração de PSGs aceitos.

Este é um resultado bastante positivo, considerando o fato de o sorgo ainda ser um alimento desconhecido pelos brasileiros, indicando o potencial de inclusão desta nova matéria-prima na elaboração de produtos alimentícios.

Foi utilizada outra técnica de otimização das formulações, a função de desejabilidade global, onde foi procurada a melhor aceitação (escore 8-10) da aparência, cor, textura e global. A formulação ótima (desejabilidade global = 99%) é composta pela mistura de 67% de FSI e 33% de FB, e apresenta escore 8 de aceitabilidade para os atributos que foram ajustados no modelo (aparência, cor, textura e global).

Foi realizado o ensaio confirmatório com a formulação otimizada segundo as duas técnicas empregadas (67%FSI e 33%FB), obtendo-se a validação do modelo, uma vez que os resultados observados experimentalmente foram iguais aos previstos pelos modelos ajustados. A formulação de PSG à base de FSI otimizada quando as suas propriedades físicas e aceitabilidade foram comparadas às demais formulações desenvolvidas neste trabalho, bem como a formulações de PSGs disponíveis no mercado, e esses resultados serão apresentados nas próximas seções deste trabalho (itens 4.2 e 4.3).

### Estudo com a farinha de trigo sarraceno integral

A figura 6 apresenta as curvas de contorno obtidas a partir dos modelos ajustados às propriedades físicas dos PSGs elaborados a partir de misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de trigo sarraceno integral (FTSI).

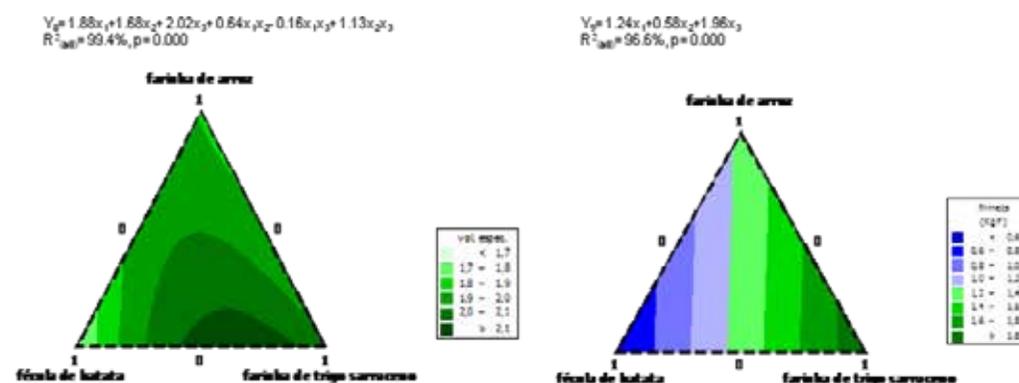


Figura 6 – Gráfico de contornos para as propriedades físicas dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinha de trigo sarraceno integral ( $x_3$ ) na mistura

Observa-se na figura 6 que os pães elaborados com misturas de 45 a 75% de FTSI com FB apresentaram os maiores valores de volume específico devido à interação sinérgica entre estas matérias-primas, resultando em PSGs com maior volume do que aqueles elaborados

com essas matérias-primas isoladamente. A interação entre FA e FTSl apresentou efeito antagônico, resultando em diminuição do volume do pão.

A formulação elaborada com 100% FTSl apresentou maior valor de firmeza. Observa-se que a combinação de FTSl com 50% de FA ou 50% de FB resulta em redução da firmeza do miolo, e a redução foi maior ao misturar com FB. Observa-se que os pães elaborados com 100% FB e com 50% FA + 50% FB apresentaram os menores valores de firmeza do miolo (0,64 e 0,85 kgf respectivamente). Não foi obtido um modelo ajustado para a umidade do miolo, e as nove formulações experimentais apresentaram teor de umidade do miolo variando entre 52 e 54,8%.

A figura 7 apresenta a imagem das nove formulações experimentais.

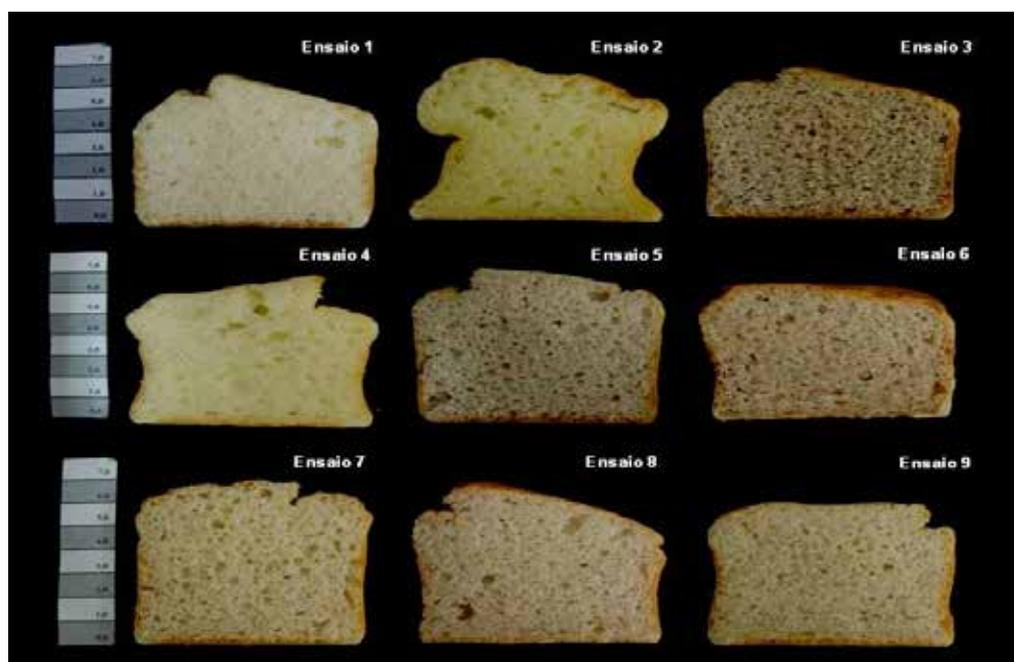


Figura 7 – Aparência do miolo das formulações experimentais, elaboradas com misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de trigo sarraceno integral (FTSl)

Ensaio: 1- 100% FA, 2- 100%FB, 3- 100% FTSl, 4- 50%FA + 50% FB, 5- 50% FA + 50%FTSl, 6- 50% FB + 50% FTSl, 7,8,9- 33,3% FA +33,3% FB + 33,3%FTSl

Fonte: Reis et al. (2014)

A figura 8 apresenta as curvas de contornos elaboradas a partir dos modelos ajustados à aceitabilidade da aparência, da cor, da textura e global dos PSGs.

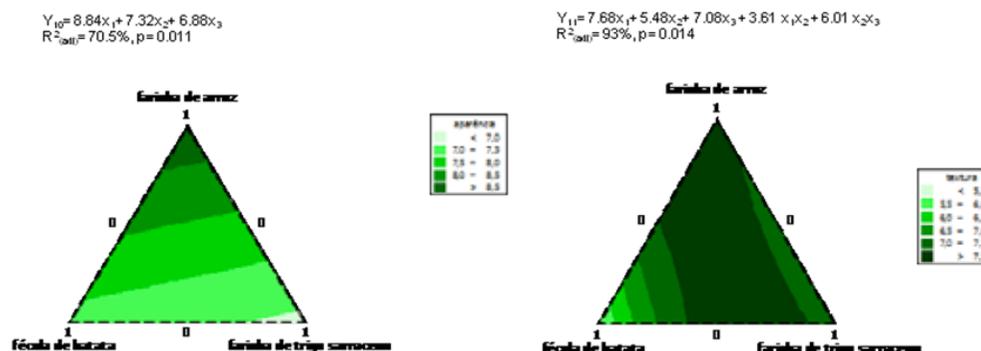


Figura 8 – Gráfico de contornos para a aceitabilidade dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de arroz ( $x_1$ ), fécula de batata ( $x_2$ ) e farinha de trigo sarraceno integral ( $x_3$ ) na mistura  
Fonte: Reis et al. (2014)

Observa-se, na figura 8, que o PSG elaborado com 100% FTSI apresentou a menor aceitação da aparência, e com 100% FA a maior aceitação, e isso pode estar relacionado ao fato de o PSG elaborado com 100% FTSI apresentar coloração mais escura em função da cor mais escura da FTSI em relação às matérias-primas refinadas. O pão elaborado com 100% de FA apresentou características de formato, cor e estrutura do miolo que lembram pães elaborados com farinha de trigo (figura 7), o que pode ter influenciado na maior aceitação da aparência. No entanto, observa-se que é possível obter formulações com boa aceitação da aparência (escores  $\geq 7$ ) com a utilização de até 75% FTSI em combinação com as demais matérias-primas.

Em relação à aceitação da textura, observa-se que a formulação elaborada com 100% FB não foi aceita, provavelmente devido à intensa gomosidade e elasticidade do miolo, que não são características esperadas para pães de forma. Pães elaborados tanto com 100% de FA como com 100% de FTSI apresentaram textura aceita (escore  $\geq 7$ ). Entretanto, os melhores resultados são obtidos ao combinar FA com FB, ou FTSI com FB.

Não foram observados efeitos significativos dos componentes e nem de suas interações na aceitabilidade da cor, aroma, sabor e global. O PSG elaborado com 100% FTSI não foi bem aceito (escore de aceitação global = 6,8), provavelmente pela baixa aceitação do sabor (6,3), cor (6,3) e aparência (6,8). No entanto, a textura e o aroma foram bem aceitos (7,2 e 7,1). Observou-se que a combinação com as demais matérias-primas resultava em aumento da aceitação (variando de 7,6 a 8,0).

Assim, foram consideradas promissoras as formulações que obtiveram os maiores escores de aceitação da textura, elaboradas a partir de mistura de 55%, 64% e 75% de FTSI com FB (escores variando entre 7,8 e 7,9). Essas formulações foram reproduzidas experimentalmente

e avaliadas quanto às suas propriedades físicas e aceitabilidade. A formulação elaborada com 64% FTSI e 36% FB obteve a maior aceitação, e suas características foram comparadas às demais formulações desenvolvidas neste trabalho, bem como a formulações de PSGs disponíveis no mercado, e esses resultados serão apresentados nas próximas seções deste trabalho (itens 4.2 e 4.3).

### Estudo com a farinha de grão de bico integral

A figura 9 apresenta as curvas de contorno obtidas a partir dos modelos ajustados às propriedades físicas dos PSGs elaborados a partir de misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de grão de bico integral (FGB).

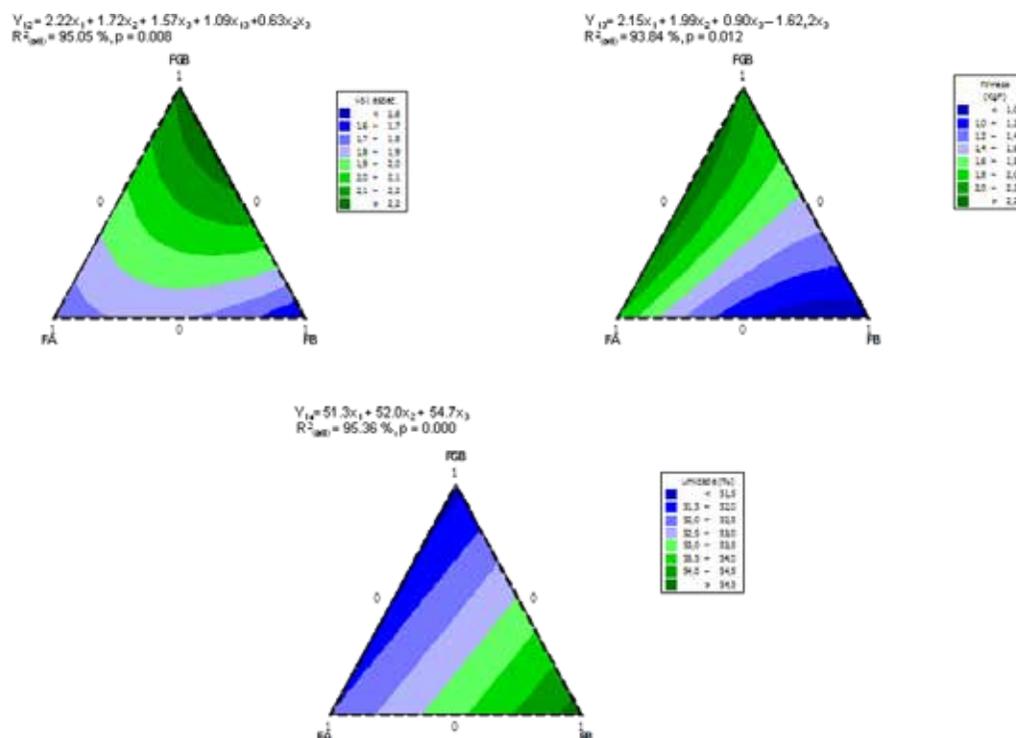


Figura 9 – Gráfico de contornos para as propriedades físicas dos pães sem glúten segundo os níveis de farinha de grão de bico integral ( $x_1$ ), farinha de arroz ( $x_2$ ) e fécula de batata ( $x_3$ ) na mistura Fonte: Santos e Capriles (2014)

Observa-se, na figura 9, que os pães elaborados com 100% FGB apresentaram os maiores valores de volume específico. A FGB apresentou interação sinérgica tanto com FA como com a FB, resultando em PSG com volume maior do que aqueles elaborados com essas matérias-primas isoladamente.

Pães elaborados com 100% FGB apresentaram miolos mais firmes e secos do que os elaborados com 100% FA ou 100% FB. No entanto, a combinação de FGB com FB é interessante por

resultar em diminuição da firmeza e aumento da umidade do miolo do PSG.

A figura 10 apresenta a imagem das nove formulações experimentais.



Figura 10 – Aparência do miolo das formulações experimentais, elaboradas com misturas de farinha de arroz (FA), fécula de batata (FB) e farinha de grão de bico integral (FGB) Ensaio: 1- 100% FA, 2- 100%FB, 3- 100% FGB, 4- 50%FA + 50% FB, 5- 50% FA + 50%FGB, 6- 50% FB + 50% FGB, 7,8,9- 33,3% FA +33,3% FB + 33,3%FGB Fonte: Santos e Capriles (2014)

Observa-se que o PSG elaborado com 100% FGB foi o que apresentou coloração mais amarelada quando comparada a FA e a FB, e esta coloração amarelada se tornou menos intensa nos pães elaborados com misturas de FGB com FA e FB.

A formulação elaborada a partir da mistura de 75% FGB com 25% FB foi à formulação com o maior teor de FGB que apresentou as melhores propriedades físicas, maior volume específico, menor firmeza e maior umidade do miolo.

Os resultados da avaliação sensorial mostraram que o PSG elaborado com 100% FGB foi aceito (aceitação global = 7,1), entretanto, apresentou características que precisam ser aperfeiçoadas como a aceitação do sabor (6,9) e da textura (6,9). A combinação de 75% FGB com 25% FB resultou em aumento significativo da aceitação global (8,2), do sabor (8,1) e da textura (8,0). Essa formulação foi comparada às demais formulações desenvolvidas neste trabalho, bem como a formulações de PSGs disponíveis no mercado, e esses resultados serão apresentados nas próximas seções deste trabalho (itens 4.2 e 4.3).

#### **4.2 Comparação das propriedades físicas e da aceitabilidade das novas formulações de pães sem glúten com as formulações tradicionais**

As novas formulações de PSG elaboradas com as proporções ideais de FTSI (64%), FSI (67%)

e FGB (75%) em combinação com a FB foram compradas às formulações de PSG elaboradas com 100% FA e com 50% FA e 50% FB. A tabela 2 apresenta as propriedades físicas destas formulações.

Tabela 2 – Propriedades físicas dos pães sem glúten elaborados com farinhas alternativas e com matérias-primas convencionais

Composição da mistura de farinhas	Propriedades físicas		
	Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)	Firmeza do miolo (KgF)	Umidade do miolo (%)
64%FTSI + 36%FB	1,77 <sup>d</sup> ± 0,02	1,49 <sup>c</sup> ± 0,16	53,44 <sup>a</sup> ± 0,31
67%FSI + 33%FB	1,83 <sup>c</sup> ± 0,02	2,00 <sup>a</sup> ± 0,14	53,84 <sup>a</sup> ± 0,14
75%FGB + 25%FB	2,18 <sup>a</sup> ± 0,01	1,74 <sup>b</sup> ± 0,12	51,91 <sup>b</sup> ± 0,10
50%FA + 50%FB	1,90 <sup>b</sup> ± 0,02	0,73 <sup>d</sup> ± 0,05	53,49 <sup>a</sup> ± 0,08
100%FA	1,91 <sup>b</sup> ± 0,02	1,30 <sup>c</sup> ± 0,07	52,23 <sup>b</sup> ± 0,12

FTSI (farinha de trigo sarraceno integral), FSI (farinha de sorgo integral), FGB (farinha de grão de bico integral), FB (fécula de batata) e FA (farinha de arroz)

Média e desvio padrão. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ( $p \leq 0,05$  teste de Tukey).

Observa-se que o PSG elaborado com FGB apresentou o maior volume específico, e que os produtos elaborados com FTSI e FS apresentaram menor volume em relação aos produtos convencionais, elaborados com FA e FB. A utilização de farinhas integrais pode impactar em redução do volume dos PSG porque estas contêm maior quantidade de fibra alimentar e proteínas que absorvem água, podendo reduzir a quantidade de água disponível para a adequada gelatinização do amido durante o processo de panificação, impactando na estruturação e formação do miolo. Além disso, o farelo presente nas farinhas integrais pode prejudicar a expansão dos pães por romperem as células de gás em expansão durante as etapas de fermentação e forneamento (HAGER *et al.*, 2012; CAPRILES, AREAS, 2014).

O pão elaborado com a mistura de FA e FB apresentou a menor firmeza do miolo (miolo mais macio), não sendo observadas diferenças entre os produtos elaborados com FTSI e FA. O PSG elaborado com FSI apresentou maior valor de firmeza. Observa-se pequena variação do teor de umidade das formulações (51,9 a 53,8%).

Observa-se, na tabela 3, que as três novas formulações de PSG, à base de matérias-primas alternativas ricas em nutrientes e compostos bioativos, foram bem aceitas e não apresentaram diferença de aceitabilidade global em relação às formulações de PSGs elaboradas com matérias-primas refinadas. A aparência destas formulações pode ser visualizada na figura 11.

Tabela 3 – Aceitabilidade dos pães sem glúten elaborados com farinhas alternativas e com matérias-primas convencionais

Composição da mistura de farinhas	Aceitabilidade					
	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Global
64%FTSI + 36%FB	7,5 <sup>b</sup> ±1,6	7,1 <sup>b</sup> ±1,8	7,8 <sup>a</sup> ±1,8	7,6 <sup>a</sup> ±1,7	7,6 <sup>a</sup> ±1,9	7,6 <sup>a</sup> ±1,7
67%FSI + 33%FB	8,3 <sup>ab</sup> ±1,5	8,2 <sup>a</sup> ±1,5	8,7 <sup>a</sup> ±1,4	8,3 <sup>a</sup> ±1,6	8,4 <sup>a</sup> ±1,5	8,3 <sup>a</sup> ±1,4

75%FGB + 25%FB	8,7 <sup>a</sup> ±1,4	8,6 <sup>a</sup> ±1,4	8,1 <sup>a</sup> ±1,8	8,0 <sup>a</sup> ±1,8	8,1 <sup>a</sup> ±1,7	8,2 <sup>a</sup> ±1,5
50%FA + 50%FB	8,5 <sup>a</sup> ±1,9	8,2 <sup>a</sup> ±2,0	8,2 <sup>a</sup> ±1,8	7,8 <sup>a</sup> ±2,1	7,9 <sup>a</sup> ±2,0	7,9 <sup>a</sup> ±1,9
100%FA	8,3 <sup>ab</sup> ±1,9	8,4 <sup>a</sup> ±1,8	8,0 <sup>a</sup> ±1,8	7,6 <sup>a</sup> ±1,8	7,9 <sup>a</sup> ±1,7	7,9 <sup>a</sup> ±1,7

FTSI (farinha de trigo sarraceno integral), FSI (farinha de sorgo integral), FGB (farinha de grão de bico integral), FB (fécula de batata) e FA (farinha de arroz)

Média e desvio padrão. As médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ( $p \leq 0,05$  teste de Tukey).

Figura 11 – Aparência do miolo das formulações de pães sem glúten elaboradas com matérias-primas alternativas ricas em nutrientes e compostos bioativos, e que foram otimizadas quanto às suas propriedades físicas e aceitabilidade, e das formulações que foram elaboradas com matérias-primas refinadas



Legenda: FTSI (farinha de trigo sarraceno integral), FSI (farinha de sorgo integral), FGB (farinha de grão de bico integral), FB (fécula de batata) e FA (farinha de arroz).

Na figura 11 observa-se a influência da cor das matérias-primas alternativas na cor do miolo dos PSGs. Isso se deve à presença de pigmentos que conferem coloração amarronzada, avermelhada e amarelada à FTSI, à FS e à FGB, respectivamente. Cabe destacar que muitos desses pigmentos são compostos bioativos com atividade antioxidante, que podem trazer benefícios à saúde humana. Além dos pigmentos, essas farinhas integrais contêm maiores teores de fibra alimentar, proteínas, lipídios e micronutrientes que a FA e a FB, que são ingredientes refinados. Apesar da diferença de coloração, esses produtos foram aceitos pelos consumidores, apresentando aceitação da cor entre 7,1 e 8,6.

Em relação à aceitação da aparência, observa-se que a formulação com FTSI apresentou o menor escore (tabela 3), possivelmente devido à menor expansão e por não apresentar topo com formato arredondado, que é uma característica esperada para pães de forma. Observa-se que a cor desse produto foi a que teve a menor aceitabilidade, possivelmente por ser a mais escura.

Os PSGs elaborados com FSI e FGB apresentaram elevada aceitação da aparência e da cor, e não apresentaram diferença de aceitabilidade desses atributos em relação aos PSGs convencionais. As novas formulações de PSG apresentaram elevada aceitação do aroma, da textura, do sabor e global, e não apresentaram diferença de aceitação desses atributos em relação aos PSGs convencionais.

Autores reportam a obtenção de PSGs com boas propriedades físicas e com melhoria da composição nutricional com a utilização de 50% de FTSI em combinação com FA e FB (ALVAREZ-JUBETE *et al.*, 2009, 2010), de 50% de FSI em combinação com os amidos de milho e de arroz e féculas de batata e mandioca (SCHOBER *et al.*, 2005; SCHOBER, BEAN, BOYLE, 2007; ONYANGO, UNBEHEND, LINDHAUER, 2009; ONYANGO *et al.*, 2011). Autores também relatam resultados promissores em relação às propriedades físicas de PSGs a partir da incorporação de 8% de FGB (MINARRO *et al.*, 2012) e 80% de FGB (ROSTAMIAN, MILANI E MALEKI, 2014) a formulações à base de amido e de farinha de milho.

Até o momento, poucos estudos reportam os dados de aceitabilidade de formulações de PSGs elaboradas com matérias-primas alternativas. Alvarez-Jubete *et al.* (2010) incorporaram 50% de FTSI a uma formulação de PSG à base de FA e de FB, e obtiveram produtos com aceitabilidade moderada. Também não observaram diferenças de aceitabilidade em relação ao produto controle (escore de aceitabilidade variando entre 2 e 3 na escala hedônica de 6 cm). Não foram encontrados dados de aceitabilidade para PSGs elaborados com FSI ou com FGB.

As abordagens inovadoras utilizadas neste trabalho mostraram que é possível obter formulações de PSG de boa aceitabilidade (escore de aceitação global  $\geq 7$ , em uma escala hedônica estruturada de 10 cm) pela utilização de 55 a 75% da farinha de trigo sarraceno integral (FTSI), até 96% de farinha de sorgo integral (FSI) e até 100% de farinha de grão de bico (FGB) na formulação.

No entanto, as formulações ótimas, ou seja, aquelas que apresentaram maior aceitabilidade, foram compostas pelas seguintes misturas: 1- 64%FTSI e 36%FB, 2- 67% FSI e 33% FB e 3-75% FGB e 25 FB (escores de aceitabilidade da aparência, da cor, do aroma, da textura, do sabor e global variando entre 7 e 8,7). Esses resultados mostram o elevado potencial dessas matérias-primas alternativas, que podem ser utilizadas como componentes majoritários na mistura de farinhas de formulações de PSG.

#### 4.3 Comparação da composição nutricional e do custo das novas formulações de pães sem glúten com as formulações tradicionais

A tabela 4 apresenta a comparação da composição nutricional das novas formulações de PSG em relação às formulações elaboradas com as matérias-primas refinadas.

Tabela 4 – Teor de macronutrientes e valor energético dos pães sem glúten elaborados com farinhas alternativas e com matérias-primas convencionais (porção de 50g).

Composição da mistura de farinhas	Energia (kcal)	Carboidratos (g)	Fibra alimentar (g)	Proteínas (g)	Lipídeos (g)
64% FTS + 36% FB	113	19,0	1,2	2,8	2,6
67% FSI + 33% FB	106	16,8	1,4	2,7	2,8
75% FGB + 25% FB	111	15,2	1,7	4,3	3,3
50% FA + 50% FB	103	19,2	0,1	1,4	2,3
100% FA	106	19,8	0,1	1,6	2,3
Comerciais (n=37)*	115,3 (70-160)	21,7 (16-27)	1,4 (0-4)	2,2 (1-4)	2,3 (1-4)

Legenda: FTSI (farinha de trigo sarraceno integral), FSI (farinha de sorgo integral), FGB (farinha de grão de bico integral), FB (fécula de batata) e FA (farinha de arroz) \*Valores se referem à média e intervalo de variação (valores mínimos e máximos) dos dados declarados nos rótulos dos produtos. Fonte: Souza, Santos e Capriles (2014).

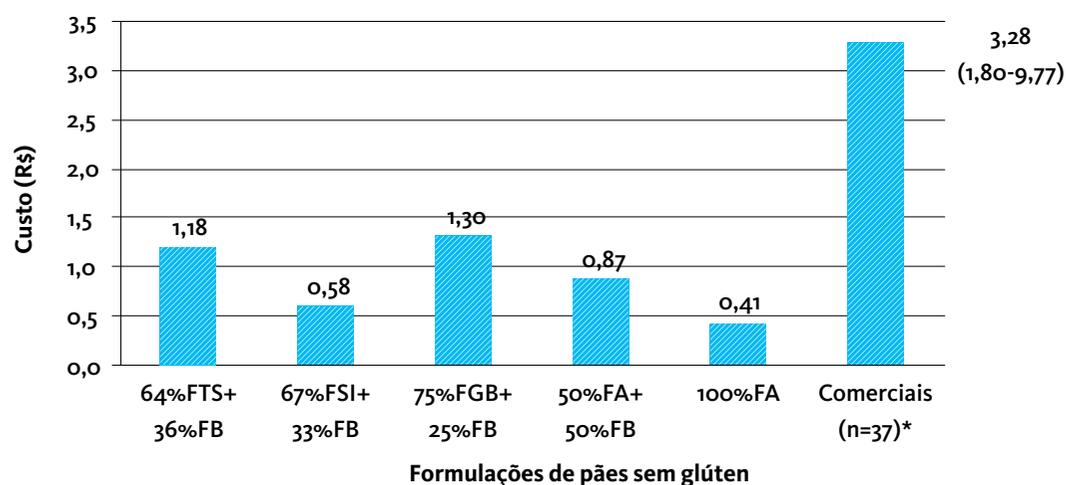
Os PSGs elaborados com as matérias-primas alternativas destacam-se dos produtos elaborados com as matérias-primas convencionais pelos seus teores de fibra alimentar e de proteína. Os novos PSGs apresentaram de 1,2 a 1,7g de fibra alimentar/ 50g, ou seja, em média teor catorze vezes maior do que o dos PSGs elaborados com matérias-primas refinadas. As novas formulações apresentam cerca do dobro do teor de proteína (2,7g/ 50g) do que os convencionais. O PSG elaborado com FGB destaca-se pelo maior teor proteico.

Os novos PSGS contém 26,4% de FTSI, 27,7% de FSI e 32% de FGB no pão pronto para o consumo. Desse modo, os pães elaborados com FTSI e FSI oferecem 13,2 e 13,8g de grãos integrais por porção de 50g (2 fatias de pão), respectivamente, podendo ser classificados como produtos integrais, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Whole Grains Council. Já o PSG elaborado com FGB oferece 16g de grãos integrais por porção de 50g (2 fatias de pão), podendo ser classificado como um produto 100% integral, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Whole Grains Council (JONES, 2010).

Souza, Santos e Capriles (2014) avaliaram a composição nutricional e o custo de 37 PSGs disponíveis nos mercados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Os dados de composição foram compilados dos rótulos dos produtos e os resultados podem ser observados na tabela 4. Observa-se que as novas formulações desenvolvidas apresentam maiores teores de proteínas e de fibras alimentares que alguns produtos disponíveis no mercado. No entanto, os valores estão dentro da faixa de variação encontrada.

A figura 12 apresenta os resultados do cálculo de custo com matérias-primas necessárias para elaborar as novas formulações de PSGs, assim como os produtos convencionais. Esses resultados foram comparados aos preços dos produtos disponíveis no mercado (SOUZA, SANTOS, CAPRILES, 2014).

Figura 12 – Gráfico da estimativa de custo, em reais, com as matérias-primas para a elaboração de 100g das formulações novas e convencionais e dos pães sem glúten disponíveis no comércio.



Legenda: FTSI (farinha de trigo sarraceno integral), FSI (farinha de sorgo integral), FGB (farinha de grão de bico integral), FB (fécula de batata) e FA (farinha de arroz). \* Os valores se referem à média e ao intervalo de variação (valores mínimos e máximos). Fonte: Souza, Santos e Capriles (2014).

Os PSGs elaborados com as matérias-primas tradicionais apresentaram uma média de R\$ 0,64, enquanto os PSGs elaborados com as matérias-primas alternativas em nutrientes apresentaram custo médio de R\$ 1,02. Deve-se considerar que a estimativa de custo foi realizada com base no preço dos ingredientes disponíveis para o consumidor doméstico, e este preço deve ser menor para os estabelecimentos produtores de alimentos que adquirem ingredientes em maiores quantidades ou diretamente com representantes comerciais ou fabricantes. O custo médio para a elaboração dos novos PSGs representa um terço da média de preço dos PSGs comerciais, de R\$ 3,28 (variação de R\$ 1,80 a R\$ 9,77/ 100g de pão), indicando a possível viabilidade da elaboração desses produtos em escala comercial, considerando a necessidade de incluir outros custos e a margem de lucro.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados indicam o elevado potencial das farinhas de trigo sarraceno integral, de sorgo integral e de grão de bico integral, que podem ser utilizadas como componentes majoritários na mistura de farinhas empregadas na elaboração de PSG com boas propriedades físicas e aceitabilidade.

As abordagens inovadoras utilizadas neste trabalho permitiram definir a proporção ideal das farinhas de trigo sarraceno (64%), de sorgo (67%) e de grão de bico (75%), que em combinação com a fécula de batata, possibilitam o desenvolvimento de PSG com elevada aceitabilidade e de melhor composição do que os elaborados com matérias-primas refinadas, podendo ser uma alternativa para os produtos disponíveis no mercado. Com base em critérios estatísticos, essa abordagem permitiu a utilização de maiores quantidades dessas farinhas na formulação de PSGs aceitos, em comparação com as formulações descritas atualmente na literatura.

Os resultados deste projeto contribuem para a tecnologia de panificação sem glúten e para os indivíduos que necessitam de dieta isenta de glúten, indicando a utilização de algumas matérias-primas alternativas, possibilitando maior variação e melhoria da composição nutricional desses alimentos para fins dietéticos especiais, tendo em vista a Segurança Alimentar e Nutricional e a garantia do Direito Humano à Alimentação Adequada.

## REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. USA: AACC, 2000.

ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. 2004. Disponível em: <<https://www.ancelbra.org.br>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2014.

ALAJAJI, S. A.; EL-ADAWY, T. A. Nutritional composition of chickpea microwave cooking and

other (*Cicer arietinum* L.) as affected by traditional cooking methods. In: *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, n. 8, p. 806-812, 2006.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, p. 240-257, 2009.

\_\_\_\_\_. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. In: *Trends in Food Science & Technology*, p. 106-113, 2010.

ALVAREZ-JUBETE, L. et al. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. In: *European Food Research and Technology*, p. 437-445, 2010.

\_\_\_\_\_. Impact of Baking on Vitamin E Content of Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat. In: *Cereal Chemistry*, v. 86, n. 5, p. 511-515, 2009.

\_\_\_\_\_. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. In: *Food Chemistry*, v. 119, n. 2, p. 770-778, 2010.

ARAÚJO, H. M. C. et al. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. *Celiac disease, eating habits and practices and life quality of life*, v. 23, n. 3, p. 467-474, 2010.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. *Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria*. Porto Alegre: 2010.

BAS, D.; BOYACI, I. H. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. In: *Journal of Food Engineering*, v. 78, n. 3, p. 836-845, 2007.

