



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

TESE

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA CÁLCULO, AVALIAÇÃO E
ADEQUAÇÃO NUTRICIONAL DE CARDÁPIOS DE RESTAURANTES
DO TIPO SELF-SERVICE (*BUFFET*), COM AUXÍLIO DE CARTAS
CONTROLE E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Luciano José Barreto Pereira

2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA CÁLCULO, AVALIAÇÃO E
ADEQUAÇÃO NUTRICIONAL DE CARDÁPIOS DE RESTAURANTES
DO TIPO SELF-SERVICE (*BUFFET*), COM AUXÍLIO DE CARTAS
CONTROLE E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

LUCIANO JOSÉ BARRETO PEREIRA

*Sob a orientação da Professora
Dra. Nathália Ramos de Melo
e coorientação do Professor
Dr. Rafael Henrique Palma Lima*

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no
Programa de Pós-Graduação em Ciência
e Tecnologia de Alimentos, Área de
Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ
Julho de 2025

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca
Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P436p Pereira, Luciano José Barreto, 1979-
Proposta de um modelo para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de restaurantes do tipo self-service (buffet), com auxílio de cartas controle e simulação de Monte Carlo / Luciano José Barreto Pereira. - Seropédica, 2025.
73 f.: il.

Orientadora: Nathália Ramos de Melo.
Coorientador: Rafael Henrique Palma Lima.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2025.

1. Estimativa de per capita alimentar. 2. Simulação de Monte Carlo. 3. Cartas Controle . 4. Avaliação de cardápios. 5. Nível de serviço. I. Ramos de Melo, Nathália, 1975-, orient. II. Lima, Rafael Henrique Palma, 1983-, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Titulo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



TERMO Nº 686/2025 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.045730/2025-29

Seropédica-RJ, 15 de agosto de 2025.

LUCIANO JOSE BARRETO PEREIRA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

TESE APROVADA EM 30/07/2025

NATHÁLIA RAMOS DE MELO, (Dra) UFF (orientador)

BRUNO SAMWAYS DOS SANTOS, (Dr) UTFPR

ALOIZIO LEMOS DE LIMA, (Dr) IFRJ

SIMONE DE FÁTIMA VIANA DA CUNHA, (Dr) UFOP

DAVY WILLIAM HIDALGO CHÁVEZ, (Dr) UFRRJ

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 18/08/2025 09:51)
SIMONE DE FÁTIMA VIANA DA CUNHA

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.166-##

(Assinado digitalmente em 18/08/2025 08:23)
DAVY WILLIAM HIDALGO CHÁVEZ

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.607-##

(Assinado digitalmente em 15/08/2025 15:53)
NATHÁLIA RAMOS DE MELO

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.796-##

(Assinado digitalmente em 15/08/2025 15:27)
BRUNO SAMWAYS DOS SANTOS

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.189-##

(Assinado digitalmente em 16/08/2025 10:35)
ALOIZIO LEMOS DE LIMA

ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.096-##

DEDICATÓRIA

A minha esposa Eveline e ao nosso filho Benício, nossa razão de viver e oportunidade diária de evolução. Aos meus pais, Edir José Pereira e Zelia Barreto Pereira, pela vida e por toda dedicação que tiveram a minha educação e instrução. Aos que comigo compartilharam do mesmo anseio de concluir essa etapa: minha irmã Thaís Cristina, meu sobrinho José e minha sogra Maria de Fátima.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, bênçãos e proteção minha e de toda minha família. Pela forte presença em nossa vida. Base e fortaleza, principalmente nas adversidades.

Aos meus pais pela torcida e por possibilitarem a construção de uma estrutura educacional capaz de me trazer até aqui.

A minha esposa Eveline e ao meu filho Benício, estímulos e razões para toda minha alegria, produtividade e conquistas.

A minha orientadora Nathália Ramos de Melo, primeiramente por aceitar me orientar e permitir o desenvolvimento dessa pesquisa. Por sua dedicação e preocupação em fazer o certo e o melhor. Pelo seu altruísmo. Pelas diversas discussões, sem perder a esperança em encontrar o rumo mais adequado para a pesquisa. Obrigado pela oportunidade.