CAPRILES, V. D.; AREAS, J. A. G. Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. *Food & Function*, v. 4, n. 1, p. 104-110, 2013.

\_\_\_\_\_. Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 13, n. 5, p. 871-890, 2014.

CAPRILES, V. D. et al. Innovative approaches to improve nutritional and bioactive compounds of grain-based gluten-free products. In: LANGDON, R. (Ed.) *Gluten-Free Diets: Food Sources, Role in Celiac Disease and Health Benefits*. Nova Science Publishers, 2015.

CASTRO, I. A. et al. Simultaneous optimization of response variables in protein mixture formulation: constrained simplex method approach. In: *International Journal of Food Science and Technology*, v. 38, n. 2, p. 103-110, 2003.

CATALDO, F.; MONTALTO, G. Celiac disease in the developing countries: a new and challenging public health problem. In: *World J Gastroenterol*, v. 13, n. 15, p. 2153-9, 2007.

CIACCI, C. et al. Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. In: *Clinical Nutrition*, v. 26, n. 6, p. 799-805, 2007.

COSTA, B. G. et al. *Farinha de sorgo integral: uma nova matéria prima para a produção de pães sem glúten de boa qualidade sensorial e nutricional*. In: XXIII Congresso Brasileiro de Nutrição & V Congresso Ibero-Americano de Nutrição. Vitória: Revista da Associação Brasileira de Nutrição, 2014.

DALGETTY, D. D.; BAIK, B. K. Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas. In: *Cereal Chemistry*, v. 80, n. 3, p. 310-315, May-Jun 2003.

DO NASCIMENTO, A. B. et al. Gluten-free is not enough - perception and suggestions of celiac consumers. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 65, n. 4, p. 394-398, 2014.

\_\_\_\_\_. Analysis of ingredient lists of commercially available gluten-free and gluten-containing food products using the text mining technique. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 64, n. 2, p. 217-222, 2013.

FASANO, A.; CATASSI, C. Celiac Disease. *New England Journal of Medicine*, v. 367, n. 25, p. 2419-2426, 2012.

FAO/WHO – Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. Food energy – methods of analysis and conversion factors. In: *Report of a technical workshop*. Roma, 2003. Disponível em: <[http://www.fao.org/uploads/media/FAO\\_2003\\_Food\\_Energy\\_02.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf)>. Acesso em 01 mai 2014.

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. In: *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v. 26, n. 1, p. 80-88, 2006.

HAGER, A. et al. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. In: *European Food Research and Technology*, v. 235, n. 2, p. 333-344, 2012.

HWANG, K. T. et al. Properties, composition, and analysis of grain sorghum wax. In: *Journal of the American Oil Chemists Society*, v. 79, n. 6, p. 521-527, 2002.

JONES, J.L. Regulatory Aspects of Whole Grain and Whole Grain Foods: Definitions and Labeling. In: *Cereal Chemistry*. v. 87, n.2, p. 150-154, 2010.

JUKANTI, A. K. et al. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. In: *British Journal of Nutrition*, v. 108, p. S11-S26, 2012.

KINSEY, L.; BURDEN, S.; BANNERMAN, E. A dietary survey to determine if patients with coeliac disease are meeting current healthy eating guidelines and how their diet compares to that of the British general population. In: *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 62, n. 11,

p. 1333-1342, 2008.

KULAMARVA, A. G.; SOSLE, V. R.; RAGHAVAN, G. S. V. Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. In: *International Journal of Food Properties*, v. 12, n. 1, p. 55-69, 2009.

LAUREATI, M.; GIUSSANI, B.; PAGLIARINI, E. Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: Comparison between celiac and non-celiac subjects. In: *Food Research International*, v. 46, n. 1, p. 326-333, 2012.

MINARRO, B. et al. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. In: *Journal of Cereal Science*, v. 56, n. 2, p. 476-481, 2012.

MOHAMMED, I.; AHMED, A. R.; SENGE, B. Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. In: *Industrial Crops and Products*, v. 36, n. 1, p. 196-202, 2012.

NACHAY, K. Putting better baked goods on the table. In: *Food Technology*, v. 67, n. 12, p. 26, 2013.

ONYANGO, C. et al. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. In: *Lwt-Food Science and Technology*, v. 44, n. 3, p. 681-686, 2011.

ONYANGO, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. In: *Food Research International*, v. 42, n. 8, p. 949-955, 2009.

PAIM, V.; SCHUCK, C. *O custo da alimentação sem glúten no Brasil*. 2010. Disponível em: <<http://www.vidasemglutenealergias.com/o-custo-da-alimentacao-sem-gluten-no-brasil/609/>>. Acesso em: 14 de novembro de 2012.

PSZCZOLA, D. E. The Rise of Gluten-Free. In: *Food Technology*, v. 66, n. 12, p. 55-66, 2012.

QUEIROZ, V. A. V. et al. *O sorgo na alimentação humana*. Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica 133, p.1-2, 2009.

REIS, E. M. et al. *Otimização da aceitabilidade de pães sem glúten elaborados com farinha de trigo sarraceno integral*. In: XXIII Congresso Brasileiro de Nutrição & V Congresso Ibero-Americano de Nutrição. Vitória: Revista da Associação Brasileira de Nutrição, 2014.

RIBAS, P. M. *Sorgo: introdução e importância econômica*. Embrapa Milho e Sorgo, Documentos, 26, 2003.

ROSTAMIAN, M.; MILANI, J. M.; MALEKI, G. *Physical Properties of Gluten-Free Bread Made of Corn and Chickpea Flour*. In: *International Journal of Food Engineering*, v. 10, n. 3, p. 467-472, 2014.

SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. *Comparação das propriedades físicas de pães sem glúten elaborados com farinha de grão de bico integral e com diferentes misturas de farinhas e amidos*. In: XXIII Congresso Brasileiro de Nutrição & V Congresso Ibero-Americano de Nutrição. Vitória:

Revista da Associação Brasileira de Nutrição, 2014.

SCHOBER, T.; BEAN, S.; BOYLE, D. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 13, p. 5137-5146, 2007.

SCHOBER, T. et al. Gluten-free bread from sorghum: Quality differences among hybrids. In: *Cereal Chemistry*, v. 82, n. 4, p. 394-404, 2005.

SHIN, D.; KIM, W.; KIM, Y. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. In: *Food Chemistry*, v. 141, n. 1, p. 517-523, 2013.

SINGH, J.; WHELAN, K. Limited availability and higher cost of gluten-free foods. In: *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, v. 24, n. 5, p. 479-486, 2011.

SLUIMER, P. *Principles of breadmaking. Functionality of raw materials and process steps*. St. Paul: American Association of Cereal Chemists Inc., 2005.

SMITH, B. et al. Effect of HPMC on the Quality of Wheat-Free Bread Made from Carob Germ Flour-Starch Mixtures. In: *Journal of Food Science*, v. 77, n. 6, p. C684-C689, 2012.

SOUZA, M. H. B.; SANTOS, F. G.; CAPRILES, V. D. *Análise dos rótulos de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e valor nutritivo*. In: XXIII Congresso Brasileiro de Nutrição & V Congresso Ibero-Americano de Nutrição. Vitória: Revista da Associação Brasileira de Nutrição, 2014.

TACO. *Tabela de Brasileira de Composição de Alimentos*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2011.

TAYLOR, J. R. N. et al. Increasing the utilisation of sorghum, millets and pseudocereals: Developments in the science of their phenolic phytochemicals, biofortification and protein functionality. In: *Journal of Cereal Science*, v. 59, n. 3, p. 257-275, 2014.

THOMPSON, T. Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet. In: *Journal of the American Dietetic Association*, v. 100, n. 11, p. 1389-1396, 2000.

THOMPSON, T. et al. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *J Hum Nutr Diet*, v. 18, n. 3, p. 163-9, Jun 2005. Disponível em: < [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list\\_uids=15882378](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15882378) >.

TSATSARAGKOU, K. et al. Mathematical approach of structural and textural properties of gluten free bread enriched with carob flour. In: *Journal of Cereal Science*, v. 56, n. 3, p. 603-609, 2012.

US GRAINS COUNCIL. *Sorghum Handbook: All about white sorghum*. Disponível em: <[http://www.grains.org/images/stories/technical\\_publications/Sorghum\\_Handbook.pdf](http://www.grains.org/images/stories/technical_publications/Sorghum_Handbook.pdf)>. Acesso em 20 de junho de 2013.

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. In: *Food Quality and Preference*, v. 16, n. 8, p. 691-703, 2005.

YADAV, S. S.; CHEN, W. Uses, consumption and utilization. In: YADAV, S. S.; LONGNECKER, N., et al (Ed.) *Chickpea breeding and management*: CABI, 2007. p.72-100. ISBN 1845932137.

**Palavras-chave:** tecnologia de alimentos dietéticos e nutricionais, otimização de formulações alimentícias, análise físico-química e sensorial de alimentos, composição nutricional, doença celíaca.

PARA SABER MAIS

**Fernanda Garcia dos Santos**  
fernandagarcia dossantos@gmail.com  
(13) 3355-6981 / (13) 99768-0629

**Vanessa Dias Capriles**  
(orientadora)  
vanessa.capriles@unifesp.br

RIO GRANDE DO SUL

BIOSSENSORES

AGRICULTURA PNAE  
ALIMENTAÇÃO

CASTANHA-DO-BRÁSIL RIO DE JANEIRO

AGRICULTURA FAMILIAR

ESTUDANTE DO  
ENSINO SUPERIOR

INOVAÇÃO ALIMENTAÇÃO  
AGRICULTURA

SÃO PAULO OKARA

PESCADO MINAS GERAIS  
AGRICULTURA FAMILIAR FITOESTERÓIS LEITE

RIO GRANDE DO SUL

NUTRIÇÃO CEARÁ  
SÃO PAULO INOVAÇÃO

## 1º Lugar

**DELOAN EDBERTO MATTOS PERINI**

**Universidade Federal da Fronteira do Sul (UFFS)**

Modelo de agricultura urbana como inovação no processo de abastecimento de alimentos em cidades de pequeno porte

## 2º Lugar

**DAVI BENEDITO OLIVEIRA**

**Universidade Federal de Itajubá (Unifei)**

Biossensores nanoestruturados para a monitoração da qualidade do pescado

## 3º Lugar

**KAMILA RAMPONI RODRIGUES DE GODOI**

**Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)**

Avaliação da incorporação de fitoesteróis livres e esterificados como agentes estruturantes em bases lipídicas para aplicação em alimentos

**1º LUGAR**

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO SUPERIOR



**DELOAN EDBERTO MATTOS PERINI**

Universidade Federal da Fronteira do Sul  
(UFFS) Erechim - RS

### **Modelo de agricultura urbana como inovação no processo de abastecimento de alimentos em cidades de pequeno porte**

#### **RESUMO**

A produção de alimentos dentro das cidades, por meio da agricultura urbana, apresenta-se como uma alternativa de aproximação entre os espaços de produção agrícola e os consumidores, contribuindo para a soberania alimentar, além de qualificar os espaços urbanos e promover melhoria na qualidade de vida. Assim, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo inovador de agricultura urbana para promoção da segurança alimentar em cidades de pequeno porte. O modelo proposto apresenta como marco teórico a interseção dos conceitos de ciclo de vida, vazios urbanos e paisagem produtiva contínua. Com a aplicação do conceito de ciclo de vida na agricultura urbana, propõe-se um modelo de infraestrutura de apoio e suporte a esse sistema por meio de bancos de sementes, lotes produtivos, bancos de alimentos, restaurantes e centros de compostagem. A partir de um diagnóstico urbanístico da área em estudo, com ênfase no mapeamento dos vazios urbanos, permite-se a quantificação dos lotes produtivos e seu respectivo dimensionamento da produção de alimentos para fins de zoneamento e planejamento da implantação dos equipamentos de apoio. Essa criação de zonas produtivas é uma estratégia que possibilita a gestão do sistema, devendo ser feita para subdividir áreas da cidade levando em consideração o número de residentes e áreas disponíveis para a utilização da agricultura urbana, bem como planejamento da implantação dos equipamentos de apoio. O desenvolvimento de parâmetros urbanísticos para distribuição, localização e conexão da infraestrutura de apoio

à agricultura urbana é subsidiado pelo conceito de paisagem produtiva contínua, que inclui conexões por corredores verdes destinados à produção de alimentos, compondo a infraestrutura urbana. Portanto, a concepção deste modelo de agricultura urbana caracteriza-se como uma proposta de inovação tecnológica de processo no abastecimento de alimentos em cidades de pequeno porte, com vistas **à soberania alimentar**, por meio da promoção de um projeto político participativo autônomo das comunidades locais.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução humana, com a transição de nômade a sedentário, foi uma consequência do aprimoramento das tecnologias agrárias. O homem era dependente do ecossistema natural e passou a responsável pelo manuseio e produtividade de um ecossistema construído (KHATOUNIAN, 2001). Essa transformação foi fundamental para a concepção da relação de identidade entre o homem e o meio, tal como conhecemos hoje, e o resultado desse processo foram as cidades. Com o passar do tempo, essa nova configuração espacial e as relações entre a produção agrícola e o espaço construído tornaram-se muito distantes. Com o crescimento das cidades, aumenta a busca por recursos, e cada vez mais os produtos necessitam viajar longas distâncias para atender a essas áreas urbanas.

A produção de alimentos dentro das cidades, por meio da Agricultura Urbana (AU), pode ser uma boa alternativa para resgatar a aproximação do homem aos processos que envolvem a produção de seu alimento, bem como reduzir as distâncias e o desperdício de produtos no transporte, qualificar os espaços da cidade e promover melhorias na qualidade de vida.

A Agricultura Urbana consiste na realização de atividades agrícolas em pequenas áreas internas do perímetro urbano ou em sua periferia. Destina-se principalmente à subsistência e à comercialização de excedentes em escala local. Segundo Mougeot (2005), a diferença entre a AU e a agricultura convencional não se refere apenas à sua localização, mas também ao fato de a primeira constituir, de maneira integral, a economia urbana e os sistemas ambientais e sociais. Essa relação acontece à medida que a AU: utiliza os recursos urbanos, como a terra, a mão de obra e a água; constitui a economia urbana em termos de subsistência e comercialização de excedentes em escala local; é influenciada diretamente pelas condições urbanas, como aspectos políticos e o próprio mercado imobiliário.

No Brasil, essa prática acontece há poucos anos. A primeira iniciativa legal ocorreu em 2011, quando foi publicado o primeiro Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, que constituiu uma política de apoio à produção urbana de alimentos e ao manejo sustentável de cultivo, apresentando algumas diretrizes diretamente relacionadas ao tema da AU, como tratam respectivamente os itens V e IX do Art. 22: fortalecimento da agricultura familiar e da produção urbana e periurbana de alimentos; conservação, manejo e uso sustentável da agrobiodiversidade (CAISAN, 2011).

Este plano apresenta ainda desafios e diretrizes para a segurança alimentar e nutricional no Brasil para 2012 a 2015 (CAISAN, 2011). Quanto à produção de alimentos, apenas 1,8% da agricultura nacional é orgânica. A contaminação de alimentos por agrotóxicos gera impactos muito negativos de saúde e nutrição. Sobre o acesso à alimentação adequada e saudável, tanto em áreas rurais quanto urbanas existem ainda elevados índices de insegurança alimentar gerada pelo difícil acesso a esses benefícios, incluindo a água. Com relação aos padrões de consumo, são elevados os índices de sobrepeso, obesidade e doenças crônicas (hipertensões, diabetes).

O modelo proposto neste trabalho parte do conceito de Agricultura Intraurbana, que é aquela inserida dentro do perímetro urbano, contemplando áreas mais consolidadas na cidade. A proximidade entre os lotes favorece a implantação da agricultura urbana. Estar a uma distância confortável da horta urbana facilita a apropriação e manutenção desse espaço. Outro agente favorecedor é a existência de inúmeros equipamentos que poderão servir como articuladores da proposta, como as escolas, as universidades, as feiras, as praças e os espaços públicos. Outra característica importante para a consolidação do projeto é a existência de áreas verdes, tanto em praças públicas como em parques, ruas e fundos de lotes. Esses espaços facilitam a ligação e a mobilidade entre as áreas de cultivo e espaços públicos.

A iniciativa da agricultura urbana tem crescido em muitas cidades e tem sido uma ferramenta eficaz no combate à miséria e na melhoria da segurança alimentar e nutricional de comunidades urbanas. Exemplo disso são os casos de Havana, em Cuba, e Middlesbrough, na Inglaterra, conforme a figura 1. Havana apresenta um dos casos de reintegração da Agricultura Urbana (AU) mais interessantes. Após o colapso da União Soviética, em 1989, Cuba perdeu 80% de seu comércio e todo o acesso ao combustível importado. O país sofreu com a escassez de alimentos decorrente do difícil acesso a fertilizantes e a outros produtos químicos, bem como da dificuldade de transporte dessas mercadorias. Por outro lado, essa crise gerou respostas inovadoras em AU, a priori de maneira espontânea e individual, e posteriormente lideradas e apoiadas pelo governo. Em Havana, atualmente as áreas de produção estão situadas em diferentes contextos urbanos, e apesar de fornecerem um modelo de aplicação de AU, não apresentam a distribuição, a localização e as ligações entre essas áreas de maneira ideal (BOHN, VILJOEN, 2010 *apud* MOSCHETTA, 2013). O caso de Middlesbrough é um pouco diferente. Em 2007 a cidade foi radicalmente transformada pelo projeto Middlesbrough – Projeto de Agricultura Urbana, transformando-se em um laboratório vivo para o tema alimentação. Situada na parte nordeste da Inglaterra, Middlesbrough é uma cidade essencialmente industrial e recentemente universitária, bem estabelecida, e possui cerca de 144.800 habitantes em uma área de 54 km<sup>2</sup> (MIDDLESBROUGH, 2012).

Atualmente o projeto conta com um total aproximado de mil participantes e teve o apoio das comunidades (aproximadamente 200 grupos), do conselho da cidade, de agências e organizações governamentais locais. Foram identificados 80 pontos para o cultivo produtivo, incluindo pequenos jardins particulares que foram utilizados como hortas. Como forma de divulgação e consolidação desse projeto, são realizadas confraternizações com os alimentos

produzidos nas hortas. Esses encontros servem também para a distribuição de kits de cultivo e para instruir os moradores locais a respeito de manejos sustentáveis e segurança alimentar. Middlesbrough é um exemplo na aplicação de Paisagem Urbana Produtiva Contínua, pois prevê em seu projeto a interligação entre as áreas cultiváveis por meio de passeios, ciclovias e hortas lineares.



Figura 1 – Modelos de agricultura urbana em Havana (A) e Middlesbrough (B)  
Fonte: MOSCHETTA, 2013.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo inovador de agricultura urbana para a promoção da segurança alimentar em cidades de pequeno porte.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Promover a aproximação dos espaços de produção agrícola dos consumidores e moradores urbanos;
- Fortalecer os laços de vizinhança; trocas e aprendizados nos cultivos e manejos, por meio de espaços públicos, feiras e eventos.
- Favorecer a implantação de espaços verdes produtivos dentro das cidades por meio de projetos de requalificação urbana que permitam a ligação entre áreas de preservação permanente e áreas consolidadas;
- Desenvolver parâmetros urbanísticos para distribuição, localização e conexão da infraestrutura de apoio à agricultura urbana;
- Criar meios para reaproveitamento dos resíduos orgânicos das cidades para geração de energia, bem como reduzir o consumo de energia na produção e no transporte de alimentos.

### 3. MÉTODO

A concepção de um modelo inovador de agricultura urbana envolve a convergência de uma demanda popular e da iniciativa municipal para prover a melhoria na qualidade de vida da população, promovendo a segurança alimentar e requalificação das **áreas urbanizadas do município**. **Para isso**, é necessário realizar um diagnóstico da área de aplicação do projeto, fazer um levantamento sobre a existência de áreas disponíveis para a produção de alimentos orgânicos, subdividir a cidade em zonas, construir o ciclo de vida da agricultura urbana, dimensionar os equipamentos de apoio de acordo com as demandas da produção local, distribuir esses equipamentos e, por fim, realizar a conexão entre os espaços produtivos propostos (figura 2).



Figura 2 – Método de concepção do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.1 Diagnóstico da área de intervenção

A implantação desse modelo de agricultura urbana depende, dentre outros fatores, da existência de *vazios urbanos* onde possa ser realizada a produção de alimentos orgânicos. A partir de um diagnóstico urbanístico da área em estudo, com ênfase no mapeamento dos vazios urbanos, permite-se a quantificação dos lotes produtivos e o respectivo dimensionamento da produção dos alimentos orgânicos. Para fins deste estudo, considera-se como vazios urbanos “terrenos e edificações não utilizados, subutilizados, desocupados (...), localizados em terrenos infraestruturados (...)”, (BORDE, 2006) ou ainda, como afirma a Constituição Federal, capítulo II, artigo 182 – incisos I e II: “*considera-se baldias, para os efeitos de progressividade tributária, as glebas e terrenos não utilizados ou subutilizados, com prejuízo ao desenvolvimento urbano, especialmente à continuidade do sistema viário*” (BRASIL, 1988).



Figura 3 – Exemplos de vazios urbanos  
Fonte: Fotos do autor, 2013.

### 3.2 Zoneamento para agricultura urbana

A identificação de zonas é uma ferramenta que possibilita a organização e gestão do sistema, devendo ser feita para subdividir áreas maiores da cidade, levando em consideração o número de residentes e espaços disponíveis para a agricultura urbana, bem como planejamento da implantação da estrutura de apoio. Essa estrutura de apoio complementa o ciclo de vida da agricultura urbana. Esse ciclo busca demonstrar as etapas pelas quais os produtos são submetidos. Cada etapa acarreta em uma série de impactos ao meio ambiente, que vão desde a extração da matéria-prima até o seu descarte, ao final da sua vida útil.

### 3.3 Infraestrutura para agricultura urbana

A crescente conscientização sobre a importância da proteção ambiental e dos possíveis impactos associados a produtos manufaturados e consumidos tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e diminuir estes impactos, sendo a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) um desses métodos (ABNT, 2001). Na arquitetura, a avaliação da sustentabilidade faz-se por meio de conceitos e ferramentas de ACV, que passou a ser aceita pela comunidade internacional como a única base legítima sobre a qual é possível comparar materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados e/ou prestados.

O conceito de Ciclo de Vida aplicado à agricultura urbana busca demonstrar as etapas pelas quais um produto, no caso os alimentos, são submetidos. Cada etapa acarreta em uma série de impactos ao meio ambiente, que vão desde a extração da matéria-prima à finalização do processo produtivo, passando por sua instalação, operação e descarte no fim da vida útil.

Assim, essa estrutura de apoio à agricultura urbana é composta pelos seguintes equipamentos: banco de sementes e mudas, banco de alimentos, restaurante da agricultura urbana e centro de compostagem. Esses equipamentos têm o objetivo de atender **às** demandas acerca da **implantação da agricultura urbana, como** fornecer apoio aos agricultores urbanos, distribuir e gerir os produtos oriundos dessa economia.

Para que esse projeto se torne ativo e participante em meio à comunidade, é necessária a realização de atividades periódicas. Essas atividades poderão ser realizadas tanto nos novos equipamentos propostos ou em espaços já existentes na área urbana como, por exemplo, praças, escolas, creches, associações de bairro, casas de repouso e universidades. Essas instituições podem relacionar-se diretamente com a agricultura urbana, realizando atividades educacionais nos espaços de produção, divulgando o projeto e usufruindo dos recursos oferecidos pela agricultura urbana, melhorando a qualidade da merenda escolar ou realizando confraternizações junto com as associações, universidades ou entidades de bairro, por exemplo.

### 3.4 Distribuição e conexão dos equipamentos da agricultura urbana

A distribuição, localização e conexão dessa infraestrutura de apoio à agricultura urbana são subsidiadas pelo conceito de Paisagem Urbana Produtiva Contínua, que consiste em um

projeto urbano que defende a implantação de paisagens produtivas dentro da cidade. Esse termo foi utilizado inicialmente em 1998, pelo escritório Bohn & Viljoen Architects, destacando-se os seguintes requisitos projetuais (BOHN, VILJOEN, 2010 *apud* MOSCHETTA 2013):

- Infraestrutura verde: sistema de áreas verdes interconectadas (corredores verdes) por meio do espaço urbano para apoiar funções bióticas, abióticas e culturais em prol da sustentabilidade.
- Multifuncionalidade da paisagem: trata-se de uma estratégia urbanística multifuncional, pois procura abranger não apenas a agricultura urbana, mas também as necessidades urbanas, sociais e econômicas, incluindo o uso misto no espaço público.
- Paisagem urbana produtiva: espaço aberto construído, dotado de vegetação e gerido de forma a ser econômico e ecologicamente produtivo.
- Paisagem contínua: consiste em uma rede de espaços abertos, predominantemente permeáveis e dotados de vegetação, parques ou espaços abertos, livres da circulação de automóveis.
- Paisagem global: estabelece uma relação entre os conceitos de Contínuo Natural e Contínuo Cultural, visando ultrapassar a segregação entre o urbano e o rural.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estudo de caso de Erechim

A proposta de modelo para agricultura urbana foi desenvolvida a partir do estudo de caso de Erechim, município pertencente à Região do Alto Uruguai, situado na parte norte do Estado do Rio Grande do Sul (figura 4). O município possui 96.087 habitantes (IBGE, 2010) e cerca de 2.520 pequenos produtores. Dentre as principais culturas estão o milho, o trigo, o feijão, a cevada e as frutas, a criação de aves, bovinos e suínos. Em virtude de uma cultura rural bastante próxima à vida dos cidadãos locais, que muitas vezes provêm de municípios menores, com características agrícolas bem incorporadas, é possível observar a ocupação de lotes urbanos para o plantio de frutas e hortaliças.

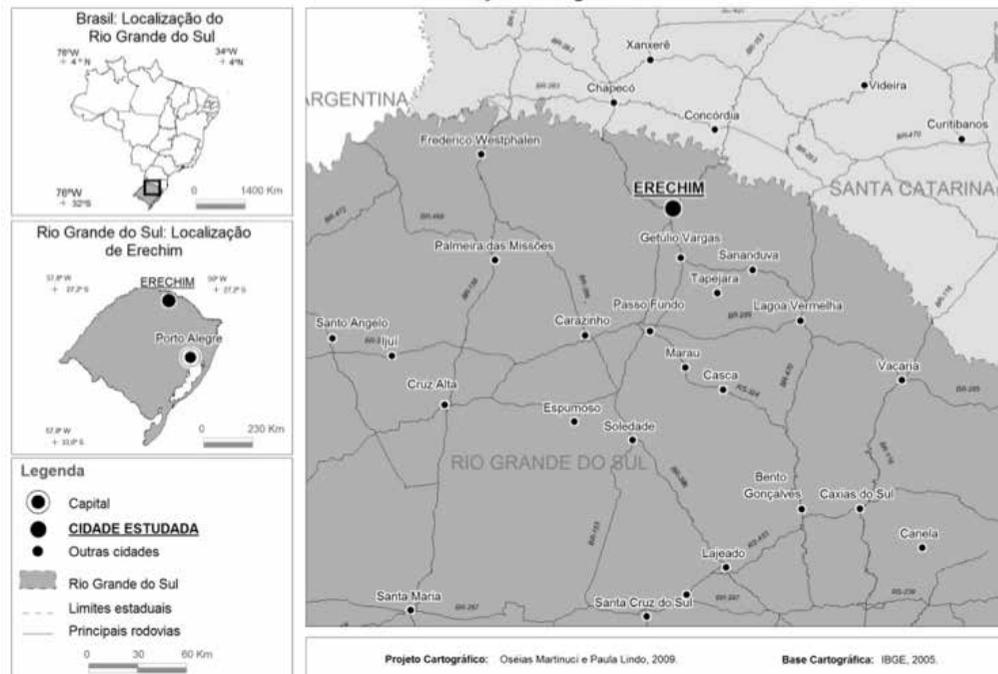


Figura 4 – Localização do município de Erechim no Brasil e no Estado  
 Fonte: UFFS, 2013.

#### 4.2. Diagnóstico e zoneamento para agricultura urbana

Com o objetivo de gerar um modelo de agricultura urbana e facilitar a sua aplicação em outras partes da cidade, a área de estudos foi dividida em três zonas distintas, com a finalidade de estruturar a agricultura urbana baseada em porções reduzidas da cidade. As três zonas, classificadas como Zona Prioritária de Implantação (ZPI), Zona de Expansão 1 (ZE1) e Zona de Expansão 2 (ZE2), são individualmente compostas por aproximadamente 50 lotes produtivos (antigos vazios urbanos), banco de sementes, banco de alimentos, restaurante agroecológico, e um centro de compostagem. Cada lote produtivo é cultivado por preferencialmente três associados, responsáveis diretos pela manutenção e gestão da área. A título de dimensionamento foi considerado um lote médio de 15x30m, totalizando 450 m<sup>2</sup> de área.



### 4.3 Infraestrutura para agricultura urbana

O ciclo de vida do modelo de agricultura urbana proposto para cidades de pequeno porte (figura 6) inicia-se no Banco de Sementes e Mudas, seguindo para os Lotes Produtivos, Banco de Alimentos e Restaurante Agroecológico, até chegar ao Centro de Compostagem. A elaboração desse sistema tem o desafio de propor soluções espaciais e arquitetônicas que atendam às demandas acerca da implantação da agricultura urbana.

Um dos fatores de sucesso do modelo de agricultura urbana está relacionado à participação ativa da comunidade local, sendo necessário, para tanto, a realização de atividades periódicas propostas no modelo, tais como: feiras da agricultura urbana; palestras e exposições de agroecologia e manejo do solo; e confraternizações com produtos de agricultura urbana. Essas atividades poderão ser realizadas tanto nos novos equipamentos propostos ou em espaços já existentes, como praças, escolas, universidades, entre outros. Destacam-se, nesse sentido, a importância das escolas e associações comunitárias no relacionamento direto com o modelo de AU da cidade, realizando atividades educacionais junto aos espaços de produção, divulgando o projeto e também usufruindo dos recursos oferecidos pela AU, melhorando a qualidade da merenda escolar ou realizando confraternizações junto às associações.



Figura 6 – Infraestrutura do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.1 Banco de sementes e mudas

O Banco de Sementes e Mudas consiste em um viveiro para a produção de hortaliças. É o local onde os produtores urbanos retiram as sementes e as mudas para o cultivo nos lotes e usufruem das grandes áreas arborizadas e parques que envolvem essa edificação. Nas áreas externas, os estufins dividem espaço com as estufas e canteiros, passeios públicos e ciclovias, formando um grande parque de produção de hortaliças, lazer e relações sociais.



Figura 7 – Banco de sementes e mudas do modelo de agricultura urbana

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.2 Lotes produtivos

Os lotes produtivos são espaços públicos ou privados, anteriormente ociosos ou subutilizados, dentro da malha urbana. A produção de frutas e hortaliças deve ser variada, de acordo com clima local e as condições do solo, conforme a tabela 1. A rotatividade das culturas deve ser feita para potencializar a produção e, ao mesmo tempo, garantir a variedade de produtos disponíveis para comércio e consumo.

Tabela 1 – Estimativa de produção de alimentos por área de solo

Principais Culturas agrícolas	Rendimento estimado anual por hectare	Produção estimada por M2 Anual por safra	Consumo per capita por ano (52 semanas)	Quantidade em metros quadrados per capita por ano	NECESSIDADE DE ÁREA POR FAMÍLIA 05 PESSOAS
Feijão mulatinho	1.2 ton.	120 gramas	20 kg	170 metros	850 metros
Feijão de corda	722 kg	72 gramas	20 kg	277 metros	1.338 metros
Mandioca	15 ton.	1,5 kg	50 kg	33 metros	165 metros
Milho	2,2 ton.	400 gramas	19 kg	115 metros	575 metros
Arroz	3,7 ton.	500 gramas	45 kg	82 metros	410 metros
Batata doce	10 ton.	1,0 kg	50 kg	50 metros	250 metros
Inhame	15 ton.	1,5 kg	50 kg	33 metros	165 metros
Tomate	45 ton.	4,5 kg	5 kg	1.10 metro	5.50 metros
Cenoura	15 ton.	1,5 kg	1,5 kg	1 metro	5 metros
Beterraba	15 ton.	1,5 kg	1,0 kg	0,66 metro	3,3 metros
Pepino	45 ton.	4,5 kg	18 kg	4 metros	20 metros
Batata inglesa	20 ton.	2,0 kg	10 kg	5 metros	25 metros
Cebola	20 ton.	2,0 kg	3,3 kg	1.65 metros	8.25 metros
Pimentão	20 ton.	2,0 kg	2,0 kg	1 metro	5 metros
Repolho	30 ton.	3,0 kg	13 kg	4,5 metros	22 metros
Mamão	30 ton.	3,0 kg	8,3 kg	2,80 metros	14 metros
Banana	40 ton.	4,0 kg	25 kg	6,25 metros	31 metros
Alface	100.000 pés	10 pés	2 kg	1,5 metros	7,5 metros
Quiabo	15 ton.	1,5 kg	0,25 g	0,50 metro	2,5 metros
Abóbora	30 ton.	3,0 kg	0.94 kg	3,19 metros	16 metros

Quadro adaptado por Roberto Mendes por pesquisas a vários sites, literaturas técnicas e sua experiência prática na montagem de propriedades Permaculturais. Planilha de produção por m<sup>2</sup>. Fonte: <http://permaculturapedagogica.blogspot.com.br>



Figura 8 – Lotes produtivos do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.3.3 Banco de alimentos

O Banco de Alimentos é o equipamento responsável pela distribuição, seleção e comercialização da produção. Os produtos são levados até o banco de alimentos e viram crédito aos produtores urbanos. Cada produtor receberá “bilhetes” com valores proporcionais aos produtos colhidos por ele. Esses bilhetes podem ser trocados por frutas e hortaliças no próprio banco de alimento ou feiras da AU. O associado também pode trocar seus bilhetes por refeição junto ao Restaurante Agroecológico. O Banco de Alimentos também é responsável pela distribuição dos excedentes às escolas, associações e Restaurante Agroecológico.



Figura 9 – Banco de alimentos do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.3.4 Restaurante agroecológico

O Restaurante Agroecológico é um equipamento destinado ao preparo de refeições a partir dos produtos da agricultura urbana, servindo tanto aos associados como ao público em geral. O projeto, a operação e a manutenção desse restaurante prevê a aplicação dos princípios agroecológicos para o entendimento e desenvolvimento de ecossistemas sustentáveis.



Figura 10 – Restaurante agroecológico do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.5 Centro de compostagem

O Centro de Compostagem é o espaço destinado ao reaproveitamento dos resíduos orgânicos residenciais, públicos, e também os oriundos da produção e dos equipamentos da agricultura urbana. O reaproveitamento desses resíduos pode ser feito de duas maneiras: transformando-os em adubo orgânico ou fornecendo matéria-prima para a geração de energia (biogás). Para a transformação dos resíduos em adubo é possível trabalhar com sistemas de compostagem tradicionais. Para a geração de energia por meio do biogás é necessária a instalação de um microgaseificador ou de um biodigestor. O objetivo principal é que esse equipamento seja instalado próximo ao Restaurante Agroecológico suprimindo, total ou parcialmente, a demanda de energia elétrica externa.



Figura 11 – Centro de compostagem do modelo de agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **4.4 Dimensionamento da infraestrutura de agricultura urbana**

O dimensionamento da infraestrutura de apoio à agricultura urbana surge da necessidade de espacialização desses equipamentos. Trata-se de um dimensionamento prévio, baseado em dados relativos à produção de alimentos em espaços controlados, com condições ideais de clima e solo. A produção dos alimentos e gestão do sistema é feita pelos cidadãos locais, vinculados ao projeto como associados. Para além da gestão interna, é necessário que o município utilize as políticas públicas como uma forma de apoio à agricultura urbana, gerando diretrizes para organizar as áreas urbanizadas e beneficiar aqueles que usufruem e colaboram com o sistema.

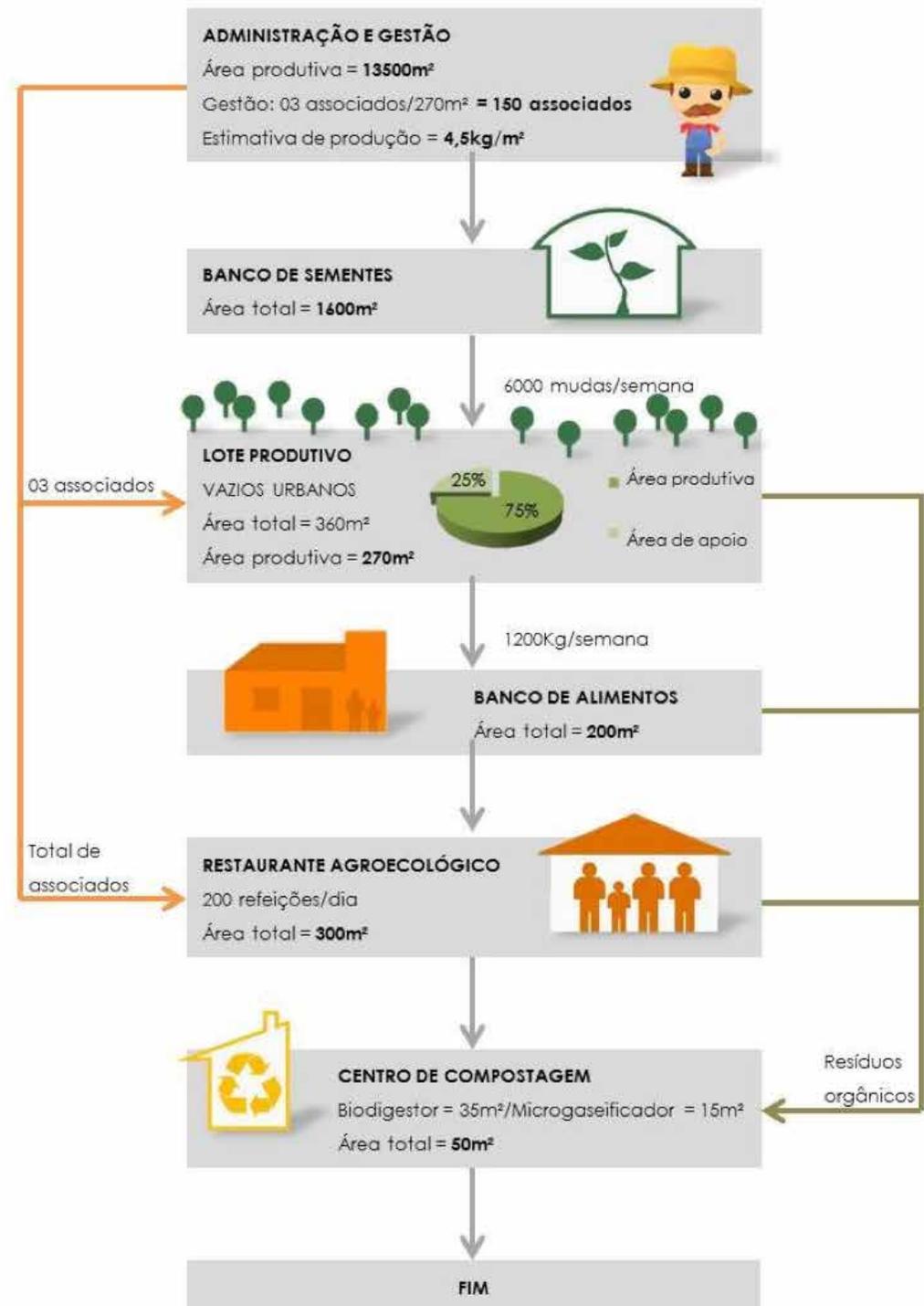


Figura 12 – Dimensionamento da infraestrutura para agricultura urbana  
Fonte: Elaborada pelo autor.

## 1.2 Distribuição da infraestrutura para agricultura urbana

Cada zona de implantação do modelo de agricultura urbana apresenta aproximadamente 50 Lotes Produtivos, 1 Banco de Sementes e Mudas; 1 Banco de Alimentos; 1 Restaurante Agroecológico e 1 Centro de Compostagem, conforme a figura 13.

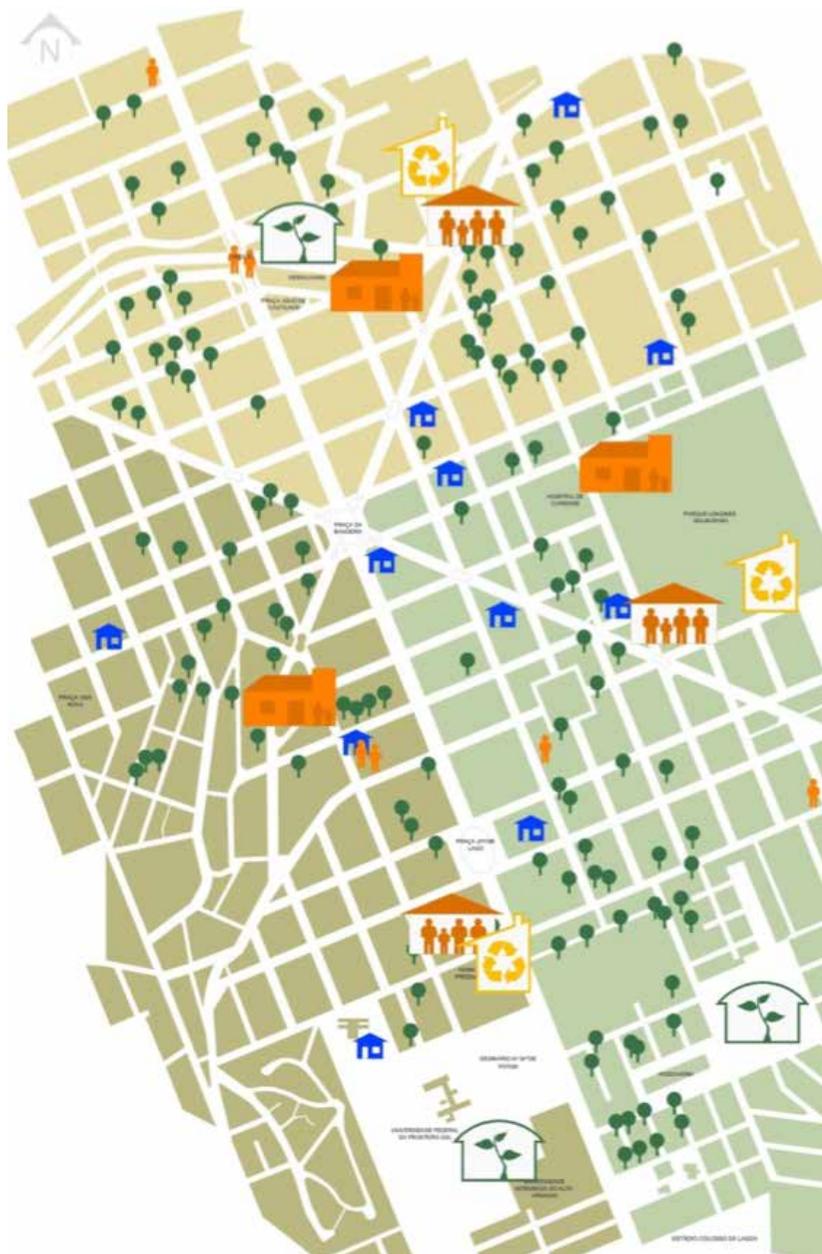


Figura 13 – Distribuição da infraestrutura para agricultura urbana

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os equipamentos da infraestrutura do modelo de agricultura urbana foram distribuídos em cada zona considerando as especificidades das respectivas áreas e prioridades de implantação, sendo:

- **Zona Prioritária de Implantação (ZPI):** nessa área os equipamentos encontram-se bastante próximos e seguem o eixo leste e oeste, resultado da existência de muitas áreas subutilizadas em função dos trilhos do trem. Os lotes produtivos encontram-se espalhados de maneira uniforme pela área. A área que anteriormente era destinada à ferroviária é um espaço em potencial para a implantação dos equipamentos. A existência dos trilhos permite a elaboração de ligações ao longo de sua extensão para unir os equipamentos propostos para essa zona.
- **Zona Expansão 1 (ZE1):** nessa zona os equipamentos distribuem-se ao longo do eixo norte e sul, ocupando-se de lotes vazios, praças e grandes áreas verdes. O Banco de Alimentos foi instalado na parte norte da área, pois é nesse trecho que se encontra a maior parte dos lotes produtivos, facilitando o transporte e o comércio junto ao Banco de Alimentos. O Restaurante Agroecológico fica na área central, servindo como um elemento de transição entre o Banco de Alimentos e o Banco de Sementes. O Centro de Compostagem dá apoio ao restaurante. Por fim, o Banco de Sementes se apropria da área ociosa que fica entre o seminário Nossa Senhora de Fátima e a Universidade Regional Integrada.
- **Zona Expansão 2 (ZE2):** assim como na zona de expansão 1, os equipamentos distribuem-se ao longo do eixo norte e sul, porém, nessa área os lotes produtivos encontram-se distribuídos mais uniformemente por toda extensão da zona. O Banco de Sementes apropria-se uma grande área verde, favorecendo sua utilização como parque. A principal característica desse trecho é o parque Longines Malinowski, que abriga o Restaurante Agroecológico, o Centro de Compostagem e o Banco de Alimentos. A instalação desses equipamentos junto ao parque tem como objetivo a revitalização e a apropriação desse espaço que atualmente encontra-se ocioso.

Esses espaços são interligados por corredores verdes destinados à produção de alimentos, passeios públicos e ciclovias, compondo a infraestrutura urbana. De acordo com Moschetta (2013), trata-se de uma rede de espaços abertos, interligados, que incorporam elementos vivos e naturais. Esses espaços permitem aos moradores urbanos o contato com as atividades e os processos associados ao meio rural, reestabelecendo uma relação entre a vida e os processos necessários para apoiá-la. E, por fim, gerar atividades produtivas em termos econômicos, socioculturais e ambientais.

Assim, essa infraestrutura é conectada por corredores verdes destinados à produção de alimentos, passeios públicos e ciclovias, compondo a infraestrutura urbana. Essas conexões formam uma rede de espaços abertos, interligados, que incorporam elementos vivos e naturais. Esses espaços permitem aos moradores urbanos o contato com as atividades e os processos associados ao meio rural, reestabelecendo uma relação entre a vida e os processos necessários para apoiá-la.

#### 4.6 Conexão entre os equipamentos para agricultura urbana

Com o objetivo de criar uma ligação entre os equipamentos propostos e os lotes produtivos, foram marcados eixos de força (figura 14). Esses eixos indicaram o sentido que os Parques Lineares Produtivos deveriam seguir. Um Parque Linear Produtivo (PLP) pode ser definido como um grande corredor verde que interliga os equipamentos arquitetônicos articuladores da AU.

Esses corredores são compostos por passeios públicos, ciclovias, espaços para realização de feiras e eventos e também são utilizados para o cultivo de hortaliças e, principalmente, frutas. As árvores desempenham um papel fundamental na implantação do PLP, pois oferecem áreas sombreadas e enriquecem visualmente o espaço urbano. Os espaços de permanência distribuídos ao longo do parque favorecem os encontros sociais e as trocas de experiência entre os agricultores urbanos (figura 15).



Figura 14 – Conexões da infraestrutura para agricultura urbana

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 15 – Parque Linear Produtivo  
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. CONCLUSÃO

Na implantação do modelo de agricultura urbana apresentado neste trabalho está implícita a necessidade de incentivo e investimento para a ocupação de áreas públicas ou privadas ociosas das cidades, promovendo a segurança alimentar associada à requalificação urbana de áreas subutilizadas no tecido urbano. Dentre as características inovadoras deste modelo de agricultura urbana, destaca-se a introdução de novos equipamentos de infraestrutura para gestão e suporte para a produção de alimentos segundo os princípios da agroecologia, além dos lotes produtivos comuns a todos os modelos de agricultura urbana já existentes. Acrescenta-se a isso, ainda, que o modelo prevê a redução dos custos de produção e distribuição associada à melhoria da qualidade dos produtos pela aproximação dos espaços de produção agrícola dos consumidores e moradores urbanos.

A apropriação do conceito de ciclo de vida ao modelo de agricultura urbana proposto pressupõe novos métodos de logística para fornecimento de insumos alimentícios, alocação de suprimentos e entrega dos produtos finais provenientes desse sistema. Para além dessa infraestrutura de apoio, é imprescindível a inclusão de políticas públicas em planos diretores, associadas ao modelo proposto, tais como: incentivos e benefícios fiscais, transferência do direito de construir, operações urbanas consorciadas e instituição de zonas especiais de interesse social. Nesse sentido, o modelo de agricultura urbana subsidiado por infraestrutura e políticas públicas regulamentadas por planos diretores municipais apresenta-se como uma prática de gestão para o desenvolvimento sustentável de cidades de pequeno porte.

Portanto, considerando-se os princípios norteadores da inovação tecnológica de processo definidas no Manual de Oslo, de que *todas as atividades envolvidas no desenvolvimento ou na implementação de inovações, inclusive aquelas planejadas para implementação futura, são*

*atividades de inovação* (OCDE, 2005), conclui-se que o modelo de agricultura urbana apresentado pode ser entendido como uma inovação tecnológica no processo de abastecimento de alimentos, aplicável a cidades de pequeno porte, visando à segurança alimentar.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO 14040: *Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro: 2001.

BORDE, A.P.L. *Vazios urbanos: perspectivas contemporâneas*. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2006.

BRASIL. Constituição. *Constituição da República Federativa do Brasil*, promulgada em 5 de outubro de 1988. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília, DF: Senado, 1988.

CÂMARA INTERMINISTERIAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (Caisan). *Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional: 2012/2015*. Brasília, DF: 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Cidades. 2010. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br> > Acesso em 13 de maio de 2014.

KHATOUNIAN, C. A. *A reconstrução ecológica da agricultura*. Botucatu: Agroecológica, 2001.

MIDDLESBROUGH. Visitor UK Homepage. Middlesbrough, 2012. Disponível em: <<http://www.visitoruk.com/Middlesbrough/#>> Acesso em 13 de maio de 2014.

MOSCHETTA, G. G. *Abordagem para o lançamento de uma Paisagem Urbana Produtiva Contínua em um município brasileiro de pequeno porte*. 178 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2013.

MOUGEOT, L.J.A. *Agropolis: the social, political, and environmental dimensions of urban agriculture*. London: Earthscan, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). *Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação*. 3ª ed. Paris: OCDE, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL (UFFS). *Erechim, para quem quiser ver, discutir e intervir. Mapas de vazios urbanos na cidade de Erechim*. Projeto de Extensão. 2013.

**2º LUGAR**

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO SUPERIOR



**DAVI BENEDITO OLIVEIRA**

Universidade Federal de Itajubá (Unifei)  
Itajubá - MG

## **Biossensores nanoestruturados para a monitoração da qualidade do pescado**

### **RESUMO**

A carne do pescado é um alimento significativamente perecível e requer adequadas condições sanitárias desde o momento de sua captura até a preparação, comercialização e consumo. Sua conservação é um ponto crítico de controle, uma vez que a decomposição ocorre rapidamente, em decorrência da metodologia inadequada de captura, consideráveis danos mecânicos e processamento. O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de biossensores de baixo custo para monitoração da qualidade do pescado utilizado na merenda escolar, baseados em transistor de efeito de campo do tipo ISFET. Biossensores são pequenos dispositivos que utilizam componentes biológicos como elementos de reconhecimento, ligados a um sistema de detecção, transdução e amplificação do sinal gerado na reação com o analito-alvo. Tais dispositivos combinam um componente biológico, que interage com um substrato-alvo, a um transdutor físico, que converte os processos de biorreconhecimento em sinais mensuráveis. O transdutor age como uma interface, medindo a mudança física ou química que ocorre na reação com o biorreceptor, transformando essa energia em um produto mensurável que, no caso desse trabalho, é um sinal elétrico. O ISFET foi desenvolvido como sensor de amina biogênica (AB), sendo constituído por uma interface responsiva formada por uma matriz eletrofiada de acetato de celulose (AcCel), funcionalizada com o bioconjugado dendrímero de poli (amido amina) (PAMAM)-enzima amino oxidase (AMO, EC 1.4.3.6) (AcCel- PAMAM/AMO). O transdutor utilizado nesse trabalho é do tipo amperométrico, ou seja, baseia-se na medida da corrente resultante da oxidação ou redução eletroquímica das aminas biogênicas pela enzima AMO, ocorrendo assim a transferência de elétrons para o eletrodo. A matriz AcCel-PAMAM/AMO foi caracterizada por espectroscopia na região do

infravermelho (FTIR), molhabilidade (ângulo de contato), propriedades elétricas (condutividade), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise termogravimétrica (TGA). Os resultados obtidos nesse trabalho indicam que o biossensor baseado no dispositivo de estado sólido ISFET parece ser adequado para o desenvolvimento de técnicas robotizadas de baixo custo para a monitoração de AB no pescado.

**PALAVRAS-CHAVE:** biossensor, aminos biogênicas, qualidade do pescado

## 1. INTRODUÇÃO

As más condições de manipulação, armazenamento e transporte do pescado contribuem para a perda de sua qualidade e deterioração. A conservação do pescado é um ponto crítico de controle, uma vez que a cinética de sua decomposição é alta e parece estar associada aos métodos de captura utilizados e à presença de microrganismos nas águas. Ao mesmo tempo, a microbiota natural, localizada principalmente nos intestinos, brânquias e limo superficial parece acelerar a deterioração do pescado.

### 1.1 Panorama da pesca industrial no Brasil e no mundo

A pesca industrial produziu, em 2010, no mundo, cerca de 78 milhões de toneladas de pescado. Entende-se por pescado tudo aquilo que pode ser retirado de águas oceânicas ou interiores e que possa servir para alimentar o homem ou os animais. É um termo genérico, envolvendo peixes, crustáceos, moluscos, algas, entre outros.

A Ásia lidera a pesca mundial, com a captura de 41,5 milhões de toneladas de pescado, seguida da Europa (13,5 milhões toneladas), América Central e do Sul (11,6 milhões de toneladas), América do Norte (5,5 milhões de toneladas), África (4,9 milhões de toneladas) e Oceania (1,2 milhões de toneladas). É interessante observar que a captura de pescado provém principalmente do Oceano Pacífico (59%), seguido do Oceano Atlântico (27%), e do Oceano Índico (14%).

Embora tenha havido estímulos à industrialização pesqueira por parte do governo brasileiro, a indústria pesqueira nacional atingiu, em 2010, a marca de 537 mil toneladas, significativamente inferior aos nossos vizinhos, Peru (4,2 milhões de toneladas), Chile (3 milhões de toneladas) e Argentina (736 mil toneladas). No caso do Brasil, os estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo apresentam uma participação média de aproximadamente 20%, 17%, 12% e 11%, respectivamente, somando cerca de 60 da produção nacional.

## 1.2 Necessidades apresentadas por este setor da indústria no Brasil

As práticas industriais inadequadas praticadas no Brasil, onde o quadro é precário em quase todos os locais de descarga de pescado fresco, e sua passagem por um ou mais intermediários em sua viagem do pescador ao consumidor final, contribuem decisivamente para a perda da qualidade e a deterioração do produto disponível ao consumidor nas feiras livres, mercados, peixarias e supermercados do País. Ao mesmo tempo, a indústria também é prejudicada pelo recebimento de matéria-prima de qualidade inferior à desejável.

O pescado requer mais cuidados, pois é significativamente perecível e requer condições sanitárias adequadas desde o momento de sua captura até a sua preparação, comercialização e consumo, e sua conservação é um ponto crítico de controle, uma vez que a decomposição ocorre rapidamente, em decorrência dos métodos de captura, que provocam morte lenta, e dos consideráveis danos mecânicos. Outro fator importante refere-se aos inúmeros microrganismos presentes nas águas, bem como à microbiota natural do pescado, localizada principalmente nos intestinos, brânquias e limo superficial, fatores que aceleram o início da deterioração.

Os procedimentos de conservação envolvem treinamento humano adequado e devem ser feitos ainda na embarcação, incluindo a evisceração, para eliminação das bactérias e enzimas digestivas; o descabeçamento, para a redução da carga microbiana presente nas guelras; a lavagem, para a efetivação dos procedimentos anteriores, com a redução de resíduos de sangue; e o acondicionamento e a estocagem em frio, para inibir a atividade bacteriana e enzimática.

Nessa perspectiva, a segurança alimentar é um tema de extrema importância para a saúde pública brasileira. De um lado, uma enorme parcela da população sobrevive em condições precárias, de extrema pobreza, sem acesso ao alimento necessário à sua subsistência; de outro, a parcela que se alimenta e acaba muitas vezes exposta a graves riscos, como o de adquirir doenças veiculadas por alimentos.

## 1.3 O pescado e a alimentação escolar

Uma alimentação escolar de qualidade e com variedade traz benefícios como a melhoria da capacidade de aprendizagem, a formação de bons hábitos alimentares, além de ser mais atrativa aos alunos, sendo um fator importante na redução da evasão escolar.

O pescado é um alimento saudável, que possui alto valor nutricional, rico em proteínas e nutrientes como cálcio, potássio, selênio, ferro, iodo, vitaminas A, D e do complexo B, além do ômega-3, um ácido graxo que, segundo pesquisas científicas amplamente divulgadas, é fundamental para o desenvolvimento do sistema nervoso das crianças, facilitando a aprendizagem e a atividade mental.

A inclusão do pescado nas escolas vai ao encontro das diretrizes do Programa Nacional de

Alimentação Escolar (Pnae), como o emprego da alimentação saudável e adequada, que compreende o uso de alimentos variados, seguros e que respeitem a cultura e as tradições alimentares, contribuindo para o desenvolvimento do aluno em conformidade com a faixa etária, sexo, atividade física e o estado de saúde dos escolares. Além de considerar que essa inclusão permite a criação de uma demanda por alimentos com forte estímulo ao desenvolvimento socioeconômico local.

No dia 22 de outubro de 2013, em Brasília, o Ministério da Pesca e Aquicultura e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) assinaram um acordo de cooperação que visa ao desenvolvimento de ações de incentivo para a inserção do pescado na merenda escolar. Segue um trecho com parte da declaração do presidente do FNDE, publicado no site da Agência Brasil:

“O presidente do FNDE, Antônio Corrêa Neto, destacou o valor nutricional do pescado e disse que é preciso discutir também investimentos em infraestrutura para ampliar a presença do alimento nas refeições servidas em escolas. ‘Temos que, cada vez mais, divulgar a utilização do pescado na merenda escolar, trabalhar na infraestrutura das escolas e também para os produtores na questão do transporte. Temos que investir na infraestrutura de armazenagem e investir nos cardápios nas escolas para criar refeições com pescado’, disse.”

### **1.3.1 Panorama da inclusão do pescado**

Uma pesquisa realizada em 2012 pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), em parceria com o FNDE, sobre a inclusão do pescado na alimentação escolar, em 2011, mostrou que, de um total de 1.884 municípios, 34% afirmaram que houve inclusão do pescado na alimentação escolar, enquanto 66% alegaram não ter incluído o pescado nos cardápios.

Se considerarmos a média do consumo do pescado na alimentação escolar, obteve-se o consumo per capita de 41,4 g/aluno/refeição, que representa um valor insuficiente quando comparado à recomendação de 12 kg/habitante/ano da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Dentre os desafios apresentados à inclusão do pescado na merenda escolar (ver gráfico da figura1), observamos que 34% (transporte inadequado: 10%, infraestrutura inadequada de armazenamento/conservação: 9%, falta de inspeção sanitária: 6%, falta de infraestrutura: 5% e recursos humanos para manipulação do pescado: 4%) estão diretamente ligados aos motivos de degradação da carne do pescado, o que corresponde a aproximadamente um terço dos problemas com a inclusão. Sendo assim, o monitoramento da qualidade da carne do pescado se torna um ponto de grande importância e necessidade para que se cumpra o compromisso de qualidade de direito do consumidor, no caso, o aluno.

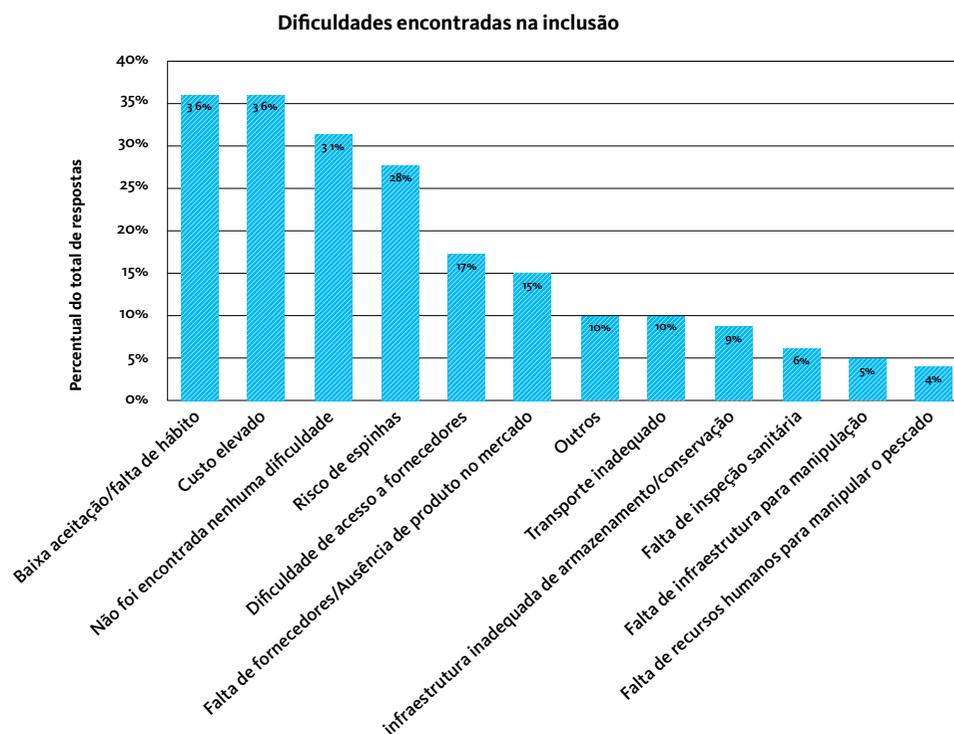


Figura 1– Dificuldades encontradas na inclusão do pescado  
 Fonte: Brasil, 2013.

#### 1.4 Relevância do estudo desta nova técnica de sensoriamento

A qualidade do pescado pode ser avaliada por métodos sensoriais, microbiológicos ou físico-químicos. Entretanto, devido à subjetividade dos métodos sensoriais e à demora e custo elevado para execução de testes microbiológicos, métodos químicos que quantifiquem os produtos derivados da atividade enzimática endógena e bacteriana têm sido desenvolvidos nesta avaliação. Muitos índices químicos para controle de qualidade estão baseados nas alterações quantitativas ou qualitativas de compostos da fração nitrogenada não proteica do pescado. Essa fração engloba substâncias de baixo peso molecular de diversas origens, particularmente as bases nitrogenadas. A atividade enzimática pode causar uma alteração na concentração desses compostos ou originar outros diferentes. A detecção de alterações progressivas dessas substâncias no pescado durante o armazenamento é o primeiro requisito para considerar tais substâncias como potenciais índices de frescor.

Os métodos químicos para acompanhamento do frescor do pescado baseiam-se na determinação de diversos compostos gerados pelas mudanças dos compostos presentes no

músculo, causados por enzimas endógenas ou exógenas. Os testes químicos usados com maior frequência envolvem a determinação de bases nitrogenadas voláteis totais (BNVT), incluindo a amônia, determinação de trimetilamina (TMA), determinação de dimetilamina (DMA), determinação de histamina e outras aminas pesadas, determinação de nitrogênio não proteico (NNP), determinação de aminoácidos livres (AAL), determinação de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e a determinação de produtos de degradação dos nucleotídeos, especialmente de inosina e hipoxantina. Entretanto, os métodos de análise até então desenvolvidos são demorados e requerem equipamentos de elevado custo, a exemplo do espectrofotômetro de fluorescência.

O acetato de celulose é um polímero, de fonte renovável, que pode ser moldado em diferentes formas tais como membranas, fibras e esferas. É possível combinar suas propriedades mecânicas com as propriedades próprias de um composto inorgânico, e com isso materiais híbridos orgânico/inorgânicos vêm sendo preparados. Os materiais híbridos têm demonstrado ampla versatilidade para diversas aplicações, tais como processos de troca, osmose reversa, como substrato para imobilização de enzimas, membranas semipermeáveis e como substrato para a imobilização de espécies eletroativas para o desenvolvimento de novos sensores eletroquímicos.

Neste contexto, o presente trabalho possui relevância devido à escassez de estudos no Brasil e na literatura internacional relacionados à obtenção de sensores eletrônicos para a determinação da qualidade de pescados, e à importância social e econômica que representa para várias regiões do País, como também no âmbito escolar.

## 2. OBJETIVOS PROPOSTOS

### Objetivo Geral

O objetivo geral dessa proposta é o desenvolvimento de biossensores eletroquímicos de baixo custo para a detecção de aminas biogênicas para a monitoração da qualidade do pescado.

### Objetivos específicos

- (a) Modificar quimicamente e fisicamente o biopolímero celulose para utilização como transdutor em sensores amperométricos.
- (b) Caracterizar, por meio de técnicas espectroscópicas, térmicas, molhabilidade e elétricas, o transdutor obtido.
- (c) Imobilização do bioconjugado PAMAM-AMO no material transdutor, seguido de ensaio de utilidade.

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Preparação das membranas

As membranas de acetato de celulose utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir do bagaço de cana purificado. Inicialmente, adicionou-se ácido acético glacial à celulose previamente extraída e agitou-se por 30 min à temperatura ambiente (25°C). Em seguida, adicionou-se uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em ácido acético glacial (1:10) e submeteu-se à agitação por 30 min a 25°C. A mistura foi filtrada e lavada com água destilada e seca sob fluxo de ar a 60°C por 24 h. O processo de acetilação da celulose foi acompanhado por espectroscopia no infravermelho, utilizando um espectrofotômetro FTIR da marca Perkin Elmer, modelo Spectrum 100.

Para o processo de eletrofição, uma quantidade de acetato de celulose foi dissolvida em uma mistura de acetona/dimetilacetamida 2:1 de modo a se preparar uma solução polimérica na concentração de 17% (m/v). O sistema de eletrofição utilizado neste estudo foi constituído por uma seringa de 10 ml e agulha de aço inoxidável de 0,92 mm de diâmetro, com uma bomba infusora de seringa, uma fonte de alta tensão (10-20 kV) e uma placa coletora aterrada. As soluções foram eletroafiadas a uma tensão positiva de 15 kV, com uma distância da ponta ao coletor de 15 cm a uma vazão de 1 ml/h. Todos os procedimentos de eletrofição foram realizados à temperatura ambiente (25 °C).

As membranas ACE sofreram funcionalização com solução a 5% (m/v) de 1,4- diazobicyclo [2,2,2] octano (DABCO® 33-LV, Sigma Aldrich) em acetato de etila por 16 horas sob refluxo. Após lavagem exaustiva da membrana, com tampão fosfato-salina (PBS, 50 mM, pH 7,2) a membrana de ACE foi incubada com solução do bioconjugado PAMAM-AMO (100 UI, Sigma-Aldrich), na presença de EDC (50 mmol.L<sup>-1</sup> por 24h a 4°C). Após imobilização, a membrana de ACE-i-AMO foi lavada com solução tampão PBS (50 mM, pH=7,2) para remover a enzima AMO não ligada covalentemente seguida de liofilização.

O dispositivo biossensor foi desenvolvido a partir de um MOSFET comercial CD4007 da Texas Instrument. Utilizou-se o eletrômetro Keythley serie 2600A System SourceMeter® modelo 2612A integrado a um computador para a aquisição do sinal elétrico do dispositivo.

#### 3.2 Descrição das técnicas físico-químicas de análise utilizadas nesse trabalho

##### 3.2.1 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier

A espectroscopia no infravermelho (FTIR) é considerada uma das técnicas analíticas mais importantes disponíveis atualmente, pois pode analisar grande parte das amostras em qualquer estado físico. A radiação infravermelha (IR) corresponde aproximadamente a parte do espectro eletromagnético, situada entre as regiões do visível e microondas. A porção de

maior utilidade na análise e identificação de materiais está situada entre  $4000\text{ cm}^{-1}$  e  $400\text{ cm}^{-1}$ , o chamado infravermelho médio. Sendo assim, é possível identificar grupos funcionais atuantes. O equipamento FTIR utilizado foi um espectrofotômetro IR da marca PerkinElmer, modelo Spectrum 100 FT-IR (figura 2).



Figura 2 – Aparelho utilizado para a análise FTIR (1), base e cristal do espectrofotômetro (2), amostra sendo pressionada contra o Cristal pela punção para análise (3)

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.2 Ângulo de contato

A análise do ângulo de contato é dada por uma técnica que determina o valor, em graus, que uma determinada substância líquida forma com uma superfície. Esse ângulo, também chamado de ângulo de molhabilidade, indica a relação entre as forças coesivas do líquido e as forças adesivas entre o sólido e o líquido, e é causado pela manifestação macroscópica da interação molecular entre eles. O ângulo de molhabilidade é determinado por meio da competição entre as duas forças, sendo que a coesiva tende a formar uma gota esférica e a adesiva a espalhar o líquido sobre o sólido. A superfície é considerada hidrofílica, ou molhante, quando este ângulo for menor que  $90^\circ$ , e hidrofóbica, ou não molhante, quando for maior que  $90^\circ$ . Foi utilizado um equipamento da marca Kruss, modelo Dsa10 (figura 3).



Figura 3 – Equipamento utilizado para a medida do ângulo de contato: visão geral do equipamento (1), membrana sobre o suporte frente à câmera para captação da imagem (2)

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.3 Intumescimento

O intumescimento trata do processo de sorção de substâncias líquidas por materiais poliméricos, e é um importante fator na correlação entre a biocompatibilidade e as propriedades de superfície. Geralmente após o intumescimento, observa-se um efeito plastificante no material polimérico que amplifica os processos de transições e relaxações moleculares.

O estudo de intumescimento foi efetuado em solução fisiológica salina (cloreto de sódio a 0,9% - Laboratório Tayuyna Ltda.) a 25°C, pesando as amostras em balança analítica a cada período de 20 segundos após imersão na solução fisiológica. Obteve-se então a relação de adsorção calculada por:

(1)

Sendo  $M_t$  e  $M_\infty$  as massas de água absorvidas no tempo  $t$  e no equilíbrio do intumescimento, respectivamente.

O mecanismo de transporte e a cinética de intumescimento podem ser descritos pela equação (2):

(2)

onde  $n$  indica o tipo de transporte na membrana e  $k$  uma constante de difusão que depende do material e do meio de intumescimento.

Esta equação pode também ser linearizada de acordo com a equação (3):

(3)

Quando a concentração inicial do agente permeante é constante na superfície e atinge o equilíbrio de intumescimento, a solução da equação acima assume uma outra forma que, quando integrada, promove a obtenção da massa absorvida pelo polímero em função do tempo, desta maneira:

(4)

onde  $h$  representa a espessura inicial da membrana e  $D$  o coeficiente de difusão.

Com os dados obtidos foi possível construir os gráficos  $\log [M_t/M_\infty]$  versus  $\log t$  e  $\ln [1-M_t/M_\infty]$  versus tempo. A análise dos gráficos permitiu a determinação do tipo de transporte ( $n$ ) e do coeficiente de difusão ( $D$ ) da água nas membranas de ACE.

### 3.2.4 Propriedades elétricas - condutividade

A condutividade trata de uma medida da capacidade, da superfície do inerente ao material, para conduzir a energia elétrica pela passagem de cargas elétricas de um ponto ao outro do material, sobre a forma de corrente elétrica.

As propriedades elétricas das membranas de acetato de celulose foram determinadas utilizando-se um eletrômetro Keythley serie 2600A System SourceMeter® modelo 2612A (Two channel SMU) (figura 4). A condutividade ( $\sigma$ ) das membranas foi obtida a partir das medidas de densidade de corrente (J) versus campo elétrico (E), de acordo com a equação (5):

(5)



Figura 4 – Sistema montado para a medição (1), fonte Keythley (2), sistema de eletrodos isolados ligados ao tipo dois fios (3)

### 3.2.5 Microscopia eletrônica de varredura

A técnica MEV tem a função de caracterizar a morfologia e a topografia da superfície de materiais. Essa caracterização se dá por meio de imagens detalhadas obtidas com altas taxas de ampliação. Seu princípio de funcionamento é baseado na incidência de um feixe de elétrons sobre a amostra, criados a partir de um filamento de tungstênio, acelerados por uma diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo. Dependendo da condutibilidade do material, e se não for um bom condutor, é necessário que passe por um revestimento com um material condutor, como o ouro.

A porosidade das membranas de acetato de celulose eletrofiadas (ACE) obtidas foi analisada utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura da marca Shimadzu, modelo SS 50 (figura 5).



Figura 5 – Equipamento utilizado para análise MEV  
Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2.6 Análise termogravimétrica

A técnica TGA permite a análise da estabilidade térmica do material. Sob esse aspecto, o TGA permite a verificação do comportamento das membranas obtidas quando submetidas à variação de temperatura. Essa verificação é possível por meio do acompanhamento da perda e/ou ganho de massa que pode vir a ocorrer na amostra em função do tempo ou da temperatura, tudo por meio de um equipamento capaz de controlar e administrar a balança e a temperatura. Esse equipamento é formado basicamente por uma termobalança, cuja configuração é possível alterar, dependendo do fabricante, que permite a pesagem contínua da amostra em função da temperatura, independentemente se está aquecendo ou resfriando a amostra. A estabilidade térmica das membranas de acetato de celulose eletrofiadas (ACE) foi investigada utilizando uma balança termoanalítica da marca Mettler, modelo TA 4000 (figura 6), sob uma taxa de aquecimento de 10°C/min no intervalo de temperatura de 25 °C a 800°C em atmosfera de nitrogênio (150 ml/min).

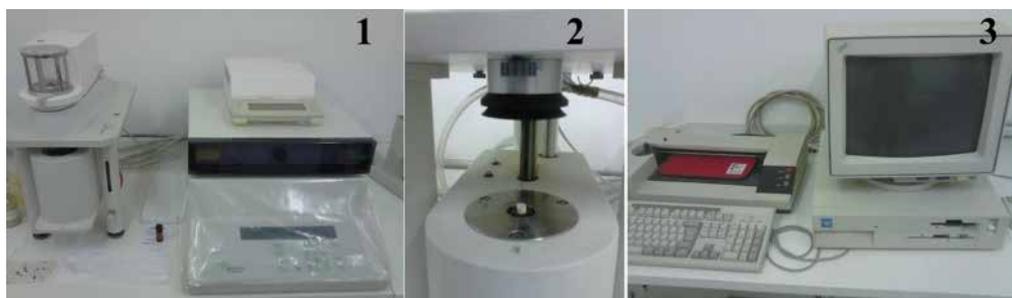


Figura 6 – Aparelho de análise TGA, com painel de controle (1), detalhe da termobalança (2), computador utilizado para programar a operação e, posteriormente, coletar os resultados (3)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise por FTIR (figura 7) apresentou bandas de absorção características de materiais acetilados, sendo observada absorção entre 1716 e 1744  $\text{cm}^{-1}$ , 1231 e 1276  $\text{cm}^{-1}$ , 1335 e 1446  $\text{cm}^{-1}$ ; e entre 1335 e 1446  $\text{cm}^{-1}$  correspondendo aos grupos funcionais C=O, C-C-O, C-O e CH<sub>3</sub>, respectivamente. Pode-se destacar a presença de absorção em 1640  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponde à capacidade de absorção de água.

A membrana de ACE atuará como transdutor eletroquímico, transformando o sinal produzido pela interação entre o sistema de reconhecimento e o analito detectado em um sinal elétrico, proporcionando uma informação analítica quantitativa específica. Por este motivo, a membrana de ACE deve proporcionar aumento da mobilidade dos elétrons e também da condutividade.

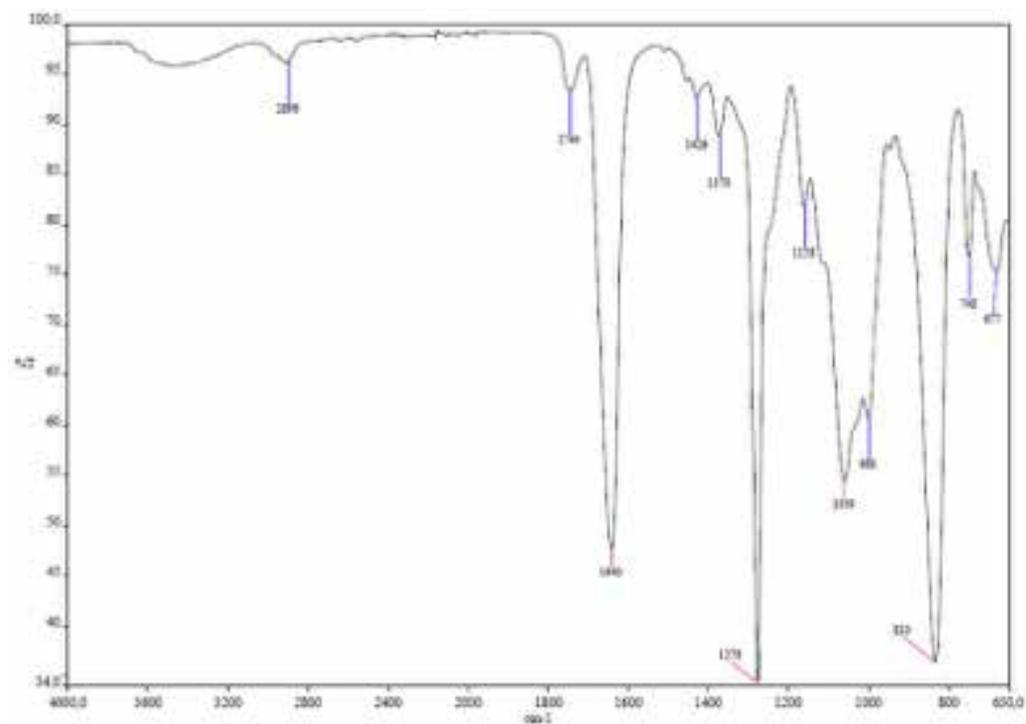


Figura 7 – Espectro FTIR da membrana ACE

Fonte: Elaborada pelo autor.

O processo de intumescimento apresentou resultados satisfatórios para o coeficiente de difusão “D” (figura 8B) e o tipo de transporte “n” (figura 8A), considerando que o valor de “D”,  $9,27 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{s}$  foi relativamente maior que o apresentado pelas membranas de acetato de celulose puro encontrado na literatura, que estão na casa de  $10^{-12} \text{ mm}^2/\text{s}$ , e “n” mostrou comportamento fickiano 0,137. Considerando o valor abaixo de 0,45, isso significa que possui uma relaxação das cadeias macromoleculares maior do que a velocidade de difusão.

O coeficiente de difusão varia com a espessura, entendendo que, em polímeros vítreos como o acetato de celulose, dependendo da preparação da membrana o estresse causado pode provocar diferentes tipos de organização, resultando em um material com diferentes propriedades.

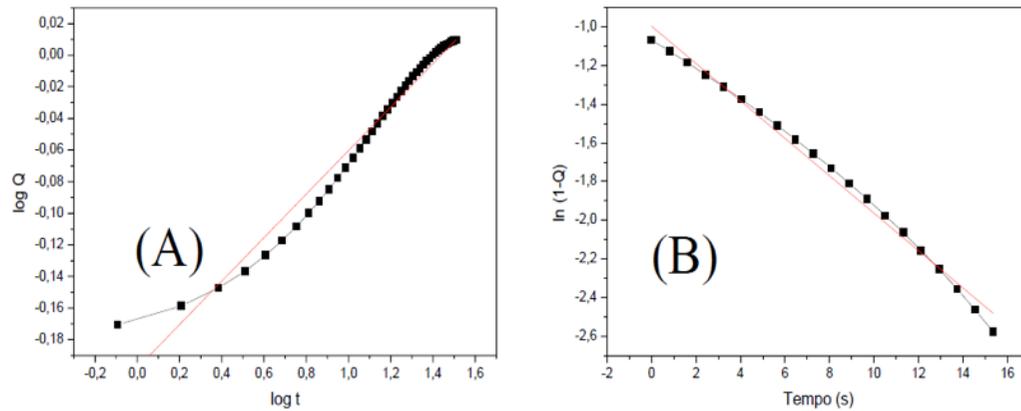


Figura 8 – (A)  $\text{Log}(Q) = 0,137 * \text{Log}(t) - 0,198$  e  $R^2 = 0,967$ ; (B)  $\ln(1-Q) = 4,52 \times 10^{-5} * t - 0,995$  e  $R^2 = 0,990$ . Ajuste polinomial dos dados experimentais utilizando o programa OriginPro 8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados de  $J-E$  da membrana de ACE obtidos pelo método de 4 pontos estão representados na figura 9. A condutividade da membrana calculada pelo valor coeficiente angular da figura 2 indicou um valor de  $8,3 \text{ S.cm}^{-1}$ . A elevada condutividade observada na membrana de ACE destaca a potencialidade do uso dessas membranas no projeto de biossensores amperométricos.

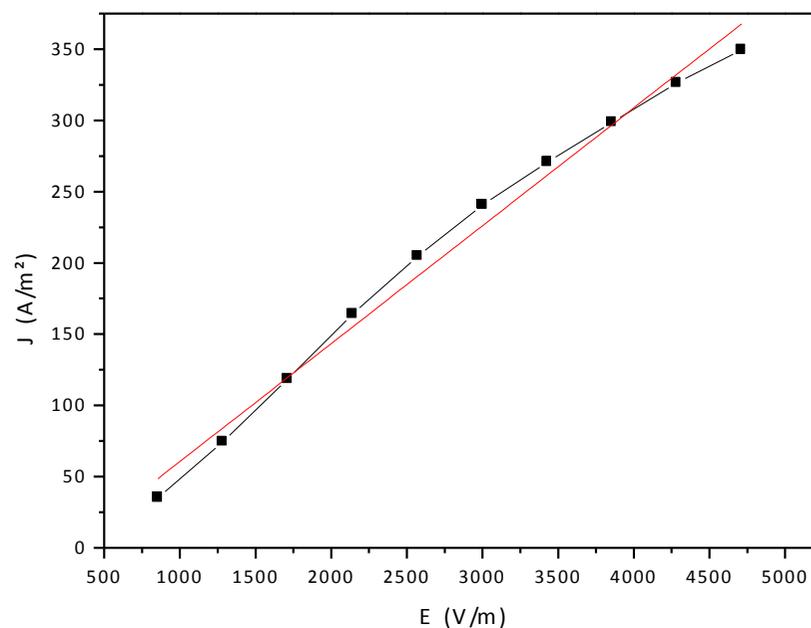


Figura 9 – Curva  $J-E$  da membrana de ACE obtida a  $25^\circ\text{C}$ .  $J = 0,08275 * E - 22,144$  e  $R^2 = 0,974$

A figura 10 mostra as micrografias MEV da membrana de ACE. A análise das imagens revela uma estrutura geral de membrana uniforme, sem a presença de aglomerados, e um diâmetro médio de poros igual a  $2,98 \pm 0,805 \mu\text{m}$  (medido com o software Image Tool). A porosidade das membranas ACE favorece o processo de imobilização da enzima AMO, uma vez que possuem elevada área superficial.

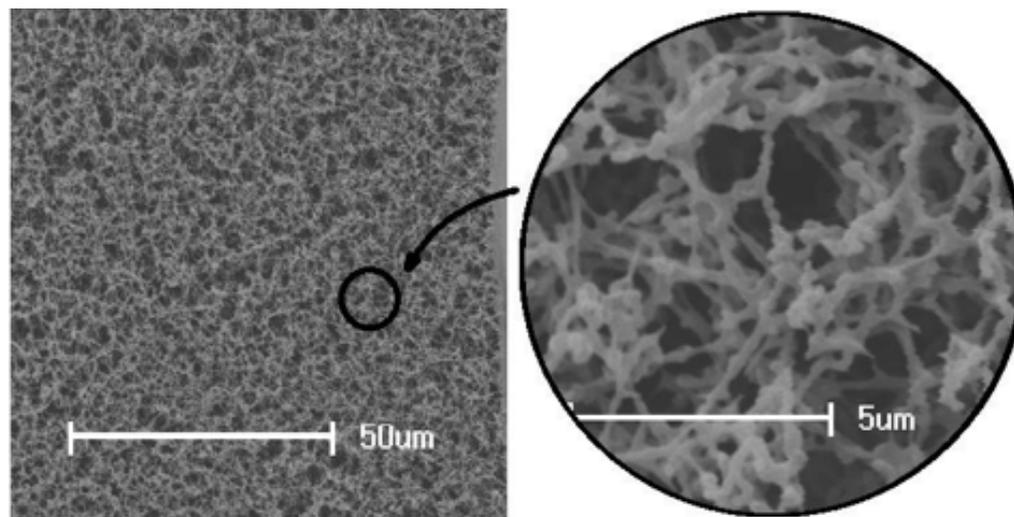


Figura 10 – Micrografia MEV da membrana de ACE  
Fonte: Elaborada pelo autor.

Em concordância com os dados apresentados acima, o ângulo de contato se igualou a zero, ou seja, como observado no espectro FTIR, a porosidade verificada através da micrografia MEV é responsável pela grande capacidade de absorção da membrana, devido ao aumento da área superficial de contato, favorecendo também uma maior condutividade, como verificado acima.

As curvas TGA/DTGA de ACE estão apresentadas na figura 11. A primeira etapa de degradação entre 25°C e 200 °C parece estar associada à evaporação de voláteis orgânicos ou à evaporação da água residual absorvida pela membrana. A segunda etapa se inicia em 200 °C e termina em 300 °C, onde se observa uma perda de massa de aproximadamente 60% e pode estar relacionada à degradação térmica das cadeias de acetato de celulose. A terceira etapa, que se inicia em aproximadamente 250 °C e termina em 400 °C, está relacionada à completa carbonização do material. Observou-se que a membrana de ACE apresenta baixa estabilidade térmica quando comparada à literatura, o que significa que sua porosidade tornou o material mais vulnerável e sensível em altas temperaturas. Essa observação se deve ao aumento da área de contato intramolecular, que se criou com a abertura dos poros, facilitando a degradação. Entretanto, a membrana apresenta boa estabilidade térmica para sua utilização no projeto de dispositivos biossensores.

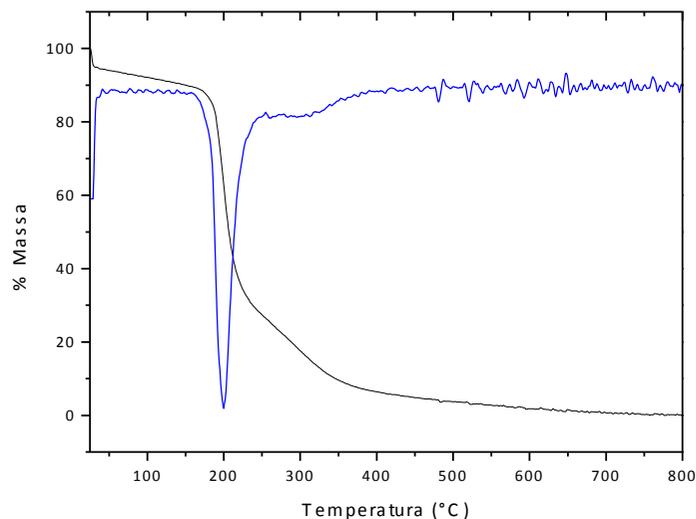


Figura 11 – Curvas de TGA e DTGA da membrana de ACE.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A utilidade do dispositivo biossensor foi ensaiada com relação à sua sensibilidade à amina biogênica metilamina (ABM). A análise estatística dos resultados apresentados na figura 12 indica que o dispositivo mostrou uma relação linear significativa entre a resposta elétrica e a concentração da ABM com  $R^2 = 0,994$ .

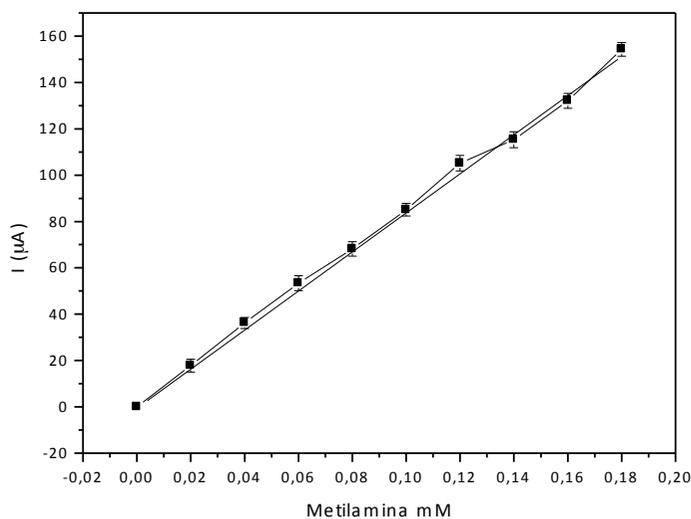


Figura 12 – Curva resposta da corrente em função da concentração da amina biogênica metilamina medida em solução PBS 20 mM, pH = 7,4 à temperatura de 25 °C.  $I = 835,34 \cdot C + 1,58$  ( $R^2 = 0,994$ )

Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5. CONCLUSÃO

O biossensor desenvolvido nesse trabalho se mostrou viável e funcional para a determinação da qualidade do pescado, já que foi possível notar o aumento da condutância com o aumento das concentrações de ABM. A eletrofiliação potencializou suas propriedades físico-químicas como a hidrofiliabilidade, devido à grande área superficial em relação ao volume e à porosidade. O processo de intumescimento fez com que a membrana melhorasse suas propriedades elétricas, como a diminuição da resistência e resistividade e, com isso, o aumento da condutividade. A análise térmica mostrou um biossensor com estabilidade térmica suficiente para suportar as condições a que será exposto. Com esses dados, dizemos que a membrana poderá exercer, com grande eficiência, o processo de condução eletrônica na interface analito-transdutor. Podemos ainda ressaltar que se trata de um biossensor de baixo custo.

A utilização do biossensor em prol da segurança alimentar escolar seria uma grande maneira de utilizar a tecnologia em favor da sociedade, como uma ferramenta que traria uma nova política de controle mais rígido da qualidade dos alimentos, com ganho para o aluno, garantindo que ele possa usufruir de todos os benefícios do pescado, e com uma alimentação mais diversificada na merenda escolar.

### 1. METAS FUTURAS

O próximo passo para esta pesquisa será aperfeiçoar o biossensor para detectar concentrações cada vez menores de ABM na carne do pescado.

Por fim, a obtenção de patentes nacional e internacional do dispositivo biossensor e a transferência de tecnologia para os setores privado e governamental, por meio dos órgãos competentes da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. *Governo quer aumentar consumo de pescados na alimentação escolar*. Publicado em 22 de outubro de 2013. Disponível em <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-10-22/governo-quer-aumentar-consumo-de-pescados-na-alimentacao-escolar>>.

BARROS C.G. Perda da qualidade do pescado, deterioração e putrefação. *Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV)*, v. 2, nº 30.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto no 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelos decretos nº 1.255, de 25 de julho de 1962, nº 1.236, de 2 de setembro de 1994, nº 1.812, de 8 de fevereiro de 1996, nº 2.244, de 4 de junho de 1997. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal –

R.I.I.S.P.O.A. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. *Inclusão de pescado na alimentação escolar*. Nota técnica nº 004/2013 – CGPAE/DIRA/FNDE. 11 de julho de 2013, Brasília.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. *Pescado Na Alimentação Escolar*. Publicado em 7 de julho de 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/infraestrutura-e-fomento/62-fomento/147-pescado-na-alimentacao-escolar>>.

EHIRA S., UCHIYAMA H. Determination of fish freshness using the K value and comments on some other biochemical changes in relation to freshness. In: KRAMER, D. E;

LISTON, J. (Eds.). *Seafood quality determination*. Amsterdam: Elsevier Science, 1987.

FARIAS, Mônica G.; de LIMA, Ronaldo F. M.; de CARVALHO, Carlos W. P. *Efeito do Ângulo de Contato e Atividade de Água em Filmes de Amido com Polpa de Fruta*. III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA - SPC 2011.

FORSYTHE S J. *Microbiologia da segurança alimentar*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LAPA-GUIMARÃES J. *Aminas biogênicas, aminas voláteis, triptofano livre e uréia como índices químicos de qualidade e frescor do pescado*. Tese de Doutorado Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

MAGOSSO, H. A.; ARENAS, L. T.; FATTORI, N.; GUSHIKEM, Y. Desenvolvimento de um novo adsorvente a base de acetato de celulose modificado com DABCO: síntese, caracterização e aplicação. In: *Anais da 34ª RASBQ*, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T1722-1.pdf>.

MARINE MANAGEMENT ORGANISATION (MMO) UK Sea Fisheries Statistics 2011: Overview of the World Fishing Industry em <http://www.thefishsite.com/articles/1520/mmo-overview-of-the-world-fishing-industry>. Acesso em: 1 de junho de 2013.

OETTERER M. Proteínas do pescado - processamento com intervenção protéica. In: OETTERER, M.; REGITANO D'ARCE, M.A.; SPOTO, M.H.F. *Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Barueri: Editora Manole, 2006.

PORTAL BRASIL. *Pescado fará parte da merenda escolar*. Publicado em 22 de outubro de 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2013/10/pescado-fara-parte-da-merenda-escolar>>. Royal Society of Chemistry in association with. *Modern Chemical Techniques*. Unilever.

RUIZ-CAPILLAS C, MORAL A. Production of biogenic amines and their potential use as quality control indices for hake (*Merluccius merluccius*, L) stored in ice. In: *Journal of Food Science*, v. 66, n. 7, 2001.

SCHIRONE P, TOFALO M, SUZZI G. Biogenic amines in raw and processed seafood. *Frontiers in Microbiology*, v. 3, 2012.

ZAMAN M Z, ABDULAMIR AS, BAKAR FA. A review: Microbiological, physicochemical and health impact of high levels of biogenic amines in fish sauce. In: i, v. 6, n. 6, 2009.

FALCÃO, Maria L. C. *Síntese e Caracterização de Estruturas Porosas de Quitosana pela Técnica de Separação de Fase para Aplicação Biomédica*. Dissertação de Mestrado. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2003.

Metalplating. *Condutividade Elétrica*. Disponível em:

<[http://www.metalplating.com.br/informacao\\_tecnica/condutividade\\_eletrica.html](http://www.metalplating.com.br/informacao_tecnica/condutividade_eletrica.html)>. Acessado em: 12 de novembro de 2013.

GUTIÉRREZ, Maria P.; LI, Haiyong; PATTON, Jeffrey. Thin Film Surface Resistivity. *In partial fulfillment of course requirements for Mate 210 Experimental Methods in Materials Engineering*, 2002

GOMES, João N. P. L. *Misturas de acetato de celulose-brometo de poli[[9,9- bis(6'-N,N,N-trimetilamônio)hexil]fluoreno-fenileno]: preparação, caracterização e cinética de liberação*. Dissertação de Mestrado. UC: 2010.

DENARI, Gabriela B.; CAVALHEIRO, Eder T. G. *Princípios e aplicações de análise térmica*. Material de apoio. IQSC, 2012.

ZHOU, Weitao; HE, Jianxin; CUI, Shizhong; GAO, Weidong. Studies of Electrospun Cellulose Acetate Nanofibrous Membranes. In: *The Open Materials Science Journal*, v.5, p. 51-55, 2011.

[25] MEIRELES, Carla da S. *Síntese e caracterização de membranas de acetato de celulose, obtidas do bagaço de cana-de-açúcar, e blendas de acetato de celulose com poliestireno de copos plásticos descartados*. Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

JOSÉ, Nadia M.; de SOUZA, Cleide M. L.; YOSHIDA, Inez V. P.; FELISBERTI, Maria

I. Síntese de Redes à Base de PDMS e Reticulantes Dendríticos. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. São Pedro: 2000.

MONTEIRO, Douglas S. *Reciclagem química do jornal para a produção de membranas de acetato de celulose pelo processo de acetilação homogêneo*. Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Instituto de Química da UFU, 2007.

#### PARA SABER MAIS

**Davi Benedito Oliveira**

davioliveira@unifei.edu.br

(35) 3644-1470 / (35) 8469-9389

**Álvaro Antônio Alencar de Queiroz**

(orientador)

alencar@unifei.edu.br

**3º LUGAR**

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO SUPERIOR



**KAMILA RAMPONI RODRIGUES DE GODOI**

Universidade Estadual de Campinas  
(Unicamp) Campinas - SP

### **Avaliação da incorporação de fitoesteróis livres e esterificados como agentes estruturantes em bases lipídicas para aplicação em alimentos**

#### **RESUMO**

As questões controversas acerca do papel dos ácidos graxos trans na alimentação ocasionaram modificações progressivas na legislação, visando à inclusão de mais informações para os consumidores. Em resposta, as indústrias brasileiras optaram pela substituição progressiva da gordura trans em diversos produtos, por meio do desenvolvimento de bases gordurosas com funcionalidade e viabilidade econômica equivalente às gorduras parcialmente hidrogenadas, acarretando, entretanto, aumento substancial do teor de ácidos graxos saturados nos alimentos. No momento atual, a ciência de lipídios visa a definir alternativas para um problema extensamente discutido pelas organizações de saúde no mundo, que consiste em limitar o teor de gordura saturada nos alimentos disponíveis à população. A redução da gordura saturada em bases lipídicas de uso industrial não é factível mediante a utilização isolada de processos convencionais de modificação, como o fracionamento ou a interesterificação, pois o potencial de redução dos níveis de ácidos graxos saturados por estes meios é significativamente limitado. Em contrapartida, o uso de agentes estruturantes ou modificadores do processo de cristalização, como triacilgliceróis específicos, glicerídeos parciais e alguns emulsificantes, tem sido indicado como a única alternativa viável para a obtenção de gorduras low sat, com propriedades compatíveis à aplicação em alimentos. Neste contexto, os fitoesteróis – lipídios minoritários com ação hipocolesterolêmica natural comprovada – apresentam-se como uma opção bastante recente para a estruturação de matrizes lipídicas. Este projeto de pesquisa teve como objetivo o desenvolvimento de bases gordurosas zero trans, com teores reduzidos de ácidos graxos saturados, por meio de misturas contendo

óleo de palma e óleo de canola, utilizando fitoesteróis livres e esterificados como potenciais agentes estruturantes. De acordo com testes preliminares, selecionou-se a mistura de fitoesteróis livres para o estudo devido aos resultados favoráveis para o aumento no teor de sólidos e modificação da cinética de cristalização do óleo de palma. A fim de verificar o comportamento dos fitoesteróis livres na presença de outro estruturante, foi utilizado, adicionalmente, óleo de soja totalmente hidrogenado, componente avaliado em outros projetos deste grupo de pesquisa. A adição de óleo de canola ao óleo de palma mostrou-se eficiente na redução do teor de ácidos graxos saturados e aumento de ácidos graxos insaturados nas misturas, mesmo com a incorporação do óleo de soja totalmente hidrogenado. A adição destes estruturantes revelou-se eficiente para o aumento do teor de sólidos e na consistência das misturas em que o uso isolado dos fitoesteróis livres foi eficaz, resultado condizente com os aspectos gerais observados para microestrutura das misturas. O hábito polimórfico das misturas correspondeu às formas predominantes nos óleos de canola e palma, em suas respectivas proporções. Com tais resultados, foi possível concluir que os fitoesteróis livres mostraram-se eficazes como estruturantes, podendo viabilizar a aplicação das misturas avaliadas em produtos alimentícios.

**PALAVRAS-CHAVE:** fitoesteróis, óleos vegetais, colesterol, cristalização, lipídeos

## 1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista dietético e nutricional, os óleos e gorduras são nutrientes essenciais da dieta humana, apresentando papel vital, mediante o fornecimento de ácidos graxos essenciais e energia. Em adição às qualidades nutricionais, eles proveem consistência e características de fusão específicas em alimentos, atuando como meio de transferência de calor durante o processo de fritura e como carreadores de vitaminas lipossolúveis e aroma. Além disso, os lipídios afetam a estrutura, estabilidade, sabor, qualidade de estocagem, características sensoriais e visuais dos alimentos (O'BRIEN, 2008).

Entretanto, a crescente incidência das doenças cardiovasculares no último século originou uma busca incessante pelos fatores de risco relacionados ao seu desenvolvimento. Vários estudos observaram a ingestão relativamente alta de gordura saturada (aproximadamente 17% da energia total) como a principal causa de elevação de colesterol plasmático, aumentando o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SANTOS et al., 2001; LIMA et al, 2000).

Tal efeito também foi observado no consumo de ácidos graxos trans. Estudos demonstram que a alta ingestão dessas gorduras ocasiona aumento da lipoproteína de baixa densidade (LDL) em grau similar ao causado pelas gorduras saturadas e, além disso, implica na diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) afetando a razão LDL/HDL de modo desfavorável. Portanto, a gordura vegetal parcialmente hidrogenada, presente em alimentos processados e rica em isômeros *trans*, deve ser evitada (WASSELL et al., 2010).

Em contrapartida, os ácidos graxos insaturados apresentam efeitos antiaterogênicos, resultando na diminuição das concentrações de colesterol associado a LDL (LIMA et al., 2000), o que fez com que estes compostos começassem a ser utilizados como alternativa para a aplicação em alimentos. Bierenbaum et al. (1991) verificaram que a substituição de 30g de óleos usuais na dieta por óleo de canola, potencialmente insaturado, resultou em decréscimo no nível plasmático de colesterol e LDL em indivíduos moderadamente hipercolesterolêmicos.

A partir disso, foram selecionadas as matérias primas deste estudo: o óleo de palma, com composição de 50% de ácidos graxos saturados e cerca de 50% insaturados, semissólido à temperatura ambiente, utilizado em shortenings e produtos de panificação (BASIRON, 2005; O'BRIEN, 2008); e o óleo de canola, com elevada quantidade de ômega-3, vitamina E, gorduras monoinsaturadas e baixo teor de gorduras saturadas (PRZYBYLSKI et al., 2006).

Além disso, lipídeos minoritários, chamados fitoesteróis, foram identificados como hipocolesterolêmicos naturais. Eles estão presentes em óleos vegetais, nozes, castanhas, cereais e feijões, sendo principalmente insaturados, correspondentes ao sitosterol, campesterol e estigmasterol, que possuem estruturas químicas semelhantes, diferenciando-se apenas pelas cadeias laterais (figura 1).

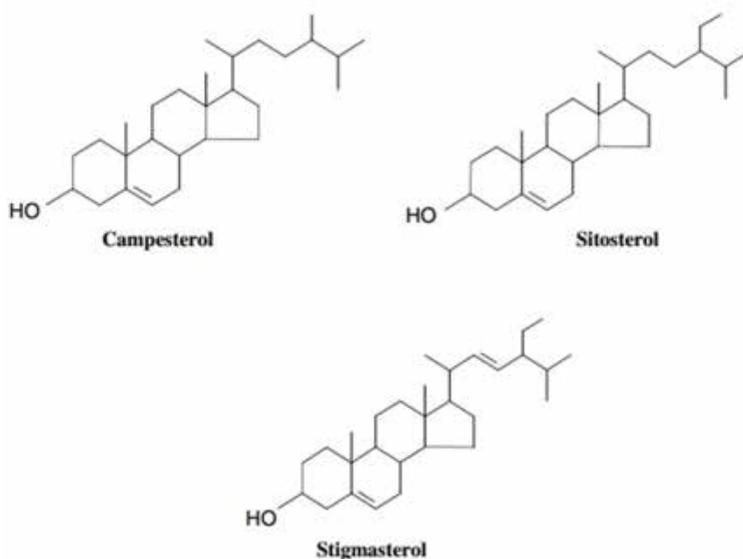


Figura 1 – Estrutura dos principais fitoesteróis  
Fonte: NICHOLS, SANDERSON, 2003.

A elevada mortalidade associada às doenças cardiovasculares e o papel das dislipidemias nessas patologias justifica a recomendação do uso destes fitoesteróis (CHAN et al., 2006). Estudos comprovaram que eles exercem efeitos na absorção do colesterol, no lúmen intestinal e no nível de colesterol intracelular, competindo com este no momento da absorção,

fazendo com que o colesterol seja excretado (DEVARAJ e JIALAL, 2006; OSTLUND, 2007).

Vários tipos de fitoesteróis mostram potencial de estruturação de óleos e gorduras para formar uma rede contínua de maior consistência, devido às modificações da rede cristalina, sendo considerados estruturantes promissores (CO e MARANGONI, 2012; WASSELL et al, 2010).

Bot e Agterof (2006) avaliaram misturas de fitoesteróis como estruturantes em óleos líquidos, com modificações expressivas de consistência observadas com concentrações de fitoesteróis entre 2 e 4%.

Atualmente, investigações acerca da funcionalidade e aplicabilidade dos fitoesteróis tem se intensificado. Calligaris et al. (2014) avaliaram a ação de sitosterol e orizanol como estruturantes em diversas bases lipídicas: óleo de linhaça, girassol, azeite de oliva extra virgem, trioleína e óleo de rícino contendo 5%, 10% e 20% dos estruturantes na proporção 3:2 (sitosterol:orizanol) em que a adição dos fitoesteróis provocou aumento de viscosidade, com eficiência para formação de organogéis. Em estudo semelhante, utilizando-se dos mesmos estruturantes, Alamprese et al. (2013) compararam as propriedades reológicas de organogéis adicionando os estruturantes em óleo de girassol para aplicação em manteiga, em concentrações de 3,1%; 3,5%; 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5% e 5,9% na proporção 3:2 (sitosterol:orizanol), obtendo aumento de consistência proporcionalmente à concentração de fitoesteróis. Os perfis das bases lipídicas foram adicionados de 5% e 5,9% com uso indicado para produtos cozidos, aumento do efeito antioxidante e hipocolesterolêmico.

Em relação a quantidade eficiente para melhorar o perfil lipídico, Jenkins et al (2006) demonstraram que a ingestão de 0,74g de fitoesteróis/dia, incorporados à manteiga, reduziu o colesterol total e o LDL em 15%, em 12 homens saudáveis, após quatro semanas. Com isso, estima-se que uma dieta hipocolesterolêmica, complementada com alimentos adicionados de fitoesteróis, possa diminuir o LDL colesterol em até 30%. Embora tais resultados sejam promissores, atualmente poucos alimentos são enriquecidos com o composto.

Com isso, este trabalho teve como proposta central avaliar o efeito estruturante de fitoesteróis em misturas de óleo de palma e óleo de canola em diferentes proporções, a fim de desenvolver novas gorduras que atendam às necessidades tecnológicas industriais e às exigências legislativas quanto à ausência de gorduras trans e baixo conteúdo de gordura saturada.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho foi o desenvolvimento de gorduras zero trans e low sat por meio da adição de fitoesteróis, em sua forma livre e esterificada, como potenciais modificadores da estrutura cristalina de misturas de óleo de palma com óleo de canola em diferentes proporções.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

- Óleo de palma (OP) refinado, fornecido pela Agropalma (Brasil);
- Óleo de canola (OC) refinado adquirido no comércio local;
- Mistura de fitoesteróis livres fornecida pela empresa Cognis (Brasil); composto majoritariamente por beta sitosterol (47,4%), campesterol (26,2%), estigmasterol (14%) e brasicasterol (3,6%).
- Mistura de fitoesteróis esterificados fornecida pela empresa Cognis (Brasil); composta majoritariamente por beta sitosterol (43,7%), campesterol (26,7%), campestenol (23%) e brasicasterol (2,4%).

- 

#### 3.2 MÉTODOS

##### 3.2.1 Testes preliminares

Nos testes preliminares de incorporação dos fitoesteróis, foi utilizado o óleo de palma (OP) como fase lipídica contínua. Para avaliação inicial da efetividade de incorporação de fitoesteróis, o OP foi aditivado com: i) fitoesterol livre (FL) e ii) fitoesterol esterificado (FE), nas concentrações de 0,5%, 1%, 3%, 5% e 10% (m/m).

Inicialmente, o óleo de palma para preparação das amostras foi fundido e, em seguida, foi realizado o preparo das misturas, adicionando-se a 10 g de óleo de palma a proporção referente a cada concentração de aditivo, em massa, sob agitação manual e aquecimento, até completa incorporação dos fitoesteróis. Após o preparo, as misturas foram mantidas sob congelamento até o momento das análises.

A escolha do fitoesterol para estudo, bem como a determinação de sua concentração para incorporação às misturas à base de óleo de palma e óleo de canola, foi baseada na avaliação dos parâmetros de comportamento térmico na cristalização, obtidos por Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC); e da cinética de cristalização, determinada em Espectrômetro de Ressonância Magnética Nuclear (RMN).

##### 3.2.2 Preparação das misturas

Este estudo foi realizado tomando-se o óleo de palma (OP) como gordura padrão zero trans e óleo de canola (OC), rico em ácidos graxos insaturados. Após a definição do uso de um fitoesterol específico e sua respectiva concentração, foram preparadas as misturas controle nas seguintes proporções OP:OC (m/m): 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 e 0:100, e designadas como 100:0C, 80:20C, 60:40C, 40:60C, 20:80C, 0:100C. As misturas controle foram aditivadas da seguinte forma: i) com incorporação de 10% (m/m) de fitoesterol livre, sendo designadas como 100:0FL, 80:20FL, 60:40FL, 40:60FL, 20:80FL e 0:100FL; ii), com incorpo-

ração de 10% (m/m) de FL e 5% (m/m) de óleo de soja totalmente hidrogenado (OSTH), ou hardfat (H) do óleo de soja, sendo designadas como 100:0H + FL, 80:20H + FL, 60:40H + FL, 40:60H + FL, 20:80H + FL e 0:100H + FL. Todas as matérias-primas lipídicas foram fundidas, e após a incorporação dos aditivos, os sistemas foram mantidos sob agitação simples até a homogeneização completa dos compostos. Após o preparo, as misturas foram mantidas sob congelamento até o momento das análises.

### 3.2.3 Caracterização das matérias-primas e misturas

**Composição em ácidos graxos:** foi determinada para as amostras puras de óleo de palma e óleo de canola em cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo QP 2010S) após esterificação, utilizando método de Hartman e Lago (1973). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram separados de acordo com o método AOCS Ce 2-66 (AOCS, 2009) em coluna DB-5ht Agilent, comprimento: 10 m, diâmetro interno: 0,32 mm, espessura do filme: 0,10  $\mu$ m. Condições de análise: temperatura do forno de 110°C - 5 min, 110°C - 215°C (5°C/min), 215°C - 24 min; temperatura do detector: 280°C; temperatura do injetor 250°C; gás de arraste: hélio; razão split 1:50; volume injetado: 1,0  $\mu$ L. A composição qualitativa foi determinada por comparação dos tempos de retenção dos picos com os dos respectivos padrões de ácidos graxos, e a composição em ácidos graxos das misturas foi calculada pela contribuição das proporções das matérias-primas, em termos de cada ácido graxo específico.

### 3.2.4 Caracterização físico-química das misturas

**Comportamento térmico:** A análise térmica das amostras foi realizada por Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC), conforme o método AOCS Cj 1-94 (AOCS, 2009), com modificações. O equipamento utilizado foi o analisador térmico TA Q2000 acoplado ao RCS90 Refrigerated Cooling System (TA Instruments, Waters LLC, New Castle). O sistema de processamento de dados utilizado foi o Universal V4.7A (TA Instruments, Waters LLC, New Castle). As condições de análise foram: peso da amostra: ~ 10 mg; curvas de cristalização: 80°C por 10 minutos, 80°C a -60°C (10°C/minuto), -60°C por 30 minutos. Foram utilizados os seguintes parâmetros para avaliação dos resultados: temperatura inicial de cristalização, temperaturas de pico de cristalização, entalpias de cristalização; e temperatura final de cristalização (CAMPOS, 2005).

**Isotermas de cristalização:** O aumento do conteúdo de gordura sólida em função do tempo de cristalização foi monitorado por Espectrômetro de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) BRUKER pc120 Minispec (Silberstreifen, Rheinstetten, Germany), com o compartimento de leitura estabilizado a 25°C. A aquisição de dados foi automática, com medidas tomadas a cada minuto. A caracterização da cinética de cristalização foi realizada segundo o período de indução ( $\tau_{SFC}$ ) – relativo ao início da formação dos cristais, teor máximo de sólidos ( $SFC_{m\acute{a}x}$ ). O tempo de indução é obtido graficamente e reflete o tempo necessário para que um núcleo estável de tamanho crítico seja formado na fase líquida (CAMPOS, 2005).

**Conteúdo de gordura sólida – Solid Fat Content (SFC):** determinado utilizando Espectrô-

metro de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) BRUKER pc120 Minispec e banhos secos de alta precisão (0 – 70°C) TCON 2000 (Duratech, EUA). Método AOCS Cd 16b- 93: método direto, leitura das amostras em série nas temperaturas de 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45 e 50°C, com temperagem para gorduras não estabilizadas (AOCS, 2009).

**Consistência:** foi avaliada utilizando o equipamento analisador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems), controlado por microcomputador. O condicionamento das amostras foi efetuado em incubadora, com pré-estabilização a 5°C por 24 horas e estabilização a 15°C por 24 horas. A consistência foi determinada a 15°C, com cone de acrílico com ponta não truncada e ângulo de 60°. As medidas foram realizadas nas seguintes condições: distância = 10mm; velocidade = 2mm/s; tempo = 5s; em quadruplicata para cada amostra (CAMPOS, 2005). A partir destas condições, foi obtida a força de compressão em (g). Os dados de penetração foram convertidos em yield value, conforme Haighton (1959);

$$C = \frac{K \cdot W}{p^{1,6}}$$

Onde: C = *yield value*, em g/cm<sup>2</sup>; K = fator dependente do ângulo do cone (igual a 2815, para cone de 60°); W = força de compressão (g); p = profundidade de penetração (10mm).

**Microestrutura:** a morfologia das misturas foi avaliada por microscopia sob luz polarizada. As amostras foram fundidas à temperatura de 80°C em estufa. Com o auxílio de um tubo capilar, uma gota de amostra foi colocada sobre uma lâmina de vidro pré-aquecida a 80°C, que foi coberta em seguida com uma lamínula. As lâminas foram mantidas em estufa na temperatura de análise (25°C), por 2 horas, para estabilização. A morfologia dos cristais foi avaliada com o uso de microscópio de luz polarizada (Olympus) acoplado a câmara de vídeo digital (Media Cybernetics). As lâminas foram colocadas sobre o suporte da placa de aquecimento, mantida à mesma temperatura de cristalização. As imagens foram capturadas utilizando luz polarizada, com ampliação de 40 vezes. Para cada lâmina foram focalizados três campos visuais, dos quais apenas um foi escolhido para representar os cristais observados (CAMPOS, 2005).

**Polimorfismo:** a forma polimórfica dos cristais de gordura das amostras foi determinada por difração de raios-x, segundo o método AOCS Cj 2-95 (AOCS, 2009). As análises foram realizadas em difratômetro Philips (PW 1710), utilizando a geometria Bragg-Bretano ( $\theta:2\theta$ ), com radiação de Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1,54056\text{\AA}$ , tensão de 40 KV e corrente de 30 mA). As medidas foram obtidas a 15°C, após fusão e estabilização das amostras por 30 dias a esta temperatura; com passos de 0,02° em  $2\theta$  e tempo de aquisição de 2 segundos, com scans de 5 a 40° (escala  $2\theta$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Testes preliminares de incorporação de fitoesteróis

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos por Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) para os FL e FE e suas misturas com OP, nas concentrações de 0,5%, 1%, 3%, 5% e 10%. A partir desta análise, foi possível obter as temperaturas e as entalpias de cristalização das respectivas misturas. A temperatura de início da cristalização, particularmente, é importante para definir a possível aplicação das misturas em alimentos, já que este ponto define o início da formação de cristais em uma amostra lipídica.

Para o FL, não foi detectado o início da cristalização, possivelmente por seu alto ponto de fusão, superior a 80°C, temperatura limite utilizada neste estudo. Dentre as misturas OP-FE, nas concentrações de 0,5%, 1%, 3%, 5%, não foram observadas alterações expressivas na temperatura inicial de cristalização. Contudo, a mistura OP-FE10% apresentou a menor temperatura de início de cristalização e valores de entalpia de cristalização inferiores às demais misturas avaliadas. Com FL, a mistura que apresentou maior diferença quanto aos parâmetros de cristalização também foi a OP-FL10%, com a maior temperatura de início de cristalização dentre todas as amostras aditivadas, além dos menores valores de entalpia para os dois picos de cristalização observados. Este aumento na temperatura de início da cristalização concorre para maior estabilidade e resistência térmica da amostra lipídica para aplicação; e os menores valores de entalpia estão associados à menor liberação de calor durante o processo de solidificação da gordura em linhas de produção, facilitando seu uso em formulações de produtos ricos em lipídios (GHOTRA, DYAL, NARINE, 2002).

Para complementação dos testes preliminares de incorporação dos fitoesteróis, foram obtidas isotermas de cristalização para o OP adicionado dos diferentes fitoesteróis na concentração de 10%, a fim de verificar o maior ganho de sólidos em função do tempo, à temperatura de 25°C. A figura 2 mostra as isotermas de cristalização para as amostras OP, OP-FE10% e OP-FL10%, em que o maior teor de gordura sólida no equilíbrio foi verificado para o OP contendo 10% de FL. A incorporação de FE ao OP resultou no decréscimo do teor de sólidos no equilíbrio, além do aumento do período de indução da cristalização, fatores considerados negativos para a aplicação industrial de bases lipídicas à base de OP (BASIRON, 2005).

O conjunto de resultados obtidos para os testes preliminares de incorporação dos fitoesteróis permitiram, portanto, selecionar o FL, na concentração de 10%, para incorporação às misturas à base de OP e OC.

Para fins comparativos, optou-se pela inclusão de um sistema adicional de estudo neste projeto de pesquisa, composto pela mistura dos FL e OTH (óleo de soja totalmente hidrogenado) como estruturantes, nas concentrações de 10% e 5%, respectivamente.

Amostras	T <sub>inicial</sub> (°C)	T <sub>pico1</sub> (°C)	T <sub>pico2</sub> (°C)	T <sub>final</sub> (°C)	ΔH <sub>1</sub> (J/g)	ΔH <sub>2</sub> (J/g)
FE	22,6	21,5	-	8,93	5,91	-
FL	-	-	-	-	-	-
OP - FE 0,5%	20,49	18,69	2,28	-24,76	9,56	36,04
OP - FE 1%	20,37	18,57	2,01	-24,51	9,46	35,30
OP - FE 3%	20,12	18,27	1,39	-24,89	9,07	33,69
OP - FE 5%	19,87	18,26	1,72	-24,27	9,13	33,47
OP - FE 10%	18,75	17,45	-0,30	-28,00	7,40	28,66
OP - FL 0,5%	20,24	18,88	2,41	-22,65	9,62	34,55
OP - FL 1%	20,37	18,71	2,06	-26,25	9,64	37,23
OP - FL 3%	19,99	18,45	1,86	-24,51	9,54	36,20
OP - FL 5%	19,74	18,08	0,97	-24,89	8,31	32,31
OP - FL 10%	21,36	17,55	0,16	-26,63	6,90	28,85

Tabela 1 – Parâmetros de cristalização do óleo de palma (OP), adicionado de fitoesteróis livres (FL) e fitoesteróis esterificados (FE), em diferentes concentrações

FE: amostras puras de fitoesterol esterificado, FL: amostras puras de fitoesterol livre, OP: óleo de palma, -: não detectado, T<sub>inicial</sub> (°C): temperatura inicial de cristalização, T<sub>pico1</sub> (°C): temperatura de pico 1, T<sub>pico2</sub> (°C): temperatura de pico 2, T<sub>final</sub> (°C): temperatura final de cristalização, ΔH<sub>1</sub> (J/g): entalpia de pico 1, ΔH<sub>2</sub> (J/g): entalpia de pico 2.

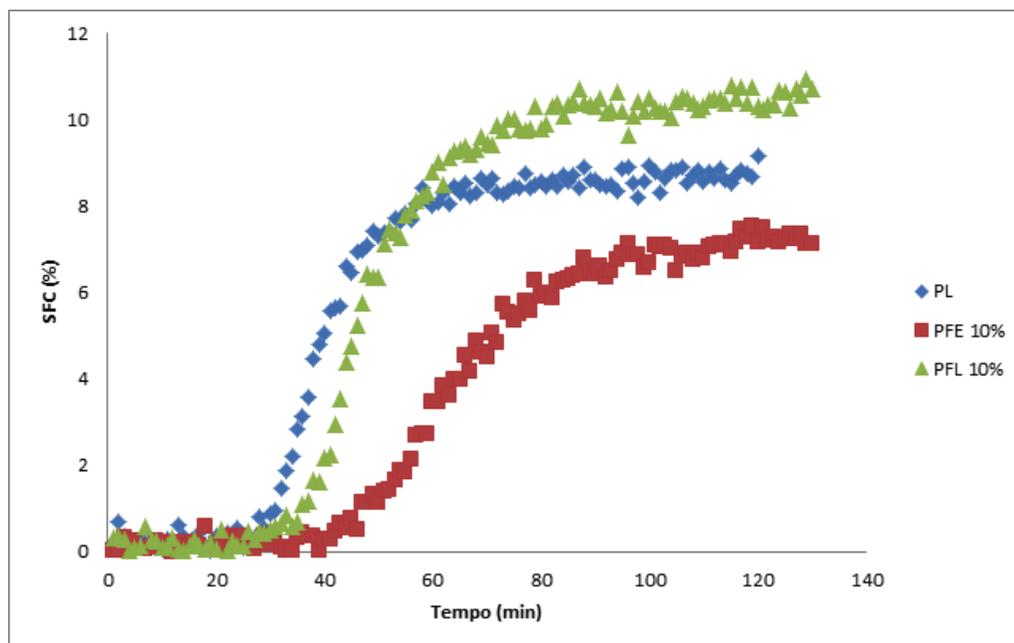


Figura 2 – OP: óleo de palma puro; OP-FE 10%: óleo de palma puro adicionado de 10% de fitoesterol esterificado; OP-FL 10%: óleo de palma puro adicionado de 10% de fitoesterol livre. Fonte: Elaborada pela autora.

## 4.2 Composição em ácidos graxos

A tabela 2 apresenta a composição em ácidos graxos do OSH e das misturas controle.

O OP analisado neste estudo, conforme esperado, mostrou quantidades equivalentes de ácidos graxos saturados e insaturados (48,31% e 51,81%, respectivamente), representando o único óleo vegetal com quantidades significativas de ácidos graxos saturados com altas taxas de ácido palmítico. A composição de ácidos graxos obtida neste estudo reflete valores típicos da literatura para o OP. Segundo O'Brien (2008), as quantidades dos ácidos palmítico, esteárico e oleico variam, respectivamente, entre 42 a 47%, 5 a 7%, e 37 a 41%.

A amostra de OC analisada também mostrou composição de ácidos graxos coerentes com informações da literatura. Este óleo é caracterizado pela alta quantidade de ácidos graxos monoinsaturados e teores mínimos de ácidos graxos saturados, com altos níveis de ácido oleico (O'BRIEN, 2008), valores também obtidos neste trabalho.

No OSH, os ácidos graxos predominantes foram os ácidos esteárico, seguido pelo palmítico, totalizando 99,89% de ácidos graxos saturados nesta matéria-prima.

Observou-se que o total de ácidos graxos saturados (AGS) diminuiu conforme o aumento da proporção de OC adicionado ao OP, entre os quais os ácidos palmítico e o oleico se destacaram. De maneira inversa, os teores de ácidos graxos monoinsaturados e de ácidos graxos poli-insaturados aumentaram proporcionalmente à concentração de OC nas misturas, destacando-se o ácido oleico em relação ao total de ácidos graxos monoinsaturados e os ácidos linoleico e linolênico em relação aos ácidos graxos poli-insaturados. Para fins comparativos, a incorporação do OC ao OP resultou na redução dos teores de AGS de 48,31% para 8,71% na mistura 0:100C, correspondente ao OC. A incorporação do OC às misturas resultou em aumento de até 67% no total de ácidos graxos monoinsaturados e de 34% no total de ácidos graxos poli-insaturados.

A tabela 3 apresenta a composição em ácidos graxos das misturas com incorporação de 5% (m/m) de óleo de soja totalmente hidrogenado (H). De maneira geral, a somatória de AGS diminuiu conforme o aumento da proporção de adição de OC ao OP, mesmo após a adição do OSH. Com isso, é possível concluir que a adição do OSH às amostras, na proporção de 5% (m/m), foi satisfatória, pois manteve a redução de AGS e o aumento da proporção de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, ainda que em menores níveis em comparação às misturas controle.

Ácidos graxos	OSTH	100:0C	80:20C	60:40C	40:60C	20:80C	0:100C
<b>C12:0 – Láurico</b>	-	0,20	0,16	0,12	0,08	0,04	-
<b>C14:0 – Mirístico</b>	0,11	0,84	0,68	0,52	0,37	0,21	0,07
<b>C15:0–</b>	-	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
<b>Pentadecanóico</b>							
<b>C16:0 - Palmítico</b>	10,57	41,35	33,99	26,63	19,27	11,91	4,56
<b>C16:1 - Palmitoleico</b>	-	0,14	0,19	0,18	0,20	0,22	0,25
<b>C17:0 - Margárico</b>	-	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
<b>C17:1–cis-9-</b>	-	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08
<b>hepadecanoico</b>							
<b>C18:0 - Esteárico</b>	87,22	4,96	4,47	3,99	3,52	3,04	2,57
<b>C18:1 – Oleico</b>	0,11	41,75	45,66	49,58	53,49	57,41	61,33
<b>C18:2 – Linoleico</b>	-	9,58	11,82	14,07	16,32	18,57	20,83
<b>C18:3 – Linolênico</b>	-	0,16	1,64	3,14	4,63	6,13	7,63
<b>C20:0 – Araquídico</b>	0,77	0,43	0,49	0,55	0,62	0,68	0,75
<b>C20:1 – Gadoleico</b>	-	0,14	0,93	0,49	0,66	0,84	1,03
<b>C22:0 – Behenico</b>	1,02	0,11	0,16	0,23	0,30	0,37	0,44
<b>C22:1 – Erúcico</b>	-	-	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11
<b>C24:0 - Lignocérico</b>	0,19	0,13	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23
<b>∑Saturados</b>	99,89	48,31	40,22	32,32	24,44	16,54	8,71
<b>∑Monoinsaturados</b>	0,11	42,07	46,84	50,34	54,46	58,61	62,8
<b>∑Poli-insaturados</b>	-	9,74	13,46	17,21	20,95	24,7	28,46

Tabela 2 – Composição em ácidos graxos do óleo de soja totalmente hidrogenado e misturas controle.

Misturas controle (C): OP:OC (m/m): 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 e 0:100, designadas como 100:0C, 80:20C, 60:40C, 40:60C, 20:80C e 0:100C. OP: óleo de palma. OC: óleo de canola. OSTH: hardfat de óleo de soja. -: não detectado.

Ácidos graxos	100:0H	80:20H	60:40H	40:60H	20:80H	0:100H
<b>C12:0 – Láurico</b>	0,2	0,16	0,12	0,08	-	-
<b>C14:0 – Mirístico</b>	0,79	0,64	0,49	0,35	0,19	0,06
<b>C15:0–</b>	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
<b>Pentadecanoico</b>						
<b>C16:0 – Palmítico</b>	39,8	32,81	25,81	18,82	11,83	4,85
<b>C16:1 – Palmitoleico</b>	0,14	0,19	0,18	0,2	0,22	0,25
<b>C17:0 – Margárico</b>	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
<b>C17:1 – cis-9-</b>	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	
<b>heptadecenoico</b>						0,08
<b>C18:0 – Esteárico</b>	9,07	8,6	8,15	7,7	7,24	6,8
<b>C18:1 – Oleico</b>	39,66	43,37	47,1	50,81	54,53	58,26
<b>C18:2 – Linoleico</b>	9,58	11,82	14,07	16,32	18,57	20,83
<b>C18:3 – Linolênico</b>	0,16	1,64	3,14	4,63	6,13	7,63
<b>C20:0 – Araquídico</b>	0,43	0,49	0,55	0,61	0,67	0,75
<b>C20:1 – Gadoleico</b>	0,14	0,93	0,49	0,66	0,84	1,03
<b>C22:0 – Behênico</b>	0,15	0,2	0,26	0,33	0,4	0,46
<b>C22:1 – Erúxico</b>	-	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11
<b>C24:0 - Lignocérico</b>	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21
<b>Σ Saturados</b>	<b>50,71</b>	<b>43,16</b>	<b>35,65</b>	<b>28,16</b>	<b>20,65</b>	<b>13,22</b>
<b>Σ Monoinsaturados</b>	<b>39,98</b>	<b>44,55</b>	<b>47,86</b>	<b>51,78</b>	<b>55,73</b>	<b>59,73</b>
<b>Σ Poli-insaturados</b>	<b>9,74</b>	<b>13,46</b>	<b>17,21</b>	<b>20,95</b>	<b>24,7</b>	<b>28,46</b>

Tabela 3 – Composição em ácidos graxos das misturas adicionadas de 5% de óleo de soja totalmente hidrogenado.

Misturas (H): OP:OC (m/m) + 5% Osth: 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 e 0:100, designadas como 100:0H, 80:20H, 60:40H, 40:60H, 20:80H e 0:100H. OP: óleo de palma. OC: óleo de canola.

#### 4.3 Perfis de sólidos

O conteúdo de gordura sólida é um parâmetro utilizado para definir as aplicações mais indicadas de uma gordura, ou de misturas de gorduras, em um determinado produto, ou seja, indica o percentual de gordura que se encontra no estado sólido a uma determinada temperatura. Observando-se estes resultados, é possível avaliar o uso destas amostras para a aplicação em alimentos.

A figura 3 mostra o conteúdo de gordura sólida – ou solid fat content (SFC) das misturas controle e das misturas com adição de 10% de FL em várias temperaturas. Nota-se que o SFC tende a diminuir conforme o aumento da temperatura devido à aproximação das gorduras do estado líquido. A figura 4 apresenta o SFC das misturas controle e adicionadas de FL e Osth.

Como esperado, as misturas adicionadas de FL e OSTH apresentaram maior teor de sólidos em comparação às misturas contendo apenas FL, nas principais temperaturas de aplicação em alimentos (10°C, 25°C e 35°C). De acordo com Leissner et al. (1991), a relação proporcional entre a concentração de matéria-prima sólida no ponto de partida do perfil de sólidos e o seu efeito sobre a temperatura onde ocorre maior variação em SFC é indicativa de aumento de resistência ao calor produzido pelo aumento em ácidos graxos saturados, efeito observado pela incorporação do OSTH às misturas avaliadas.

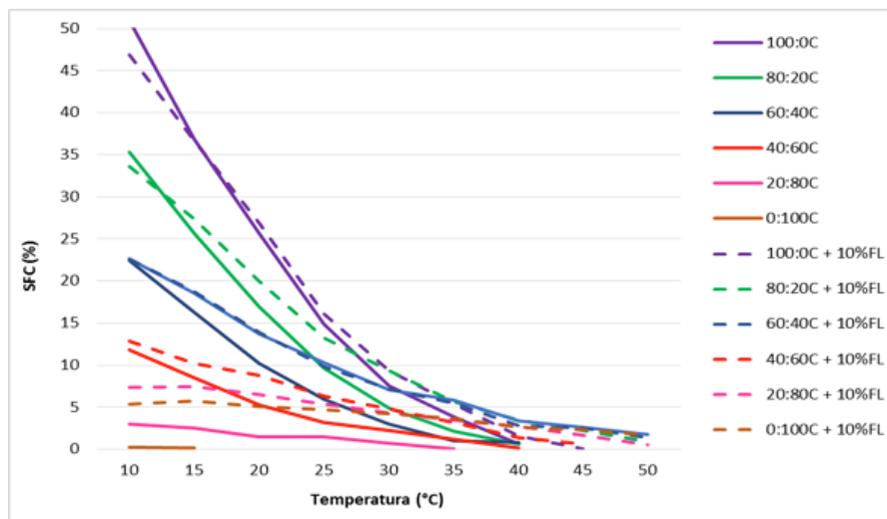


Figura 3 – Perfil de sólidos das misturas controle e das misturas adicionadas de 10% de FL

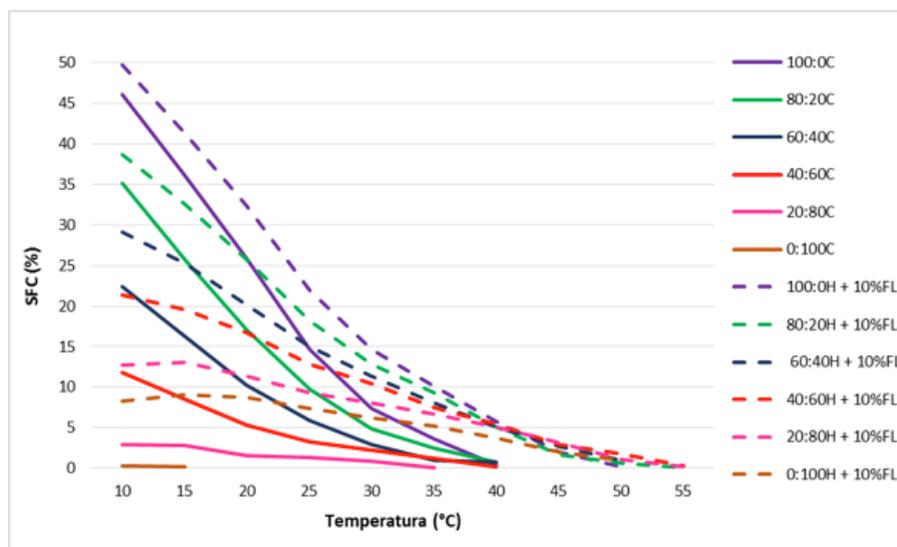


Figura 4 – Perfil de sólidos das misturas controle e das misturas adicionadas de 10% de FL e 5% de OSTH

Fonte: Elaborada pela autora.

O perfil de sólidos, em particular, tem implicações importantes para as características de produtos de base lipídica em várias temperaturas, dado que é a principal ferramenta para a especificação e seleção de gorduras para aplicação em alimentos. Em baixas temperaturas (4 a 10° C), o SFC fornece uma indicação de gorduras utilizadas em produtos mantidos sob refrigeração que não deve ultrapassar 32% a 10°C (LIDA, ALI, 1998; WASSELL, YOUNG, 2007). Desta forma, as misturas aplicáveis a esta finalidade seriam: 60:40C e 40:60C, 60:40FL e 40:60FL e 60:40FL+H e 40:60FL+H, já que as demais misturas possuem SFC acima de 32%, o que indica que não oferecem a espalhabilidade satisfatória para produtos refrigerados. Entre 20 e 22°C, o valor de SFC superior a 10% é essencial para determinar a estabilidade do produto e sua resistência contra o efeito de exsudação de óleo líquido. Portanto, as misturas ideais segundo este requisito seriam 60:40FL, 80:20FL, 100:0FL, 40:60H + FL, 60:40H + FL, 80:20H + FL e 100:0H + FL (WASSELL, YOUNG, 2007).

#### 4.4 Consistência

A determinação da consistência mostra-se necessária para indicar as possíveis aplicações e as características dos sistemas lipídicos desenvolvidos. Dentre as amostras controle, foi possível a realização das medidas de consistência das misturas, expressas como Yield Value (YV), com exceção das misturas 20:80 e 0:100 que apresentaram-se líquidas a 15°C. A tabela 4 apresenta as misturas adicionadas de 10% de FL, em que não foi possível determinar a consistência da mistura 0:100. Dentre as amostras adicionadas de 10% de FL e 5% de Osth, todas apresentaram consistência passíveis de mensuração. As tabelas 11 e 12 mostram, respectivamente, os resultados das amostras adicionadas apenas de FL e adicionadas de FL e Osth.

Considerando o YV na tabela 5, verifica-se aumento na consistência das misturas controle proporcionalmente à concentração de OP nas mesmas, cujo efeito pode ser justificado pela composição em ácidos graxos dos óleos utilizados, visto que o OP tem maior proporção de ácidos graxos saturados, com maior ponto de fusão, enquanto o OC é rico em ácidos graxos insaturados, apresentando-se no estado líquido na temperatura de análise.

Com a adição de 10% de FL, observou-se expressiva modificação nos parâmetros de consistência de todas as amostras. Nas misturas 100:0FL e 60:40FL, a consistência foi duplicada em comparação à amostra controle correspondente.

Com a adição de 10% de FL e 5% de Osth, observou-se, igualmente, o aumento na consistência das misturas quando comparadas às misturas controle correspondentes, conforme reportado na tabela 6. Contudo, para as misturas 100:0H + FL, 80:20H + FL e 60:40H + FL, este aumento foi inferior ao verificado para as misturas com adição de FL isoladamente, mostrando que, para maiores proporções de ácidos graxos saturados, o FL foi eficiente como estruturante, não apresentando sinergismo com o Osth para a propriedade de consistência. Entretanto, em relação às amostras com maior teor de OC, 20:80H + FL e 0:100H + FL,

houve maior aumento de consistência com adição de Osth do que com o uso isolado FL, evidenciando o efeito de contribuição dos ácidos graxos saturados de alto ponto de fusão, provenientes do Osth, para elevação de consistência em sistemas com altos teores de ácidos graxos insaturados.

Tabela 4 – Resultados de consistência, expressos como YV, das amostras controle

Misturas controle						
	100:0	80:20	60:40	40:60	20:80	0:100
Força (gf)	2162,96	1024,5	245,9	23,23	-	-
Desvio Padrão (gf)	± 89,10	± 30,66	± 30,52	± 2,32	-	-
Coef. Variância (%)	4,11	2,99	12,41	10,02	-	-
Yield Value (g/cm <sup>2</sup> )	3841,74	1819,66	436,75	41,26	-	-

Tabela 5 – Resultados de consistência, expressos como YV, das amostras adicionadas de 10% de FL

Misturas adicionadas de 10% de FL						
	100:0	80:20	60:40	40:60	20:80	0:100
Força (gf)	3536,56	1519,13	502,86	99,03	16	-
Desvio Padrão (gf)	± 215,11	± 163,27	± 21,65	± 0,75	± 1,05	-
Coef. Variância (%)	6,08	10,74	4,30	0,75	6,58	-
Yield Value (g/cm <sup>2</sup> )	6281,45	2698,20	893,16	175,89	28,41	-

Tabela 6 – Resultados de consistência, expressos como YV, das amostras adicionadas de 10% de FL + 5% de Osth

Misturas adicionadas de 10% de FL + 5% Osth						
	100:0	80:20	60:40	40:60	20:80	0:100
Média (gf)	3236,1	1405,8	511,46	198,3	92,13	28,73
Desvio Padrão (gf)	± 96,75	± 66,36	± 28,29	± 14,90	± 6,42	± 1,41
Coef. Variância (%)	2,98	4,72	5,53	7,51	6,97	4,92
Yield Value (g/cm <sup>2</sup> )	5747,7	2496,9	908,43	352,20	163,64	51,03

A figura 5 exibe o comparativo entre os valores de consistência obtidos para todas as amostras, expressos como YV.

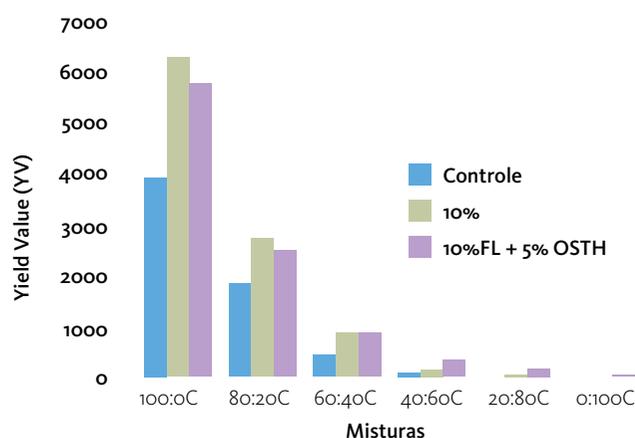


Figura 5 – Consistência das amostras segundo Yield Value, a 15°C

Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo Haighton (1959), o YV calculado a fim de comparar a consistência das misturas pode definir a melhor aplicação das respectivas gorduras aos alimentos (tabela 7) e as possíveis aplicações dos sistemas lipídicos desenvolvidos (tabela 8).

Tabela 7 – Característica dos sistemas lipídicos obtidos, segundo definição de Haighton (1959)

YV (g/cm <sup>2</sup> )	Característica	Controle	10%FL	10%FL+5% Osth
<50	Muito macio, líquido	40:60C 20:80C 0:100C	20:80FL 0:100FL	-
50 – 100	Muito macio, não espalhável	-	-	0:100H+FL
100 – 200	Macio, espalhável	-	40:60FL	20:80H+FL
200 – 800	Plasticidade e espalhabilidade satisfatórias	60:40C	-	40:60H+FL
800 – 1000	Duro, mas satisfatoriamente espalhável	-	60:40FL	60:40H+FL
1000 – 1500	Muito duro, limite para espalhabilidade	-	-	-
>1500	Muito duro	100:0C 80:20C	100:0FL 80:20FL	100:0H+FL 80:20H+FL

Tabela 8 – Possíveis aplicações dos sistemas lipídicos desenvolvidos, a 15°C, segundo Haighton (1959)

Yield Value (g/cm <sup>2</sup> )	Aplicação	10%FL	10%FL+5%Osth
200 – 1000	Margarina de mesa	60:40FL	40:60H+FL 60:40H+FL
800 – 1600	Massa folhada	60:40FL	60:40H+FL
50 – 300	Shortening macio	40:60FL	20:80H+FL 0:100H+FL

Rodrigues et al (2004) analisaram a consistência de cremes vegetais adicionados de fitoesteróis, que apresentaram espalhabilidade satisfatória em praticamente todas as temperaturas de análise (entre 5°C a 35°C). Apenas a 5°C, a consistência apresentou-se ligeiramente maior que 1.000 g/m<sup>3</sup>; porém, a temperatura de refrigeração doméstica geralmente está situada entre 5 e 10°C. Já a 15°C, o YV obtido situou-se entre 750 e 1000, com cerca de 14% de fitosterol na composição das amostras, valores semelhantes aos obtidos para a misturas 60:40 adicionadas de FL e adicionadas de FL e Osth.

De acordo com as propriedades de consistência observadas e objetivando-se a obtenção de produtos nutricionalmente adequados, as misturas preferíveis para aplicação em alimentos seriam aquelas com maior teor de OC, e, preferencialmente, sem o estruturante Osth, associado ao aumento do teor de ácidos graxos saturados na mistura, mesmo que em baixas proporções. Em contrapartida, o uso do FL como estruturante, devido a sua ação hipocolesterolêmica, é preferido como estruturante isolado, e pode viabilizar o aumento de consistência desejado para a aplicação das misturas obtidas.

#### 4.5 Polimorfismo

O polimorfismo pode ser definido como a habilidade de manifestação de diferentes empacotamentos espaciais para uma mesma composição química, o que, em lipídios, ocorre através da interação intermolecular e intramolecular dos triacilgliceróis, influenciando o comportamento de fusão, cristalização, morfologia e agregação do material sólido (SATO, 2001). Em óleos e gorduras, os cristais são classificados em três principais formas polimórficas –  $\alpha$ ,  $\beta'$  e  $\beta$  –, cujas características e aplicações são particulares, pois formam diferentes redes cristalinas. A forma  $\alpha$  mostra maior instabilidade, e em geral, transforma-se na forma  $\beta'$ . A forma  $\beta$  resulta em cristais mais quebradiços, compatíveis com o uso em produtos que requerem esta característica, como gorduras para massa folhada. Em manteiga de cacau e chocolates, a forma  $\beta$  garante estabilidade, alto ponto de fusão e consistência. A forma  $\beta'$  apresenta cristais menos rígidos, caracterizando gorduras utilizadas de uso geral em alimentos, principalmente para produtos como margarinas e spreads, em que maciez, brilho e cobertura uniforme de superfícies são necessários (FENEMMA et al, 2010).

A tabela 9 apresenta a avaliação das misturas quanto à forma polimórfica preferencial. As misturas 40:60C e 20:80C apresentaram-se amorfas, ou seja, sem fase cristalina. De acordo com as características intrínsecas que cada cristal confere à gordura e em relação aos resultados obtidos pela difração de raios-x, é possível observar que as misturas adicionadas de estruturantes apresentam maior proporção de fase cristalina em relação às misturas controle. Em todas as amostras controle em que foi formada estrutura cristalina, o hábito polimórfico  $\beta'$ , preferencial do OP, foi mantido.

Dentre as amostras adicionadas de FL houve formação de fase cristalina nas misturas 100:0FL, 80:20FL, 60:40FL e 40:60FL, que exibiram cristais mistos dos tipos  $\beta$  e  $\beta'$ , eviden-

ciando que a adição do fitoesterol realmente modificou a estrutura destas bases lipídicas, formando também o hábito  $\beta$ . Segundo estudos realizados por Oliveira (2011), o Osth possui 82,22% de ácido esteárico, associado à formação do hábito polimórfico  $\beta$ , o que possivelmente justifica o hábito polimórfico formado nas misturas com o estruturante.

Desta forma, as misturas analisadas poderiam ser utilizadas para aplicação em alimentos de acordo com o hábito polimórfico apresentado. Todas as misturas avaliadas, à exceção das misturas 20:80H+FL e 0:100H+FL, poderiam ser utilizadas, respeitando-se os demais parâmetros físico-químicos associados à aplicação em alimentos, em produtos como margarinas e spreads, que requerem a presença de cristais do tipo  $\beta'$ . As misturas 0:100H+FL e 20:80H+FL, caracterizadas pelo hábito polimórfico  $\beta$ , poderiam ser utilizadas em formulações contendo manteiga de cacau e chocolate. Além dos picos característicos das formas polimórficas da fase lipídica, foram encontrados nas amostras adicionadas de FL isoladamente, ou com adição de Osth, short spacings adicionais, que podem caracterizar a forma cristalina destes compostos. Porém, há necessidade de maior investigação, visto que o FL utilizado neste trabalho é composto majoritariamente de três diferentes espécies moleculares: betasitoesterol, campesterol e estigmasterol.

Tabela 9 – Caracterização das formas polimórficas das misturas

Amostra	Short spacings (Å)	Hábito polimórfico
100:0C	4,18 - 3,78	$\beta'$
80:20C	4,17 - 3,78	$\beta'$
60:40C	4,18 - 3,78	$\beta'$
40:60C	-	-
20:80C	-	-
0:100C	-	-
100:0FL	4,18 - 4,58 - 3,77	$\beta + \beta'$
80:20FL	4,19 - 4,59 - 3,78	$\beta + \beta'$
60:40FL	4,60 - 4,18 - 3,78	$\beta + \beta'$
40:60FL	4,60 - 4,19 - 3,78	$\beta + \beta'$
20:80FL	-	-
0:100FL	-	-
100:0H+FL	4,59 - 4,19 - 3,84	$\beta + \beta'$
80:20H+FL	4,59 - 4,19 - 3,84	$\beta + \beta'$
60:40H+FL	4,59 - 3,84	$\beta + \beta'$
40:60H+FL	4,58 - 3,83	$\beta + \beta'$
20:80H+FL	4,60	$\beta$
0:100H+FL	4,60	$\beta$

-: Amostra no estado líquido na temperatura de análise.

#### 4.6 Microestrutura

A análise de microestrutura das misturas permite observar a estrutura cristalina e a morfologia resultante do cristal, parâmetros diretamente relacionados com as condições de cristalização (temperatura e taxa de resfriamento), assim como com a composição e dis-

tribuição de ácidos graxos nas moléculas de triacilgliceróis (OLIVEIRA, 2011). Também está relacionada com as características macroscópicas da base lipídica, como a espalhabilidade, o derretimento e funcionalidade adequada a cada aplicação, estabelecendo paralelos com a composição lipídica da mistura, polimorfismo, conteúdo de gordura sólida e consistência, definindo o uso em produtos alimentícios. Em geral, quanto mais densa for a rede cristalina formada, maior será a consistência do sistema; e quanto maior o teor de óleo líquido, mais líquida será a amostra.

Nas misturas controle com maior quantidade de OC, foi possível observar alta proporção de óleo líquido na rede cristalina, enquanto a adição de FL às misturas reduziu o diâmetro dos cristais, aumentou o número de elementos cristalinos e reduziu o óleo líquido no meio, o que também ocorreu com a incorporação do OTH. Este efeito foi previamente descrito por Oliveira (2011), que observou que o OTH pode modificar a densidade cristalina, a consistência e as propriedades funcionais do OP, aumentando-os.

Com o OTH, houve formação de rede cristalina mais densa e redução na quantidade de óleo líquido nas misturas com maior proporção de OC, 20:80 e 0:100, quando comparadas às mesmas proporções das misturas controle. Isso foi confirmado pela análise de consistência, em que, quando os estruturantes foram adicionados, estas misturas foram classificadas como líquidas e muito macias, enquanto as amostras controle não apresentavam rede cristalina e, portanto, não reportaram valores para consistência nesta mesma concentração OP:OC.

Contudo, observando-se em conjunto os resultados obtidos nas análises de consistência, com a adição isolada de FL, houve maior aumento na consistência das misturas 100:0FL e 80:20FL em comparação às misturas também adicionadas de OTH, efeito que pode estar associado ao maior tempo de estabilização das amostras requerido para análise de consistência, com maior desenvolvimento da rede cristalina, observada na microscopia. É possível afirmar que as respostas das análises de consistência e microestrutura foram compatíveis, visto que nas amostras com maior valor de consistência houve também maior formação de rede cristalina com pouco óleo líquido no meio.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo do trabalho de desenvolvimento de gordura zero trans/low sat, adicionada de fitoesterol, para aplicação em alimentos, é possível concluir que foram obtidos resultados positivos, visto que o fitoesterol livre se mostrou eficiente como estruturante de bases lipídicas, aumentando a consistência e propiciando a formação de redes cristalinas mais densas e com maior teor de sólidos nas misturas. Com a adição de OP, padrão zero trans, ao OC, rico em ácidos graxos insaturados, foram observados diversos hábitos polimórficos que favorecem o uso das misturas em várias formulações lipídicas, sendo eficaz na redução de ácidos graxos saturados e aumentando os ácidos graxos poli-insaturados e mo-

noin saturados. O uso de FL foi eficaz como estruturante, sendo preferido o seu uso isolado devido a sua ação hipocolesterolêmica, podendo, assim, viabilizar o aumento de consistência desejado para aplicação das misturas obtidas em produtos alimentícios.

## REFERÊNCIAS

- ALAMPRESE, C. et al. *Rheological properties of  $\beta$ -sitosterol and  $\gamma$ -oryzanol organogels; Inside Food Symposium*. Leuven: 2013.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. 6 ed. Champaign, 2009.
- BASIRON, Y. *Palm Oil. Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 6 ed. Wiley-Interscience, New Jersey, v.2, p.333-417, 2005.
- BIERENBAUM, M.L. et al. Effects of canola oil on serum lipids in humans. In: *Journal of the American College of Nutrition*, v. 10, p. 228-233, 1991.
- BOT, A.; AGTEROF, W.G.M. Structuring of edible oils by mixtures of  $\gamma$ -oryzanol with  $\beta$ -sitosterol or related phytosterols. In: *Journal of American Oil Chemists' Society*. v.83, p.513-521, 2006.
- CALLIGARIS, S. et al. Effect of Oil Type on Formation, Structure and Thermal Properties of  $\gamma$ -oryzanol and  $\beta$ -sitosterol-Based Organogels. In: *Food Biophysics*, v.09, p.69-75, 2014.
- CAMPOS, R. Experimental methodology. In: *Fat Crystal Networks*. ed. MARANGONI, A.G. Marcel Dekker. New York: 2005.
- CHAN, Y.M. et al. Plasma concentrations of plant sterols: physiology and relationship with coronary heart disease. In: *Nutrition Reviews*, v. 64, p. 385-402, 2006.
- CHIU, M. C.; GIOIELLI, L. A. Conteúdo de gordura sólida da gordura abdominal de frango, de suas estearinase de suas misturas binárias com toucinho. In: *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v. 22, n. 2, p.151-157; 2002.
- CO, E.D.; MARANGONI, A.G. Organogels: an alternative edible oil-structuring method. In: *Journal of American Oil Chemists' Society*. v.89, p.749-780, 2012.
- DEMODARAN, S; PARKIN K.L; FENEMMA, O. R; *Química de Alimentos de Fennema*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.
- DEVARAJ, S., JIALAL, I. The role of dietary supplementation with plant sterols and stanols in the prevention of cardiovascular disease. In: *Nutrition Reviews*, v. 64, p. 348-354, 2006.
- GHOTRA, B.S.; DYAL, S.D.; NARINE, S.S. Lipids shortenings: a review. In: *Food Research International*. v.35, p.1015 -1048, 2002.
- HAIGHTON, A.J. The measurement of the hardness of margarine and fats with cone penetrometers. In: *Journal of the American Oil Chemists' Society*. v.36, p.345-348, 1959.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. In: *Laboratory Practice*. v.22, p.475-476, 1973.
- JENKINS, D.J. et al. Assessment of the longer-term effects of a dietary portfolio of cholesterol-lowering foods in hypercholesterolemia. In: *American Journal of Clinical Nutrition*, v.83, p.582-591, 2006.
- LEISSNER, R. et al. Cocoa Butter Alternatives. In: *Karlshams Oils and Fats Academy*, Karlshams, 1991.

LIDA, A. M. D. N., ALI, A. R. Physico-chemical characteristics of palm-based oil blends for the production of reduced fat spreads. In: *Journal of American Oil Chemists' Society*, v. 75, p. 1625-1631, 1998.

LIMA, F.E.L. et al. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. In: *Revista de Nutrição*, v.13, p. 7380, 2000.

NICHOLS, D.S.; SANDERSON, K. The nomenclature, structure and properties of food lipids. In: *Chemical and functional properties of food lipids*. New York: CRC Press, 2003.

O'BRIEN, R.D. *Fats and Oils – Formulating and Processing for Applications*. New York: CRC Press, 2008.

OLIVEIRA, G, M. *Influência da adição de hardfats sobre as propriedades tecnológicas do óleo de palma visando a aplicação em chocolates*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Unicamp, 2011.

OSTLUND, R.E. *Phytosterols, cholesterol absorption and healthy diets*. *Lipids*, v.42, p.41-45, 2007.

PRZYBYLSKI, R. et al. Canola Oil. In: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 6 ed. New Jersey: Wiley-Interscience, 2005.

RODRIGUES, J. N. et al. Caracterização físico-química de creme vegetal enriquecido com ésteres de fitosteróis. In: *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 40, n.4, p. 505-520, 2004.

SANTOS, R.D. et al. III Diretrizes brasileiras sobre dislipidemias e diretriz de prevenção da aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. In: *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v.77, p. 1-191, 2001.

SATO, K. Crystallization behavior of fats and lipids: a review. In: *Chemical Engineering Science*, v.56, p.2255-2265, 2001.

WASELL, P., YOUNG, N. W. G. Food applications of trans fatty acids substitutes. In: *International Journal of Food Science and Technology*, 42, p.503-517, 2007.

WASELL, P. et al. Towards a multidisciplinary approach to structuring in reduced saturated fat-based systems – a review. In: *International Journal of Food Science and Technology*. v.45, p. 642-655, 2010.

#### PARA SABER MAIS

**Kamila Ramponi Rodrigues de Godoi**

kamila.ramponi@hotmail.com

(19) 3651-6863 / (19) 98254-9481

**Ana Paula Badan Ribeiro**

**(orientadora)**

badanribeiro@yahoo.com.br

INOVAÇÃO

SÃO PAULO

PESCADO MINAS GERAIS

AGRICULTURA FAMILIAR FITOESTERÓIS

LEITE

RIO GRANDE DO SUL

NUTRIÇÃO CEARÁ

SÃO PAULO  
INOVAÇÃO

ESTUDANTE DO  
ENSINO MÉDIO

CASTANHA-DO-BRASIL RIO DE JANEIRO

ALIMENTAÇÃO

AGRICULTURA FAMILIAR

AGRICULTURA

OKARA

O GRANDE DO SUL

RIO GRANDE DO SUL

NUTRIÇÃO BIOSSENSORES

AGRICULTURA

ALIMENTAÇÃO

PNAE

## 1º Lugar

**JOANA MENEGUZZO PASQUALI**

**Colégio Mutirão de São Marcos -**

**Associação Educacional São Marcos**

Detectox - Kit detector de substâncias tóxicas no leite UHT

## 2º Lugar

**MOISÉS LOPES RODRIGUES**

**Escola Estadual de Ensino Médio Rui Barbosa**

Uso de resíduos de peixe como fertilizante na agricultura familiar

## 3º Lugar

**BRUNA MARCHESAN MARAN**

**Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) -**

**Campus São Miguel do Oeste**

Avaliação das propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicação em biscoito tipo cookie

1º LUGAR

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO MÉDIO



**JOANA MENEGUZZO PASQUALI**

Colégio Mutirão de São Marcos  
São Marcos - RS

## Detectox – Kit detector de substâncias tóxicas no leite UHT

### RESUMO

O leite é um dos produtos mais importantes para a alimentação humana devido à quantidade de nutrientes essenciais que oferece. No entanto, muitas empresas o adulteram a fim de maximizar os lucros. Esta pesquisa teve por objetivo desenvolver o protótipo de uma fita indicadora capaz de detectar fraudes no leite por meio do método colorimétrico. Foi realizado um levantamento sobre as fraudes mais comuns e desenvolveu-se um detector capaz de identificar a presença de amidos, hidróxido de sódio e formol no leite UHT. Na identificação de cada uma dessas fraudes, respectivamente, o protótipo utiliza iodo, fenolftaleína e o reagente de Schiff. Para verificar a funcionalidade do dispositivo, foram adicionados ao leite os produtos a serem identificados em concentrações diversas. Em seguida, as amostras foram testadas com a fita indicadora Detectox, que se mostrou eficiente em identificar aquelas que estavam contaminadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** contaminação; fraude; leite UHT; tóxicos

### 1. INTRODUÇÃO

O leite é um dos alimentos mais importantes na alimentação do ser humano. A partir das propriedades nele existentes, seu consumo se torna essencial para qualquer alimentação saudável. O leite de vaca é, definitivamente, o mais consumido, e é secretado pelas glândulas mamárias das mais diversas subespécies de *Bos Taurus*, sendo constituído de água, proteínas, lactose (açúcar), minerais, vitaminas diluídas, além de glóbulos de gordura, micelas de caseína, cálcio, citrato e fosfato.

Em decorrência da alta demanda e do grande consumo, surgem os processos industriais de conservação e distribuição deste alimento em grande escala. Segundo a Embrapa (2001), o Brasil é o sexto maior produtor de leite no mundo. A indústria de laticínios contribui mais com o PIB nacional do que qualquer outra área da agropecuária.

Tendo em vista a importância desse produto e sua grande utilização na alimentação humana, passou-se a realizar fraudes na composição desse alimento, o que gera uma grande preocupação.

Observados esses fatores, desenvolveu-se o protótipo de um detector que pudesse indicar a presença de amido, hidróxido de sódio e formol no leite. O kit detector consiste em uma fita indicadora dividida em três partes, cada uma contendo iodo, fenolftaleína e o reagente de Schiff para detecção de cada fraude.

O protótipo funciona pelo método colorimétrico. Os reagentes adquirem coloração específica por meio da reação com o contaminante, caso exista a presença das substâncias irregulares.

A funcionalidade dos indicadores já é comprovada, logo, não era esse o objetivo da pesquisa. A intenção era identificar as fraudes mais comuns e desenvolver um detector para elas. Assim, constatou-se quais fraudes deveriam ser detectadas e quais eram seus respectivos indicadores.

O que se buscou, então, foi incorporar essas soluções, de modo que pudessem ser acessíveis ao consumidor, permitindo verificar a qualidade do seu leite em casa e rapidamente. Desse modo, essa pesquisa trata tanto do estudo do desenvolvimento de um produto quanto dos princípios metodológicos da química analítica. O dispositivo apresenta praticidade e eficiência, trazendo também instruções que auxiliam as pessoas na sua utilização, com informações de como interpretar os testes, além de orientar como deve ser descartado o kit e como o consumidor deve proceder caso o leite esteja contaminado.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Após a ordenha das vacas, o principal objetivo das empresas é remover agentes patogênicos que possam estar presentes no leite, assim como microrganismos que aceleram a decomposição do alimento. Essas bactérias e demais microrganismos se fazem presente no leite por sua própria natureza ou pela contaminação no manuseio e transporte do produto. Por isso, antes de embalar o leite as indústrias de laticínios devem esterilizar o alimento para que este se mantenha conservado por um período de tempo adequado às necessidades do consumidor.

Existem alguns métodos utilizados para eliminar esses organismos. É previsto por lei que todo o leite comercializado deve ser submetido a algum tipo de pasteurização. O processo de pasteurização consiste no aquecimento do leite a uma temperatura de aproximadamente 75°C, por cerca de 20 segundos, e imediatamente resfriado a 5° C. Esse processo gera três

tipos distintos de leite, A, B e C, havendo diferenças na maneira como o leite é obtido na fazenda e não na pasteurização em si. Todos os tipos de leite pasteurizados devem ser mantidos refrigerados, pois esse processo elimina os agentes patogênicos, tornando o produto próprio para o consumo, mas não elimina os agentes decompositores.

O leite pasteurizado ainda é comercializado, porém em uma quantidade pouco significativa. Já o leite UHT (do inglês: ultra alta temperatura) ou longa vida, como é popularmente conhecido, passa pelo processo de ultrapasteurização, que consiste no aquecimento do leite à temperatura de 150°C por cerca de quatro segundos, seguido de um rápido resfriamento com temperaturas inferiores a 32°C. O processo de ultrapasteurização elimina não só os agentes nocivos como qualquer outro microrganismo presente no leite. O leite UHT é, geralmente, armazenado em embalagens TetraPak e tem validade de seis semanas, em temperatura ambiente. As embalagens são esterilizadas com peróxido de hidrogênio e temperatura elevada, fato que inclusive pode gerar uma contaminação. O leite UHT também passa pelo processo de homogeneização.

Segundo Behmer (1976), “sendo o leite um produto de origem fisiológica, os seus componentes apresentam, isoladamente, grandes variações”. Por isso, pode existir uma dificuldade em diferenciar fraudes intencionais das variações naturais do leite.

Foram estabelecidas médias para os valores de certos aspectos do leite, dentro das quais o produto é considerado regular, tais como: densidade: 1,028 a 1,032; ponto de congelação: -0,54 – -0,56 C°; gorduras: mínimo 3 %.

O leite possui um pH sutilmente ácido, devido à presença do ácido lático. A acidez regular do leite é de 16° a 20° Dornic (g ácido lático/100g leite), Behmer (1976).

Os dados acima apresentam a relação de litros de leite produzidos / litros de leite fiscalizados. É possível observar que, em 2011, 66,9 % (estimativa) do leite produzido no Brasil era fiscalizado. Esse percentual representa uma quantidade significativa em comparação a outros alimentos. No entanto, ainda existe uma parcela do leite vendido que não é fiscalizada.

No Estado do Rio Grande do Sul, o Ministério Público realizou a “operação leite compensado”, que recolheu milhares de litros de leite, de diversas empresas, e várias delas foram proibidas de comercializar gêneros alimentícios. Mas em muitos estados e países não existe uma fiscalização rigorosa sobre a indústria de laticínios.

Mesmo no caso do Rio Grande do Sul, que foi o centro da operação, não existe uma garantia de que as empresas não voltarão a adulterar o produto.

O metanal é chamado de formol quando solubilizado em água em qualquer proporção (geralmente 37%). Esse composto, com ação desinfetante, é adicionado ao leite para mascarar a má higiene do produto, matando as bactérias. Ele também pode ocorrer no leite de maneira acidental, pela adição de ureia ao produto. Estima-se que a adição de formol ao leite UHT aumente em até 10% os lucros sobre o lote adulterado.

O formol é absorvido com facilidade pelo organismo devido a sua solubilidade. Depois de absorvido, é metabolizado nos tratos respiratório e gastrointestinal. A absorção dérmica é mais limitada, mas também ocorre, podendo induzir dermatites. Dentre as diversas formas de intoxicação, os sintomas são fortes dores de cabeça, vertigem, tosse, falta de ar, dificuldade para respirar e edema pulmonar (no caso de inalação). Também pode ocorrer irritação nos olhos, nariz, mucosas e trato respiratório superior, bronquite, pneumonia ou laringite.

Quando ocorre a ingestão, os sintomas são imediatos, como dor na boca e faringe, dores abdominais com náuseas, vômito, e possível perda de consciência. Também pode acontecer proteinúria, acidose, hematemesis, hematúria, anúria, vertigem, coma e morte por falência respiratória, pele pálida, fria e úmida, além de sinais de choque como dificuldade de micção, convulsões, estupor, e ulceração com necrose na mucosa gastrintestinal, colapso circulatório e nos rins, danos degenerativos no fígado, rins, coração e cérebro. Os sintomas dependem do tempo de exposição, frequência de exposição e concentração da substância.

O formol foi considerado, a partir de julho de 2004, carcinogênico grupo 1, tumorogênico e teratogênico pelo International Agency for Research on Cancer (Iarc). Sendo assim, “o formaldeído é um agente, reconhecidamente, cancerígeno em humanos”. De acordo com o Instituto Nacional do Câncer (Inca), não há níveis seguros de exposição ao formol, logo, qualquer contato pode trazer prejuízos à saúde.

Dentre as fraudes mais comuns estão a de molhagem, onde água é adicionada para aumentar o volume do produto e vários tipos de amido podem ser adicionados para conferir consistência ao leite. Este processo é ilegal e dilui-se o leite, delimitando seu valor nutricional, mas não causa maiores danos à saúde de quem o consome. A bactéria anaeróbica Bacillus lactis acidij realiza a fermentação láctica, consumindo a lactose e gerando o ácido láctico, tóxico ao ser humano, que é o responsável pelo mau cheiro, aparência e toxicidade do leite estragado. Por isso, com efeito conservante, uma das fraudes consiste na adição do peróxido de hidrogênio, que elimina essas bactérias. O hidróxido de sódio é usado para corrigir a acidez do leite gerada pela fermentação, mascarando assim a expiração do produto. Geralmente o leite deteriorado é misturado com leite normal para depois ser adicionada a substância alcalina.

O reagente de Schiff pode ser preparado de diversas maneiras distintas, mas o princípio consiste basicamente na adição de um grupo de ácido sulfônico, gerado pela dissolução de dióxido de enxofre na água, ao carbono central de uma molécula de pararosanilina. Isso causa a interrupção do cromóforo.

Para preparação do reagente, optou-se por um dos métodos descritos por Morita e Assumpção (1972):

“185.1.2 Dissolvem-se 0,1 g de fucsina em 60 ml de água, deixa-se esfriar e adiciona-se solução de sulfito de sódio [1g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  anidro dissolvida em 9 ml de água e 1 ml de HCl (d: 1,18)]. Em seguida, dilui-se com água e completa-se a 100 ml. Usa-se esta solução após 5 horas de decantação.”

A preparação mais comum utiliza ácido sulfúrico para que ocorra a formação de dióxido de enxofre. Esse método utiliza ácido clorídrico e sulfito de sódio, que geram  $\text{SO}_2$ , conforme a equação:



O reagente de Schiff é também chamado de leucofucsina (leuco - prefixo grego, leukós, que significa branco), pois quando formado torna-se incolor ou, às vezes, amarelo claro. Especialmente no caso da fucsina básica (C.I 42510), que pode conter a pararosanilina, rosanilina, neofucsina e magenta II. Assim, a solução se torna levemente amarelada, com tom âmbar, devido às colorações homólogas. Não prejudica a detecção de aldeídos, apenas torna a reação um pouco mais avermelhada.

As ligações simples do reagente (A) voltam a ser duplas após a adição do aldeído, formando uma substância com coloração magenta ou fúcsia (B). (C) é uma possível molécula alternativa.

A pesquisa foi realizada na cidade de São Marcos (RS) no período de março a agosto de 2014. Após a investigação apresentada, optou-se por detectar amidos, hidróxido de sódio e formol.

Em seguida, foram buscados os processos padrão para a colorimetria destas substâncias e constatou-se que, para o amido, deveria ser utilizado o iodo, e para o hidróxido de sódio, um indicador de pH, nesse caso a fenolsulfoftaleína (vulgar vermelho de fenol). Para o formol, foi escolhido o teste com o reagente de Schiff.

A partir daí, fez-se necessário preparar o reagente de Schiff, e para fazer esse reagente foram utilizados fucsina básica, sulfito de sódio e ácido clorídrico.

A preparação do reagente de Schiff foi realizada no laboratório do Colégio Mutirão de São Marcos, sob a supervisão das professoras orientadoras.

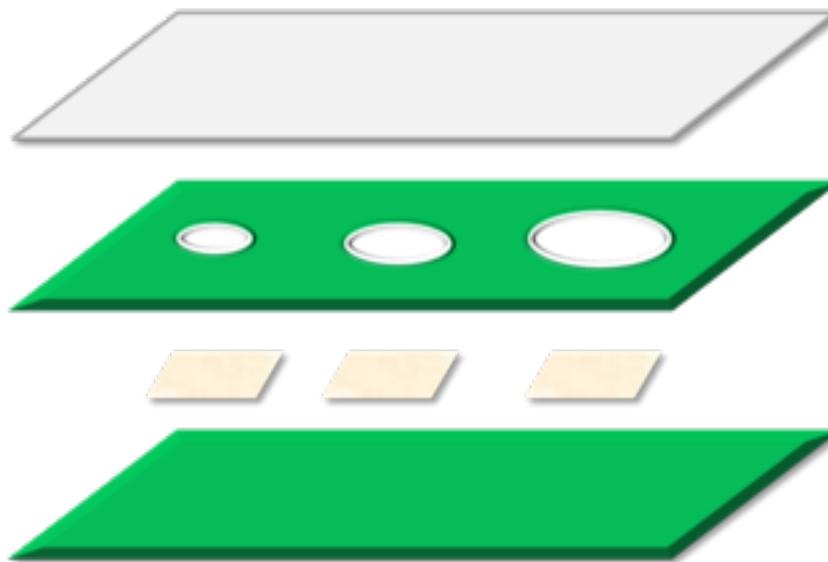
Inicialmente dissolveu-se 0,1g de fucsina em 60 ml de água destilada. A substância foi reservada para que ocorresse o resfriamento. Enquanto isso, foi preparada uma solução de sulfito de sódio misturando 1 g do sulfito em 9 ml de água destilada e 1 ml de ácido clorídrico. Em seguida, as duas substâncias foram misturadas e, em seguida, completou-se 100 ml de água destilada. A mistura tornou-se incolor, como esperado. No entanto, durante os testes, observou-se que ela não era funcional na detecção do aldeído. Por isso o processo foi repetido posteriormente, com maior precisão, e gerou uma mistura que atingiu parcialmente o objetivo esperado. A segunda mistura não atingiu a aparência ideal, pois a fucsina básica possuía outros elementos além da pararosanilina, conforme explicado anteriormente. Contudo, isso não interferiu nos resultados.

Para confecção das fitas foi usado filtro de café embebido com as substâncias indicadoras, sendo estas o reagente de Schiff, o vermelho de fenol e a tintura iodo.

Foram recortados três círculos de tamanhos distintos (para facilitar a diferenciação dos indicadores) em papel adesivo. O filtro de café foi colocado entre duas camadas de papel

adesivo, ficando com a superfície visível em uma das faces. As fitas foram cobertas com um adesivo incolor para evitar a evaporação dos indicadores e aumentar a precisão do teste. O formato circular evita o desperdício do reagente e facilita a remoção do adesivo protetor.

Ilustração do kit indicador Detectox



As fitas têm 13 cm de comprimento e 4,5 de largura. Os círculos possuem diâmetros de 3 cm (iodo), 2,5 cm (fenolsulfoftaleína) e 2 cm.

Para verificar a funcionalidade dos reagentes, foi necessário simular a contaminação do leite. Assim, foram contaminadas cinco amostras e duas reservadas para controle. A amostra 1 apresentava 25 ml de leite integral UHT (no período de validade), 75 ml de leite estragado e 1 g hidróxido de sódio. Na amostra 2 foram adicionados 100 ml de leite e 10 ml de formol. A amostra 3 tinha 100 ml de leite e 5 ml de formol. Na amostra 4, 100 ml de leite e 2 ml de formol. Na amostra 5 foram adicionados 30 ml de leite, 20 ml de água e 10 g de amido diluídos. O controle foi feito com leite integral UHT de duas marcas diferentes.

Amostras da simulação de fraudes

AMOSTRA (Nº)	CONTAMINANTE	LEITE	CONCENTRAÇÃO
1	1 g de NaOH	75 ml leite UHT azedo 25 ml leite UHT	10mg/ml
2	10 ml de formol	100 ml leite UHT	90,9 ml/l
3	5 ml de formol	100 ml leite UHT	47,6 ml/l
4	2 ml de formol	100 ml leite UHT	19,6 ml/l
5	10 g de amido de milho	30 ml de leite 20 ml de água mineral	200 mg/l
6 - controle	-	Leite UHT marca X	-
7 - controle	-	Leite UHT marca Y	-

A primeira versão do reagente de Schiff foi testada adicionando as amostras 2, 3 e 4 às fitas indicadoras, que não apresentaram nenhuma reação. Em seguida, as soluções foram misturadas em tubos de ensaio e também não houve a coloração. Depois, foi adicionado formol diretamente ao reagente, além de uma amostra de formol de outra fonte. Mesmo assim não houve coloração. Foi constatado então que o reagente não era funcional.

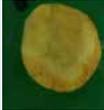
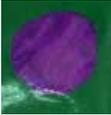
Para testar a segunda versão do reagente de Schiff foram usadas as amostras 2, 3 e 4, além do controle de duas marcas, X e Y, e água mineral. Primeiramente foi usado 1,5 ml do reagente e adicionado 1,5 ml da amostra a ser testada. As respectivas substâncias foram adicionadas a tubos de ensaio com uma proveta.

Utilizando as fotografias de todas as amostras testadas construiu-se uma tabela comparativa para viabilizar a análise dos resultados. Essa tabela foi elaborada com as imagens dos testes das amostras contaminadas aplicadas somente em seus respectivos indicadores.

Para o controle das variáveis, minimizou-se a diferença de tempo de aplicação das amostras em cada teste, sendo estas adicionadas com diferença de poucos segundos. Assim, todas as amostras reagiam quase que simultaneamente. Depois, eram aguardados cerca de trinta segundos para que a coloração fosse registrada, com boa iluminação, para que não distorcesse a cor.

O hidróxido de sódio reagiu da maneira esperada, obtendo uma cor rosada (E). O leite possui naturalmente o pH levemente ácido devido à presença do ácido láctico. Por isso, nos demais testes, o indicador adquiriu coloração amarelada. O protótipo trabalhou da maneira esperada na detecção do hidróxido de sódio. A terceira coluna, contendo iodo, também reagiu corretamente, indicando a presença de iodo com um tom azulado (C). No controle, a amostra se manteve amarelada. Os demais testes estão na tabela a seguir:

	AMOSTRA	INDICADOR	MEIO	COLORAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO SATISFATÓRIA
1	5	IODO	FITA		SIM
2	5	IODO	FITA		SIM
3	5	IODO	FITA		SIM

4	5	iodo	FITA		SIM
5	6	iodo	FITA		SIM
6	1	VERMELHO DE FENOL	FITA		SIM
7	1	VERMELHO DE FENOL	FITA		SIM
8	6	VERMELHO DE FENOL	FITA		SIM
9	2	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM
10	2	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM
11	2	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO*		SIM
12	3	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM
13	3	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO*		SIM
14	4	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM
15	4	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM

16	4	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO		NÃO
17	6	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		SIM
18	6	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO*		NÃO
19	7	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO*		NÃO
20	ÁGUA	REAGENTE DE SCHIFF	SOLUÇÃO*	INCOLOR	—
21	6	REAGENTE DE SCHIFF	FITA		**

\* As soluções possuem 1,5 ml da amostra e 1,5 ml do indicador.  
 \*\* Discussão na análise dos resultados.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A identificação do amido e do hidróxido de sódio foi satisfatória. A detecção do formol foi a que apresentou resultados mais divergentes. Comparando as amostras 2 e 3 (linhas 9 a 13) com os controles (linhas 17 a 21), observamos uma variação muito significativa na coloração. Sendo assim, é possível constatar que, para as concentrações 90,9 ml/l e 47,6 ml/l, o reagente se mostrou eficaz para detecção, mesmo sendo a tonalidade bem escura. Já para concentração de 19,6 ml/l a tonalidade obtida era levemente mais escura, contudo ainda parecia com o controle em solução (linha 16, 18, 19, 21 e 19).



Controle 7  
(linha 19)



Controle 6  
(linha 18)



Contaminação 19,6 ml/l  
(linha 19)

É possível perceber que o controle adquiriu coloração, quando não deveria. Primeiramente se supôs que resíduos de fucsina estavam no reagente e tingiam o leite, por isso foi realizado o teste com água (linha 20). No entanto, a água não adquiriu coloração, constando que os controles estavam, de fato, reagindo com o teste de Schiff. Já nos testes realizados nas fitas indicadoras, os resultados foram diferentes.



Contaminação 19,6 ml/l (linha 14)



Contaminação 19,6 ml/l (linha 15)



Controle 6 (linha 21)



Controle 6 (linha 17)

Nas imagens acima, a diferença já pode ser percebida com mais facilidade. Nas amostras da esquerda, o controle adquiriu tonalidade lilás, como no teste com as soluções. Já a amostra contaminada formou uma mancha central de coloração fúcsia/magenta, a ideal para este tipo de teste. Em torno da mancha observou-se a coloração rosa menos intensa. O motivo pelo qual a fita indica com maior sucesso a presença do formol pode estar relacionado ao fato de que, quando misturados na proveta, o formol se mistura de maneira mais homogênea com o leite, formando uma cor única. Já quando aplicado na fita, o formol reage individualmente, mostrando sua cor característica.

Nas amostras à direita foi aplicada uma quantidade um pouco menor do reagente, e o leite contaminado gerou uma coloração bem pálida, enquanto o controle formou apenas traços de cor roxa.

Quanto à reação dos controles com o teste de Schiff, acredita-se que alguma imprecisão nas medidas durante a preparação do reagente tenha ocasionado que o ácido láctico liberasse a coloração.

Observando os dados, percebemos que com a água, que possui pH neutro, a coloração não foi liberada (linha 20). A amostra número 1, que continha soda cáustica (alcalina), tampouco liberou a coloração. Acredita-se que uma dosagem errada do HCl ou dos componentes que o diluíam fizeram com que o pH ácido pudesse ocasionar a coloração.

Para manter a funcionalidade do produto, optou-se então por adicionar à embalagem uma cartela de cores para que o consumidor pudesse comparar o seu teste com os resultados obtidos pela pesquisa, facilitando a diferenciação do produto contaminado pelo formol do leite regular.



Cores comparativas para auxiliar na interpretação do kit

Após adicionar o leite ao Detectox, o consumidor deve fechar o adesivo protetor e aguardar 30 segundos para verificar a coloração. O produto deve ser descartado após o teste e não deve ser mantido junto com alimentos. Para realizar o teste, o consumidor deve utilizar uma proveta (canudo), que está inclusa no protótipo. O leite que será consumido não deve entrar em contato com o indicador.

#### 4. CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos, por meio dos testes realizados, chegou-se à conclusão de que, com o Detectox, é possível verificar se o leite a ser consumido está adulterado com substâncias nocivas à saúde.

Esta pesquisa visava à criação de um dispositivo detector de substâncias fraudulentas no leite, sendo estas o formol, o amido e a soda. Com o uso de reagentes específicos para cada detecção, foi possível estabelecer quais amostras de leite continham os contaminantes.

O Detectox é capaz de identificar amidos no leite, e também foi comprovado que ele indica a presença de hidróxido de sódio e formol nas concentrações acima de 19,6 ml/l, no leite UHT, não sendo comprovado que ele não detecte concentrações mais baixas.

Com a utilização de instrumentos mais específicos, o reagente de Schiff poderia ser desenvolvido de maneira mais qualificada, e sendo este reagente um indicador de aldeídos já comprovado, o kit poderia ser aprimorado e a detecção do formol aperfeiçoada. O resultado obtido foi entendido como satisfatório, pois além de prático conseguiu unir a detecção das três substâncias em um único instrumento.

O custo do produto também se manteve dentro do esperado. Quando confeccionado de maneira artesanal, como foi o caso, o produto custa aproximadamente R\$ 4,31 para a empre-

sa e chega ao consumidor por cerca de R\$ 6,48. Esses valores poderiam ser reduzidos pela metade quando adaptados para grandes empresas e produzidos em grandes quantidades.

Possuindo um custo e funcionamento acessível à população em geral, fica clara a possibilidade de cada consumidor realizar, em casa, a análise do leite de maneira eficaz, visto que os três reagentes puderam detectar as substâncias fraudulentas.

Tendo em vista que o objetivo do projeto era a junção destes três métodos de identificação de maneira mais prática e em único produto, a pesquisa alcançou seus objetivos de forma satisfatória.

O produto não apresenta grande toxicidade, podendo ser utilizado normalmente desde que não ocorra ingestão ou contato prolongado com a pele. Ou seja, ele pode ser manuseado como um produto de limpeza. Sendo assim, por mais difícil que seja a verificação das quantidades propostas pelos órgãos responsáveis, em âmbito caseiro, usar meios facilitadores e que se mostram altamente conclusivos pode ser uma alternativa preventiva à saúde e de cuidado com problemas futuros, contribuindo para uma alimentação saudável e garantindo a segurança alimentar e nutricional.

## REFERÊNCIAS

BEHMER, M. L. A. *Tecnologia do leite: produção, industrialização, análise*. Nobel, 1976.

BRANDÃO, Sebastião C.C. *Novas Tecnologias para Detecção de Fraudes no Leite*, Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFV. Disponível em: <http://www.simleite.com/home/palestras/simleite6.pdf>

BRITO, Maria A.V.P; BRITO, José R.F. *Qualidade do Leite*. Disponível em: [http://fernandomadalenalena.com/site\\_arquivos/903.pdf](http://fernandomadalenalena.com/site_arquivos/903.pdf).

CARVALHO, Bruna Mara Aparecida de, et al. Métodos de detecção de fraude em leite por adição de soro de queijo. In: *Revista Eletrônica de Veterinária*, v. 8, n. 6, p. 1-7, 2007.

MARTINS, Ana M. C.V; ROSSI JUNIOR, Oswaldo D.; SALOTTI, Bruna M.; BURGER, Karina P.; CORTEZ, Ana L.L.; CARDOZO, Marita V. *Efeito do Processamento UAT (Ultra Alta Temperatura) Sobre as Características Físico-Químicas do Leite*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n2/a05v28n2>

MARTINS, Guilherme B.C. *Desenvolvimento de uma metodologia portátil para análise de metanol em etanol e detecção de aldeídos visando à utilização em combustíveis e outros produtos comerciais*. 2012.

<Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10324/3/2012\\_GuilhermeBandeiraCandidoMartins\\_Parcial.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10324/3/2012_GuilhermeBandeiraCandidoMartins_Parcial.pdf)>

MORITA, T.; ASSUMPTÃO R. M. V. *Manual de soluções, reagentes e solventes: padronização, preparação, purificação*. Editora Edgard Blücher, 1972.

MORRISON, R. T. BOYD, R. N. *Química Orgânica*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1973.

NASH, T. *The Colorimetric estimation of formaldehyde by means of the hantsch method*. G.H Wiltshire, 1953.

SOARES, Daniely Xavier; ZUPPA, Tatiana de Oliveira, RODOVALHO, Erica. *Avaliação das Características Físico-Químicas do Leite Ultrapasteurizado (UHT)*. Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (UEG).

VILELA, Duarte. A importância econômica, social e nutricional do leite. In: *Revista Batavo*, n. 111, 2001. Disponível em < <http://www.nupel.uem.br/importancia.pdf> >

VOLMER, G. *Elementos De Bromatologia Descritiva*. Editorial Acribia SA. Zaragoza, 1999.

#### PARA SABER MAIS

**Joana Meneguzzo Pasquali**  
joanampasquali@gmail.com  
(54) 3291-1699 / (54) 9242-8784

**Andréia Michelin Gobbi**  
(orientadora)  
andreiamichelongobbi@gmail.com

**2º LUGAR**

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO MÉDIO



**MOISÉS LOPES RODRIGUES**

Escola Estadual de Ensino Médio Rui Barbosa  
Tucuruí - PA

## Uso de resíduos de peixe como fertilizante na agricultura familiar

### INTRODUÇÃO

Nossa cidade é tradicionalmente pesqueira, quer pelo lazer quer pelo comércio de peixe, que é muito expressivo em nossa região. No entanto, esse comércio tem gerado um resíduo que tem sido um problema para a população residente no entorno dos pontos de venda do pescado. O consumidor recebe o peixe limpo, sem cabeça ou rabo, por exemplo. Esses restos costumam ir para o lixo e, na maioria das vezes, são descartados de forma inadequada. Em consequência disso, é possível ver a todo instante uma grande quantidade de carcaças de peixe jogada diretamente nos rios, provocando um forte cheiro, poluindo a água e prejudicando diretamente o meio ambiente. Por conta disso, pensamos em utilizar tais resíduos como material-prima para a produção de um fertilizante que possa ser usado na agricultura familiar; um produto praticamente sem custos e ecologicamente correto.

A ideia de se produzir um adubo à base de resíduos de peixe nasce também da carência de solos ricos em propriedades naturais. Na maioria das vezes vemos o solo sendo nutrido por fertilizantes químicos, que se não forem bem utilizados podem afetar a agricultura de forma inadequada. Além disso, a utilização de carcaças de peixes na composição de adubos traz consigo um grande impacto sobre os aspectos econômico, produtivo, e principalmente natural, proporcionando assim estimativa de produtividade tanto para a população humana quanto para o meio ambiente.

Diante disso, este trabalho propõe uma alternativa para destinar carcaças de resíduos sólidos de peixes de forma correta e consciente, de maneira natural e de baixo custo, optando pela valorização de restos de peixes inadequados para o consumo humano, além de reduzir o impacto da atividade pesqueira sobre o meio ambiente e de diminuir a geração de lixo.

A proposta deste trabalho é a utilização do fertilizante feito com os rejeitos de peixe na agricultura familiar na cidade de Breu Branco, no Estado do Pará, visto que esses pequenos empreendedores não dispõem de um aparato financeiro suficiente para custear suas produções e utilizam a adubação convencional, que tem se mostrado inacessível devido ao alto preço.

## 1. OBJETIVOS GERAIS

- Produzir fertilizante natural à base de resíduos de peixe e utilizá-lo em adubação para a agricultura familiar.
- Reduzir os impactos ambientais causados pelo despejo das carcaças de peixe em locais inapropriados.
- Produzir fertilizante natural de baixo custo.
- Propor uma alternativa de adubação em substituição aos fertilizantes químicos.
- Amenizar os transtornos cotidianos vividos pela população devido ao odor forte e desagradável no ambiente e a atração de animais que se proliferam nos locais de despejo dos resíduos da pesca.
- Colaborar de forma significativa para a qualidade de vida dos cidadãos.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1-Local de coleta

O material foi coletado nos pontos de venda do pescado, localizados no km 11 da rodovia BR 422, na cidade de Tucuruí, no Estado do Pará, em vez de serem jogados em local impróprio, formando um lixão a céu aberto. A amostra coletada era constituída de aproximadamente 8 quilos de carcaças de peixe de várias espécies, conforme mostrado na figura 1.



Figura 1 – Carcaças de peixe de várias espécies

## 2.2-Preparo do fertilizante

O material foi primeiramente posto para secar a céu aberto por cinco dias para reduzir a umidade da massa de peixe. Para completar a desidratação e diminuir os riscos de infestação por agentes biológicos o material foi posto para assar, usando-se uma panela de ferro, durante 24 horas. Para reduzir gastos, a carcaça de peixe foi assada usando-se galhos secos de árvores como lenha, coletados próximo ao local de plantio.

Terminada a desidratação, procedeu-se à trituração do material, que foi realizada na propriedade do senhor Pedro Viana, pequeno agricultor residente no município de Breu Branco. A trituração foi feita utilizando-se um triturador forrageiro agrícola. Depois de triturado, o material foi peneirado em uma peneira com 0,5 mm de diâmetro. O produto final foi acondicionado em sacos plásticos, como mostra a figura 2.



Figura 2 – Carcaça de Peixe triturada

### 2.3-Plantio

O plantio foi realizado na segunda quinzena do mês de maio, período em que as chuvas começam a diminuir na região amazônica. O plantio aconteceu também na propriedade do senhor Pedro Viana. As hortaliças escolhidas para serem estudadas nesta pesquisa foram o coentro (*Coriandrum sativum*) e a alface (*Lactuca sativa*), devido ao ciclo curto e à boa aceitação para venda. Foram semeadas quatro leiras, sendo duas com coentro e as outras duas com alface.

### 2.4-Adubação

Após a germinação, foi realizado um desbaste de modo que cada leira ficou com cem plantas. A adubação foi realizada sete dias após o plantio, a distribuição do fertilizante foi feita a uma distância de 0,02 metros

acompanhando a linha de plantio, conforme mostrado na figura 3. Para efeito comparativo, uma leira contendo coentro foi adubada com fertilizante de resíduo de peixe (F.R.P) e em outra, como testemunha, utilizou-se esterco de curral curtido (E.C.C). O mesmo procedimento foi adotado para as leiras com alface.



Figura 3 – Adubação com Fertilizante de Resíduos de Peixe (F.R.P.)

### 3. RESULTADOS

#### 3.1-Desenvolvimento das plantas

##### 3.1.1-Coentro

Medições foram realizadas aos 20 dias de condução do experimento, e foi observado que as plantas de coentro que receberam F.R.P apresentaram um tamanho médio na ordem de 0,45 metros, enquanto as adubadas com E.C.C tiveram um crescimento médio menor, alcançando 0,35 metros de altura (tabela 1).

Tabela 1 – Tamanho Médio do Coentro

	<b>Coentro</b>
	<b>Tamanho Médio (m)</b>
Com F.R.P.	0,45
Com E.C.C.	0,35

Esse acréscimo de 0,10 metros nas plantas adubadas com F.R.P torna bastante interessantes para venda, uma vez que o consumidor prioriza comprar maços de coentro de tamanhos mais avantajados em detrimento dos de menor tamanho. A figura 4 mostra plantas de coentro cultivadas com F.R.P.



Figura 4 – Coentro Cultivado com Fertilizante de Resíduos de Peixe (F.R.P)

### 3.1.2-Alface

Plantas de alface adubadas com F.R.P alcançaram uma altura média de 0,38 metros, enquanto as cultivadas usando o E.C.C alcançaram altura média de 0,30 metros (tabela 2). Percebeu-se então um acréscimo médio de 0,08 metros nas plantas que receberam o F.R.P. A figura 5 mostra plantas de alface cultivadas com F.R.P.

Tabela 2 – Tamanho Médio do Alface

	<b>Alface</b>
	<b>Tamanho Médio (m)</b>
Com F.R.P.	0,38
Com E.C.C.	0,30

De modo semelhante ao que acontece com o coentro, o consumidor final tem maior interesse em adquirir maços de alface de maior porte.



Figura 5 – Alface Cultivado com Fertilizante de Resíduo de Peixe (F.R.P)

### 3.2-Ciclo de vida

#### 3.2.1-Coentro

Aos 28 dias de plantado, o coentro adubado com F.R.P já se encontrava em condições de ser colhido para venda, enquanto as plantas nas quais foi usado o E.C.C alcançaram o ponto de corte somente aos 36 dias (tabela 3).

Tabela 3 – Ciclo de Vida do Coentro

	<b>Coentro</b>
	<b>Ciclo de Vida (dias)</b>
Com F.R.P.	28
Com E.C.C.	36

Esses resultados de maior precocidade quando se aduba com F.R.P mostram-se bastante favoráveis, pois as culturas permanecem menos tempo no solo, o que consome menos das suas reservas nutricionais.

#### 3.2.2-Alface

A cultura do alface submetida à adubação com o F.R.P foi colhida aos 28 dias, enquanto o seu similar, adubado com o E.C.C, só se mostrou pronto para venda ao atingir 37 dias após plantado (tabela 4).

tabela 4 – Ciclo de Vida do Alface

	<b>Alface</b>
	<b>Ciclo de Vida (dias)</b>
Com F.R.P.	28
Com E.C.C.	37

Para o pequeno agricultor, essa precocidade de crescimento das hortaliças em resposta à adubação com o F.R.P garante uma maior rotação de culturas, de modo a dispor para venda uma produção em menor tempo, garantindo uma maior lucratividade.

## 4-CONCLUSÃO

As plantas de coentro e alface adubadas com fertilizante de resíduo de peixe (F.R.P) apresentaram um desenvolvimento maior do que as produzidas com esterco de curral curtido (E.C.C).

As plantas de coentro e alface submetidas à adubação com F.R.P apresentaram precocidade para a colheita em relação às plantas de coentro e alface cultivadas usando E.C.C.

O uso do F.R.P proporcionou um menor tempo de colheita, o que pode ser traduzido como uma vantagem para o pequeno agricultor quanto à disponibilidade para venda das hortaliças estudadas.

A aplicação desses nutrientes, advindos do F.R.P, é uma importante alternativa para o desenvolvimento de culturas mais saudáveis e livres de fertilizantes químicos.

A adubação com F.R.P pode ser mais uma alternativa aos agricultores orgânicos, pois mostrou ser de baixo custo, fácil aquisição, bom manejo e principalmente produzir hortaliças que satisfaçam as exigências de pessoas que busquem uma alimentação mais saudável, garantindo qualidade de vida para a população, propiciando um presente e futuro melhores para o meio ambiente, a naturalidade total da horta, desde os nutrientes postos no adubo até o crescimento final.

## 5-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Propriedades Nutricionais dos Peixes.** (s.d). Disponível em: <http://www.nutrosoft.com.br/site/artigos/peixe>. Acesso em: 04 de agosto de 2014.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental .**GESTÃO E**

**CONTROLE AMBIENTAL.**(s.d). Disponível: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000600014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000600014&script=sci_arttext). Acesso em: 04 de agosto de 2014.

Ecycle. **Saiba onde descartar seus resíduos.** (s.d). Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1329-como-o-que-uso-fertilizantes-agricultura-emissoes-desequilibrio-efeito-estufa-problema-aquecimento-global-contaminacao-meio-ambiente>. Acesso em: 12 de setembro de 2014.

Alface *Lactuca sativa*. **Informação Nutricional.** Disponível em: [jardineiro.net.htm](http://jardineiro.net.htm). Publicado em 12 de agosto de 2013. Acesso em: 20 de agosto de 2014.

Coentro *Coriandrum sativum*. **Informação Nutricional.** Disponível em: [jardineiro.net.htm](http://jardineiro.net.htm). Publicado em 12 de agosto de 2013. Acesso em: 20 de agosto de 2014.

Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Pescados.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 20 de agosto de 2014.

### PARA SABER MAIS

**Moisés Lopes Rodrigues**  
rodriguesmoises081@gmail.com  
(94) 98132-8268

**Paulo Sérgio Melo das Chagas**  
(orientador)  
paulo.meioambiente@hotmail.com

**3º LUGAR**

CATEGORIA  
ESTUDANTE DO  
ENSINO MÉDIO



**BRUNA MARCHESAN MARAN**

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)  
São Miguel do Oeste - SC

## **Avaliação das propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicação em biscoito tipo cookie**

### **1. APRESENTAÇÃO (PROBLEMA, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS)**

A soja é mundialmente cultivada devido aos seus benefícios nutricionais (CHEN et al., 2010). Na safra de 2010/2011, a produção global foi de 263,7 milhões de toneladas. Os Estados Unidos são os maiores produtores, com 90,6 milhões de toneladas, seguidos do Brasil, com 75,3 milhões (EMBRAPA, 2011). A soja contém uma elevada quantidade de componentes benéficos à saúde, como proteínas, isoflavonas, fibras, ácidos graxos essenciais e oligossacarídeos (LIU, 1997; MATSUMOTO, WATANABE e YOKOYAMA, 2007; REN et al., 2006; ROSTAGNO, PALMA e BARROSO, 2005). Em média, a soja é constituída de 40% de proteína, 35% de carboidratos, 20% de lipídios e 5% de cinzas (LIU, 1997). A composição química é variável, pois depende de fatores como o cultivo, a época de plantio, a localização e outros (LIU, 1997; POYSA e WOODROW, 2002). Estes indicadores e os novos desafios do agronegócio brasileiro, impostos pelos mercados nacional e internacional, induzem a uma reflexão sobre a importância de investigar esta importante matéria-prima.

Após a obtenção e filtração do extrato de soja, obtém-se o produto conhecido como okara, que é tratado como um resíduo industrial com pouco valor de mercado, em função da vida útil curta. O volume de produção do okara é elevado, com cerca de duas a três toneladas de okara/tonelada de soja processada (GRIZOTTO et al., 2006), o que torna necessária a utilização deste resíduo. Da desidratação de 1 quilo deste produto podem ser obtidos 250 gramas de okara seco que, quando moído, pode ser transformado em farinha (O'TOOLE, 1999).

O okara possui cerca de 30% de proteínas; 8,5% de lipídios; 3,8% de carboidratos; 3,0% de

cinzas e 55,5% de fibras em base seca (VILLANUEVA et al., 2010). Ainda pode conter aproximadamente um terço do conteúdo das isoflavonas presentes na soja (JACKSON et al., 2002). Apesar dos componentes nutritivos, o okara tem sido mais utilizado na fabricação de rações para animais do que para alimentação humana (PARK et al., 2001). Sua composição química apresenta um elevado valor nutritivo e pode ser aplicado em alguns produtos alimentícios com a finalidade de melhorar as características tecnológicas, funcionais e nutricionais.

Devido à elevada umidade (85 g/100g) e valor nutritivo, o okara se deteriora rapidamente e, portanto, é necessário utilizar um método de conservação adequado (GRIZOTTO e AGUIRRE, 2011), de tal forma que propicie uma maior aplicação. A desidratação é o meio mais viável de conservação deste resíduo e permite uma considerável redução de custo no armazenamento e transporte (GRIZOTTO e AGUIRRE, 2011). É importante que durante o processo de desidratação sejam mantidas as propriedades funcionais tecnológicas das proteínas. O okara ainda não foi caracterizado totalmente, é pouco utilizado como alimento ou até mesmo desprezado. Para utilização em alimentos, é importante que sejam caracterizadas as propriedades tecnológicas funcionais do okara para que se possa direcionar sua utilização. A adição do okara em outros alimentos pode promover uma melhoria na qualidade nutricional e no desenvolvimento de produtos ricos em fibras (REDONDO-CUENCA, VILLANUEVA e RODRÍGUEZ-SEVILLA, 2008; VILLANUEVA et al., 2010). Além disso, o produto contém isoflavonas e proteínas de soja, que são considerados ingredientes funcionais por diminuírem os níveis de colesterol sanguíneo (BRASIL, 2002).

A incorporação do okara em alimentos pode eliminar uma possível fonte de poluição e agregar valor econômico ao produto (RINALDI, NG e BENNINK, 2000). Vários efeitos benéficos à saúde têm sido relacionados ao consumo de okara. Experimentos *in vitro* têm indicado que o okara é uma fonte potencial de componentes antioxidantes (AMIN e MUKHRIZAH, 2006) e, em virtude do seu alto conteúdo de fibras, pode reduzir ou controlar o colesterol e os níveis de triglicerídeos (JENKINS et al., 2002; KEENAN et al., 2007). Portanto, este trabalho tem como objetivo geral avaliar as propriedades funcionais tecnológicas do okara desidratado e aplicá-lo na elaboração de cookies. Para tanto, os objetivos específicos são: Determinar as condições de desidratação do okara utilizando um planejamento fatorial; identificar as características funcionais tecnológicas do okara; aplicar o okara em diferentes concentrações na formulação de biscoitos cookie; e caracterizar as propriedades físicas e sensoriais dos cookies.

## 2. DESENVOLVIMENTO (METODOLOGIA E ANÁLISE)

O okara foi obtido do processamento do extrato de soja e foi doado pela empresa Cocamar, situada em Maringá (PR). O okara foi submetido a diferentes processos de desidratação, em estufa com circulação de ar, com a finalidade de aumentar sua vida útil. Para determinar a condição ideal de secagem foi aplicado um planejamento fatorial  $3^2$ , utilizando como variáveis independentes o tempo ( $X_1$ ) e a temperatura ( $X_2$ ) de secagem. As funções-resposta fo-

ram umidade ( $Y_1$ ), atividade de água ( $Y_2$ ), capacidade de absorção de água ( $Y_3$ ) e capacidade de absorção de óleo ( $Y_4$ ). Para avaliação dos resultados foi utilizado o software Statistica 8.0 para as análises de regressão e para obter os modelos de superfície de resposta. A umidade foi determinada segundo AOAC (2006). A atividade da água foi determinada pelo equipamento AquaMaster. A capacidade de absorção de água e óleo foi realizada segundo Okezie e Bello (1988). Após a análise da superfície de resposta foi escolhida uma condição de secagem em que o okara apresentasse menor umidade de atividade de água e maior capacidade de absorção de água e óleo.

O okara foi aplicado no desenvolvimento de biscoitos cookie, nas proporções de 0%, 25%, 50% e 75%, em substituição à farinha de trigo, utilizando a formulação descrita na tabela 1.

Tabela 1 – Formulação dos cookies com adição de okara

Ingrediente	Cookie controle	Cookie 25%	Cookie 50%	Cookie 75%
Farinha de trigo	23,3	17,5	11,6	5,8
Okara		5,8	11,7	17,5
Bicarbonato de sódio	0,6	0,6	0,6	0,6
Sal	0,3	0,3	0,3	0,3
Manteiga	12,6	12,6	12,6	12,6
Açúcar refinado	10,0	10,0	10,0	10,0
Açúcar mascavo	8,3	8,3	8,3	8,3
Essência de Baunilha	0,1	0,1	0,1	0,1
Ovo	1,9	1,9	1,9	1,9
Gotas de chocolate	43,0	43,0	43,0	43,0

Para tanto, os ingredientes secos foram previamente pesados e misturados, seguido da adição dos demais ingredientes. Os produtos foram assados em forno combinado a 180°C por 20 minutos. Após assados, os biscoitos foram deixados para resfriar em ambiente aberto e sem ventilação, evitando formação excessiva de rachaduras na superfície e aspecto murcho e, então, armazenados em recipientes plásticos para a realização das análises.

As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com o método 10-50D da AACC (2000). Para a determinação do diâmetro, os cookies foram medidos após o forneamento por meio de uma régua, e a espessura foi determinada por meio do paquímetro. O volume específico foi calculado pela relação entre o volume aparente e o peso dos cookies após o forneamento. O rendimento foi calculado pela relação entre o peso cru e o peso assado do cookie.

A avaliação sensorial das formulações de cookies foi realizada com no mínimo 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, dentre alunos, professores e funcionários do IFSC. Foi realizado um teste de aceitação de atributos, e os provadores foram instruídos a apontarem o quanto gostaram ou desgostaram do produto em relação aos atributos de cor, aroma, textura, sabor e aceitação global, por meio de uma escala hedônica de nove pontos estruturados, variando de “Desgostei Extremamente (1)” a “Gostei Extremamente (9)” (STONE e SIDEL, 2004). Também foi realizado um teste de intenção de compra para cada amostra, em que

o provador utilizou uma escala hedônica de sete pontos estruturados variando de “Nunca compraria (1)” a “Certamente compraria (5)” e um teste de preferência.

### 3. CONCLUSÃO (RESULTADOS DA PESQUISA)

Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para as funções-resposta umidade, atividade da água ( $A_w$ ), capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO).

Tabela 2 – Funções-resposta obtidas no planejamento fatorial para secagem do okara

Ensaio	$x_1$	$x_2$	Temperatura (°C)	Tempo (h)	Umidade (%)	$A_w$	CAA	CAO
							(g de água/g amostra)	(g de água/g amostra)
1	-1	-1	55	4	60,61	0,98	1,21	1,26
2	-1	0	55	8	49,66	0,97	1,99	1,48
3	-1	1	55	12	17,53	0,79	2,83	1,58
4	0	-1	80	4	63,49	0,98	1,51	1,07
5	0	0	80	8	14,21	0,77	2,95	0,71
6	0	1	80	12	4,29	0,31	6,35	1,56
7	1	-1	105	4	30,91	0,95	2,85	1,19
8	1	0	105	8	4,31	0,38	2,31	1,57
9	1	1	105	12	8,65	0,67	2,27	1,65
10	0	0	80	8	30,31	0,95	2,77	1,15
11	0	0	80	8	21,32	0,89	2,80	1,25

Na figura 1 podemos verificar os gráficos de superfície de resposta de acordo com o tempo e a temperatura utilizados na desidratação do okara para as funções-resposta investigadas.

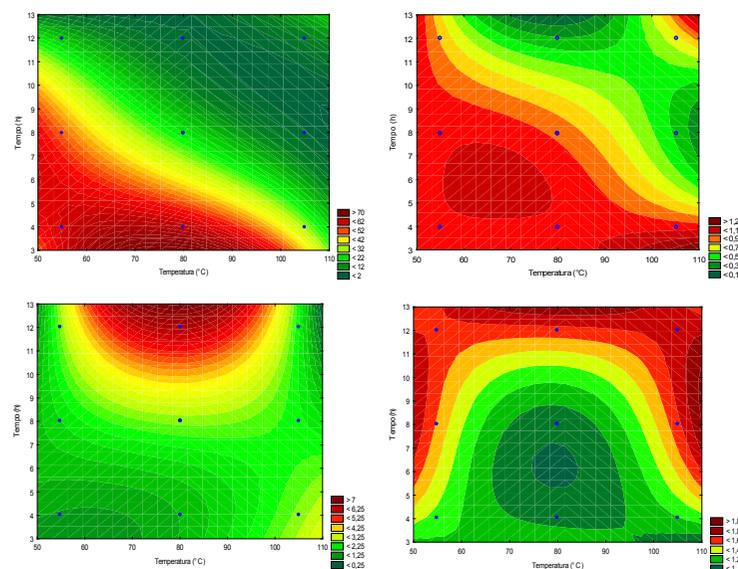


Figura 1 – Superfície de resposta para a umidade (A), atividade da água (B), CAA (C) e CAO (D) Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com os dados obtidos na tabela 1 e com os gráficos de superfície de resposta apresentados na figura 1, pode-se observar que a temperatura e o tempo de secagem apresentaram efeitos significativos sobre a umidade, a atividade da água, a capacidade de absorção de água e a capacidade de absorção de óleo. Em relação à umidade, pode-se observar que a variável tempo apresentou efeito linear significativo, indicando que, quanto maior for o tempo de secagem, menor será a umidade do okara. Em relação à função-resposta atividade da água, pode-se observar que a variável tempo apresentou efeito linear significativo, indicando que conforme aumenta o tempo de secagem menor será a atividade de água do okara. Observando-se a superfície de resposta para a capacidade de absorção de água, verificou-se que as variáveis temperatura e tempo apresentaram efeitos linear e quadrático significativos, sendo que, conforme ocorreu aumento dos níveis de temperatura e tempo, menor foi a capacidade de absorção de água do okara. Isto provavelmente ocorreu devido à desnaturação das proteínas da soja, que nesta condição têm menos capacidade de se ligar e absorver água. As principais proteínas da soja  $\beta$ -conglucina (7S) e glicinina (11S) desnaturaram entre 65-75°C e 85-95°C, respectivamente (KITABATAKE, TAHARA e DOI, 1990), que foi a faixa de temperatura empregada neste estudo para a desidratação do okara. Observando a superfície de resposta para a capacidade de absorção de óleo, nota-se que as variáveis temperatura e tempo não apresentaram efeitos linear e quadrático significativos. Entretanto, observa-se que, em condições de maior temperatura e tempo, há uma maior capacidade de absorção de óleo do okara, possivelmente devido ao menor conteúdo de água ligada no produto nesta condição. Observando os resultados obtidos e as superfícies de resposta, aplicou-se a técnica de desejabilidade para obter a condição de temperatura e tempo que apresentasse menor umidade, menor atividade de água, e maior capacidade de absorção de água e óleo. Assim, a melhor condição de desidratação do okara foi a de 80°C por 12 h. Nesta condição, o okara foi desidratado e empregado na elaboração dos cookies.

Através dos dados apresentados na tabela 3, referente às análises físico-químicas das amostras de cookie, pode-se perceber que, em relação ao diâmetro e ao rendimento, não foram observadas diferenças. Entretanto, para a análise de espessura, as amostras com adição de 50% e 75% de okara obtiveram resultados iguais, diferindo da amostra com 25% de okara e da amostra controle. Para o volume específico, a amostra controle apresentou maior valor, diferindo das demais amostras.

Tabela 3 – Características físico-químicas dos cookies com adição de okara

Amostra	Diâmetro (cm)	Rendimento (%)	Espessura (cm)	Volume Específico (cm <sup>3</sup> /g)
Controle	3,0±0,4 <sup>a</sup>	89,7±1,0 <sup>a</sup>	1,5±0,2 <sup>c</sup>	1,3±0,2 <sup>a</sup>
25%	3,0±0,4 <sup>a</sup>	90,4±0,9 <sup>a</sup>	1,8±0,1 <sup>b</sup>	0,7±0,1 <sup>b</sup>
50%	3,1±0,3 <sup>a</sup>	89,8±0,6 <sup>a</sup>	1,9±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>b</sup>
75%	2,7±0,2 <sup>a</sup>	89,6±4,7 <sup>a</sup>	2,0±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>b</sup>

Médias  $\pm$  desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste estudo para o diâmetro dos cookies são similares aos descritos por Miranda et al. (2010) na elaboração do biscoito tipo cookie, com variação nos teores de lipídeos e açúcar. Entretanto, em relação à espessura, os valores são maiores, e para volume específico, os valores são menores que os observados por Miranda et al. (2010). Em cookies com utilização de farinha de quinoa (BICK, FOGAÇA e STORCK, 2014) foi relatado um maior diâmetro que os cookies formulados neste estudo, sendo que o volume específico também foi inferior.

Na tabela 4 estão apresentados os resultados do teste de aceitação sensorial.

Tabela 4 – Aceitação sensorial dos cookies com adição de okara

Amostra	Sabor	Cor	Aparência	Textura	Aceitação Global	Intenção de Compra
Controle	7,2±1,4 <sup>a</sup>	6,8±1,7 <sup>a</sup>	6,7±1,8 <sup>a</sup>	6,7±1,8 <sup>a</sup>	7,0±1,4 <sup>a</sup>	2,4±1,1 <sup>a</sup>
25%	7,5±1,3 <sup>a</sup>	7,2±1,4 <sup>a</sup>	7,2±1,4 <sup>a</sup>	6,8±1,5 <sup>a</sup>	7,2±1,2 <sup>a</sup>	2,3±1,0 <sup>a</sup>
50%	7,2±1,7 <sup>a</sup>	7,1±1,5 <sup>a</sup>	7,2±1,3 <sup>a</sup>	6,9±1,6 <sup>a</sup>	7,1±1,6 <sup>a</sup>	2,3±1,1 <sup>a</sup>
75%	7,1±1,9 <sup>a</sup>	7,3±1,5 <sup>a</sup>	7,1±1,6 <sup>a</sup>	6,7±2,1 <sup>a</sup>	7,0±1,7 <sup>a</sup>	2,5±1,3 <sup>a</sup>

Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Os resultados da aceitação de sabor, cor, aparência, textura e aceitação global não diferem entre as amostras, o que mostra que o okara, adicionado em substituição à farinha, não interferiu na aceitação dos provadores. Resultados similares foram obtidos por Bick, Fogaça e Storck (2014) e Clerici, Oliveira e Nabeshima (2013) em cookies. Com esses resultados, constata-se que cookie com aplicação de okara em substituição à farinha de trigo pode ser elaborado em todas as concentrações descritas (25 a 75%), uma vez que sua interferência nas características físicas não diminuiu a aceitação sensorial.

Na figura 2 são apresentados os gráficos referentes à intenção de compra e preferência dos cookies com adição de okara.

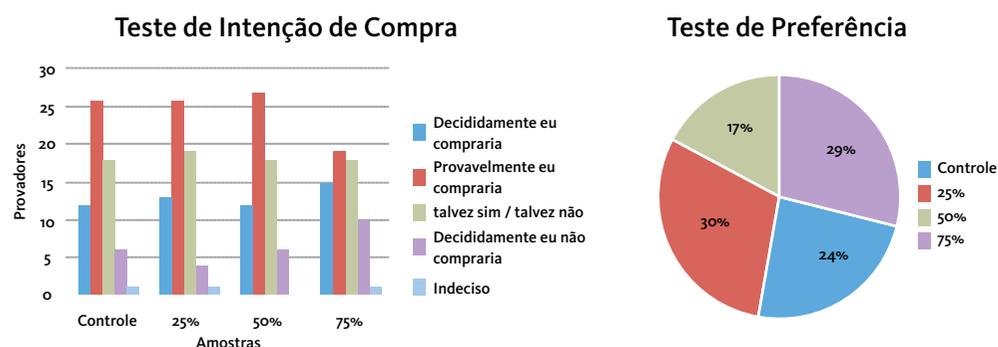


Figura 2 – Teste de intenção de compra e preferência dos cookies com adição de okara

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao teste de intenção de compra (figura 2), pode-se verificar que as amostras-controladas com 25% e 50% de substituição de farinha de trigo por okara foram citadas na maioria das vezes como “provavelmente compraria”, seguidas da amostra com utilização de 75% de okara. Para o teste de preferência (figura 2), 17% dos provadores preferiram a amostra de 50% de okara, 24% preferiram a amostra controle, 29% a amostra com 75% de okara e 30% dos provadores preferiram a amostra com 25% de okara. Pode-se dizer que as amostras com 25% e 75% são as mais aceitas e com pouca diferença em sua aceitação.

Constata-se, assim, que o okara pode ser adicionado substituindo a farinha de trigo em diferentes concentrações sem alterar, em geral, a qualidade do cookie. Pode-se dizer que é vantajosa a adição de okara em cookies porque é um produto barato no mercado e possui benefícios nutricionais por ser um resíduo da soja. Além disso, como o okara é, na maioria das vezes, descartado pela indústria, seria uma ótima forma de aproveitamento deste resíduo, diminuindo a poluição ambiental e agregando valor a este subproduto, que pode ser aproveitado para o consumo humano devido às características nutricionais e funcionais que possui.

## REFERÊNCIAS

AMIN, I.; MUKHRIZAH, O. Antioxidant capacity of methanolic and water extracts prepared from food-processing by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, n.5, p. 778–784, 2006.

AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International* – v. I and II, 18th Edition, Rev. 1, 2006.

BICK, Marília Alessandra; FOGAÇA, Aline de Oliveira; STORCK, Cátia Regina. Biscoito com Diferentes Concentrações de Farinha de Quinoa em Substituição Parcial à Farinha de Trigo. *Brazilian Journal of Food Technology*. v. 17, nº 2, p.121-129, 2014.

BRASIL. Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 02 de 7 de janeiro de 2002. Aprova Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional ou de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. 9 de janeiro de 2002. Disponível em: < <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=1567&word=>>. Acesso em 29 de setembro de 2010.

CLERICI, Maria Teresa Pedrosa Silva; NABESHIMA, Elizabeth Harumi; OLIVEIRA, Maísa Estefânia de. Qualidade física, química e sensorial de biscoito tipo cookie elaborado com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. *Brazilian Journal of Food Technology*. v. 16, nº 2, p. 139-146, 2013.

CHEN, H.; LI-JUN, L.; JIAN-JUN, Z.; BO, X.; RUI, L. Chemical composition analysis of soybean oligosaccharides and its effect on ATPase activities in hyperlipidemic rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 46, nº 2, p. 229-231, 2010.

EMBRAPA, 2011. Soja em números (safra 2010/2011). Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=294&cod\\_pai=16](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=294&cod_pai=16). Acesso em 30 de agosto de 2011.

GRIZOTTO, R.K.; AGUIRRE, J.M. Study Of The Flash Drying of the Residue from Soymilk Processing - "Okara". *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v. 31, nº 3, p. 645-653, 2011.

GRIZOTTO, R. K. *A Study Of New Soybean Cultivars For The Production Of Protein Extract*. In: Seminário de Iniciação Científica. Campinas: Instituto De Tecnologia De Alimentos, 2006.

JACKSON, C. J.; DINI, J. P.; LAVANDIER, C.; RUPASINGHE, H. P. V.; FAULKNER, H.; POYSA, V.; BUZZELL, D.; GRANDIS, S. de. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. In: *Process Biochemistry*, v. 37, p. 1117-1123, 2002.

JENKINS, D.J.A.; KENDALL, C.W.C.; VUKSAN, V.; VIDGEN, E.; PARKER, T.; FAULKNER, D. Soluble fiber intake at a dose approved by the US Food and Drug Administration for a claim of health benefits: Serum lipid risk factors for cardiovascular disease assessed in a randomized controlled crossover trial. In: *American Journal of Clinical Nutrition*, v.75, p. 834-839, 2002.

KEENAN, J.M.; GOULSON, M.; SHAMLIYAN, T.; KNUTSON, N.; KOLBERG, L.; CURRY, L. The effects of concentrated barley  $\beta$ -glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *British Journal of Nutrition*, v. 97, p. 1162-1168, 2007.

KITABATAKE, N.; TAHARA, M.; DOI, E. Thermal denaturation of soybean protein at low water contents. In: *Agricultural and Biological Chemistry*, 54, 2205-2212, 1990.

LIU, K.S. *Soybeans: Chemistry, technology and utilization*. New York: Chapman e Hall, 1997.

MATSUMOTO, K.; WATANABE, Y.; YOKOYAMA, S. Okara, soybean residue, prevents obesity in a diet-induced murine obesity model. In: *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, v. 71, p. 720-727, 2007.

MIRANDA, Martha Zavariz de; MORAES, Kessiane Silva de; SALAS-MELLADO, Myriam de las Mercedes; ZAVAREZE, Elessandra da Rosa. Avaliação Tecnológica do Biscoito Tipo Cookie com Variação nos Teores de Lipídios e de Açúcar. In: *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p 233-242, 2010.

O'TOOLE, D. K. Characteristics and use of okara, the soybean seed residue from soy milk production: A review. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, p. 363-371, 1999.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. In: *Journal of Food Science*, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

PARK, Y. K.; AGUIAR, C. L.; ALENCAR, S. M.; MASCARENHAS, H. A. A.; SCAMPARINI, A. R. P. Avaliação do teor de isoflavonas em soja brasileira. In: *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 156-160, 2001.

POYSA, V.; WOODROW, L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. In: *Food Research International*, v. 35, n.4, p.337-345, 2002.

REDONDO-CUENCA, A.; VILLANUEVA-SUÁREZ, M.J.; RODRÍGUEZ-SEVILLA, M.D.; MATEOS-APARICIO, I. Chemical composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*). In: *Food Chemistry*, v. 101, n° 3, p. 1216-1222, 2007.

REN, H.; LIU, H.; ENDO, H.; TAKAGI, Y.; HAYASHI, T. Anti-mutagenic and anti-oxidative activities found in Chinese traditional soybean fermented products furu. In: *Food Chemistry*, v. 95, p. 71-76, 2006.

RINALDI, V.E.A.; NG, P.K.W.; BENNINK, M.R. Effects of extrusion on dietary fibre and isoflavone contents of wheat extrudates enriched with wet okara. In: *Cereal Chemistry*, v. 77, p. 237-240, 2000.

ROSTAGNO, M.A.; PALMA, M.; BARROSO, C.G. Short-term stability of soy isoflavones extracts: sample conservation aspects. In: *Food Chemistry*, v. 93, p. 557-564, 2005.

STONE, H.; SIDEL, J. L. *Sensory Evaluation Practices*. 3 ed. Food Science and Technology, International Series Elsevier Academic Press, 377 p., 2004.

VILLANUEVA, M.J.; YOKOYAMA, W.H.; HONG, Y.J.; BARTTLEY, G.E.; RUPÉREZ, P. Effect of high-fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles of plasma, liver and faeces in Syrian hamsters. In: *Food Chemistry*, v. 124, p.72-79, 2010.

#### PARA SABER MAIS

**Bruna Marchesan Maran**  
bruna-maran@hotmail.com  
(49) 3623-0455 / (49) 9152-1320

**Tahis Regina Baú**  
(orientadora)  
tahis.bau@ifsc.edu.br

PNAE

BIOSENSORES INOVAÇÃO

RIO GRANDE DO SUL

ALIMENTOS

RA FAMILIAR

NUTRIÇÃO SÃO PAULO

OGNIÇÃO

CTOX

COMISSÕES

ULTURA

RANDE DO SUL

JULGADORAS

ALIMENTOS

ALIMENTAÇÃO

SÃO PAULO

CASTANHA-DO-BRÁSIL

OKARA

RIO DE JANEIRO

AGRICULTURA FAMILIAR

TOS

SANTA CATARINA

PESCADO

CEARÁ PARÁ

AGRICULTURA URBANA

**COMISSÃO JULGADORA DAS CATEGORIAS MESTRE E DOUTOR, ESTUDANTE DO  
ENSINO SUPERIOR,  
MÉRITO INSTITUCIONAL ENSINO SUPERIOR E MÉRITO CIENTÍFICO**

**Adriana Zerlotti Mercadante**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP) - PRESIDENTE DA COMISSÃO

**Alfio Brandenburg**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

**Elaine Cristina Pereira de Martinis**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

**Francisco José Lima Aragão**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)

**Haroldo da Silva Ferreira**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)

**Maria Teresa Anselmo Olinto**

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

**Paulo Cesar Stringheta**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV)

**COMISSÃO JULGADORA DAS CATEGORIAS  
ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO E MÉRITO INSTITUCIONAL  
ENSINO MÉDIO**

**Leonor Maria Pacheco Santos**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB) - PRESIDENTE DA COMISSÃO

**Julia Silvia Guivant**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)

**Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti-Mata**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (UFCG)

**Raimundo Wilane de Figueiredo**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC)

**Rejane Andréa Ramalho Nunes da Silva**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

**Soraia Vilela Borges**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

AGRICULTURA FAMILIAR

PNAE

BIOSSENSORES INOVAÇÃO

RIO GRANDE DO SUL

ALIMENTOS

AGRICULTURA FAMILIAR

NUTRIÇÃO SÃO PAULO

COGNIÇÃO

PARCEIROS

PECTOX

INOVAÇÃO

CULTURA

RIO GRANDE DO SUL

PARA ALIMENTAÇÃO FITOESTERÓIS

SÃO PAULO

AGRICULTURA FAMILIAR

ALIMENTOS

RIO DE JANEIRO

SANTA CATARINA PESCADO

CEARÁ PARÁ

AGRICULTURA URBANA

## CNPq

A concessão de prêmios é uma ação tradicional do CNPq. A premiação associa-se ao reconhecimento de mérito, qualidade e impacto científico, social ou econômico numa área de atuação. Os prêmios concedidos pelo CNPq são vistos pela sociedade como uma distinção pela atuação de pesquisadores no avanço do conhecimento, novas descobertas, desenvolvimento de tecnologias ou políticas públicas.

Os objetivos e alcances do Prêmio Jovem Cientista, criado pelo CNPq, em 1981, vão além desta visão, transformando-o em um prêmio singular e estratégico para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no Brasil.

O Prêmio Jovem Cientista visa a atrair e a revelar talentos, a impulsionar a pesquisa no País, a divulgar e a popularizar a ciência e a tecnologia e a investir em estudantes e jovens pesquisadores que procuram inovar na solução dos desafios da sociedade.

A busca pela excelência já mobilizou mais de 5.500 instituições de ensino e pesquisa, 32 mil escolas de ensino médio, 21.004 inscritos – entre mestres e doutores, estudantes dos ensinos superior e médio e mais de 300 pesquisadores, especialistas em diferentes áreas do conhecimento e instituições envolvidas na seleção dos ganhadores.

As ações do Prêmio Jovem Cientista não terminam com a premiação dos agraciados. Elas são contínuas e revelam a associação frutífera de interesses de diferentes atores – governo, empresas e organizações sociais – na busca da construção da ciência, tecnologia e inovação, voltadas para a apropriação social do conhecimento e do desenvolvimento do País.



SHIS Quadra 1 Conjunto B, Blocos A, B, C e D  
Edifício Santos Dumont | Lago Sul | 71605-001 | DF  
Tel: 0800 619697 | [www.cnpq.br](http://www.cnpq.br)

## GERDAU

A Gerdau é líder no segmento de aços longos nas Américas e uma das principais fornecedoras de aços longos especiais do mundo. Possui operações industriais em 14 países – nas Américas, na Europa e na Ásia –, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas por ano. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço, reforçando seu compromisso com o desenvolvimento sustentável das regiões onde atua. Com mais de 130 mil acionistas, a Gerdau está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri.

Ao longo de sua trajetória, a Gerdau tem atuado de forma sustentável, com desenvolvimento social, respeito ao meio ambiente e investimento em relações sólidas e duradouras com clientes, fornecedores, colaboradores, governos, outras empresas e entidades do terceiro setor.

Dentro de sua filosofia de responsabilidade social, a Gerdau apoia, desde 1988, o Prêmio Jovem Cientista, no qual a Empresa aposta com a convicção de que o caminho do desenvolvimento e da competitividade passa pela inovação e pelo fomento à pesquisa científica, especialmente dentro da sala de aula. Os jovens premiados na edição deste ano, que tem como tema a **Segurança Alimentar e Nutricional**, e também nas edições anteriores orgulham o Brasil pela seriedade e alta qualidade dos trabalhos. Todos os participantes, do ensino médio e do ensino superior, demonstram disciplina e dedicação à ciência.

É preciso apoiá-los se quisermos ter um Brasil verdadeiramente competitivo, capaz de gerar soluções eficazes e que resultem em um desenvolvimento sustentável.



Av. Farrapos, 1.811  
90220-005 | Porto Alegre | RS  
Tel.: (51) 3323-2000 | [www.gerdau.com.br](http://www.gerdau.com.br)

## BG BRASIL

A educação científica é uma das prioridades da estratégia de Investimento Social da BG Brasil. Em parceria com organizações que ensinam e disseminam Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (da sigla STEM, em inglês), a empresa busca contribuir para o desenvolvimento da cadeia educacional da rede pública e para a formação de jovens. Os projetos de educação científica da BG Brasil abrangem a capacitação de professores, o suporte curricular e metodológico, o fornecimento de materiais e a pesquisa em educação. Dessa forma, busca estimular o interesse e ampliar as habilidades dos estudantes nas ciências, fundamentais para a formação de profissionais capazes de promover o desenvolvimento socioeconômico e a competitividade global do Brasil.

A BG Brasil se orgulha em contribuir para a valorização e disseminação da educação científica. É patrocinadora do Prêmio Jovem Cientista, que há mais de 30 anos eleva a autoestima e encoraja jovens pesquisadores, e também idealizadora do Prêmio de Educação Científica, que valoriza e homenageia professores de ciências e matemática da rede pública do Rio de Janeiro.

Presente no Brasil desde 1994, a BG Brasil é a maior produtora privada de óleo e gás do país. Possui participação em três blocos do pré-sal da Bacia de Santos, tendo já investido mais de US\$ 9,5 bilhões no País. Em 2013, adquiriu como operadora 10 blocos na Bacia de Barreirinhas, reforçando o compromisso com o País. Faz parte do BG Group, companhia que atua nas áreas de exploração e produção de óleo e gás e de gás natural liquefeito em mais de 20 países.

BG BRASIL



Av. República do Chile 330, 25º andar  
Edifício Ventura, Torre Oeste – Centro | 20031-170 | Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: (21) 3820-8000 | [www.bg-group.com/brasil](http://www.bg-group.com/brasil)  
[www.premiodeeducacaocientifica.com](http://www.premiodeeducacaocientifica.com)

## FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Há quase 40 anos a Fundação Roberto Marinho vem atuando nas áreas ambiental, educacional e cultural, criando modelos e metodologias que são replicados por meio de parcerias com agentes públicos e privados.

São experiências como o Telecurso, que já formou milhares de brasileiros na educação básica; o Aprendiz Legal e o Qualifica, dois projetos da educação profissional; e o Canal Futura, um modelo de TV participativa, educativa e inclusiva, que tem como base parcerias que mobilizam redes da sociedade em todos os estados brasileiros.

A Fundação já fez campanhas de preservação do patrimônio, restaurou prédios, monumentos e documentos e propôs soluções para a sustentabilidade de cada um. Ao perceber que patrimônio é tudo aquilo que dá identidade a um povo, criou o Museu da Língua Portuguesa, o primeiro do mundo no gênero. Também concebeu o Museu do Futebol, que conta a história do País pelo viés sociológico do esporte mais popular dentre os brasileiros.

Em Recife, inaugurou o Paço do Frevo, equipamento cultural destinado à salvaguarda do frevo. No Rio, criou o Museu de Arte do Rio, inaugurado em março de 2013, e desenvolve outros dois, o Museu da Imagem e do Som e o Museu do Amanhã. Ao aliar educação, sustentabilidade, tecnologia, meios de comunicação e cultura, os novos museus sintetizam a trajetória da instituição.

Num País que abriga 60% da Floresta Amazônica, seis biomas e 12% de toda a água doce do mundo, a Fundação criou, em 2012, o Florestabilidade, um projeto de educação que visa a despertar vocações para carreiras ligadas ao manejo florestal e a oferecer recursos pedagógicos para professores e técnicos da extensão rural da Amazônia.

Há mais de 30 anos a Fundação Roberto Marinho se orgulha de ser parceira do Prêmio Jovem Cientista – iniciativa que, além de estimular jovens talentos a investigar as fórmulas para um mundo melhor, ajuda, sobretudo, a construir um Brasil mais sustentável e desenvolvido.



Rua Santa Alexandrina, 336 | Rio Comprido  
20261-232 | Rio de Janeiro | RJ  
Tel.: (21) 3232-8800 | [www.frm.org.br](http://www.frm.org.br)

[www.jovemcientista.cnpq.br](http://www.jovemcientista.cnpq.br)



[/premiojovemcientista](https://www.facebook.com/premiojovemcientista)



[@jovemcientista](https://twitter.com/jovemcientista)

INICIATIVA



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

PATROCÍNIO



BG BRASIL



PARCERIA