Ao meu coorientador Rafael Henrique Palma Lima. Por sua generosidade e por me oferecer a direção correta. Agradeço ainda, pelos seus valiosos e singulares ensinamentos, apontamentos e apoio.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral (IFRJ-Pinheiral) pela permissão e apoio para execução do Doutorado e da presente pesquisa.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) por ter sido um facilitador para minhas qualificações profissionais.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação da UFRRJ pelos relevantes conhecimentos repassados ao longo do Doutoramento.

À banca examinadora, pela disponibilidade de seus membros, pelos relevantes apontamentos, correções e contribuições à presente pesquisa.

Ao meu amigo Aloizio Lemos de Lima, pela lealdade, incentivo e cooperação em todos os sentidos, qualidades só possíveis de serem reconhecidas em um raro e verdadeiro amigo.

Aos colaboradores da Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) do IFRJ-Pinheiral, pois sem os registros dos dados de consumo das refeições, essa tese não seria possível de ocorrer.

RESUMO GERAL

PEREIRA, Luciano José Barreto. **Proposta de um modelo para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de restaurantes do tipo self-service (*buffet*), com auxílio de cartas controle e simulação de Monte Carlo.** 2025. 73p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

A estimativa do consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes é um procedimento bastante desafiador em serviços de alimentação. É comum nesse segmento a estimativa indireta do consumo alimentar e a realização de cálculos nutricionais com base em valores *per capita* teóricos ou na movimentação de estoque, o que aumenta significativamente a incerteza dos resultados, gerando planejamentos e informações nutricionais pouco precisos, além de desperdícios. Atualmente não há um método padrão com amostragem específica que represente os resultados do consumo indireto no médio e longo prazo em Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs) do tipo self-service (*buffet*), provavelmente devido a complexa interação entre os diversos preditores envolvidos no consumo alimentar. O objetivo da presente pesquisa foi propor um método para monitoramento de variável consumo *per capita* de ingredientes e realizar cálculos nutricionais de cardápios para adequada avaliação e adequação dos mesmos frente a diversas especificações, como legislações, contratos, rotulagem nutricional, entre outras. A pesquisa foi desenvolvida em uma UAN institucional pública do tipo self-service (*buffet*), pela qual foram propostas algumas equações para estimativa do consumo *per capita* de ingredientes, bases para a estimativa posterior do consumo *per capita* de energia e nutrientes. Em uma pesquisa piloto inicial, a implantação das cartas controle X/AM (medidas individuais da variável X (peso de ingredientes)/Amplitude Móvel) foi precedida da estimativa dos parâmetros estatísticos do processo e da determinação dos limites de controle (fase I) para se monitorar o consumo *per capita* dos ingredientes brutos arroz e feijão. Para o cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios foi utilizada simulação de dados com base no Método de Monte Carlo (MMC), com teste prévio da distribuição de probabilidade dos dados e tamanho amostral de 50.000, que confirmou o teste de convergência do método e o poder de inferência para resultados populacionais (ingredientes, energia e nutrientes). As cartas controle mostraram-se eficazes ferramentas para monitorar a variabilidade do consumo *per capita* dos ingredientes, auxiliando em uma rápida visualização de alterações significativas dos resultados. Não houve diferença significativa nos valores de consumo *per capita* de arroz e de feijão quando associados com diferentes preparações proteicas (Análise de Variância (ANOVA); $p \leq 0.05$). O tamanho amostral e a heterogeneidade entre as amostras podem justificar a não rejeição da hipótese nula (H_0). Posteriormente, foram realizadas duas simulações de dados (Simulação 1 e 2). A matriz para a Simulação 1 foram os cardápios mais ofertados no período da pesquisa (4 cardápios de desjejum e 20 cardápios de almoço e jantar). Os resultados do consumo *per capita* de energia e nutrientes (Simulação 1) não apresentaram aderência ao teste de distribuição normal, e por isso foram apresentados em percentil e proporção diária de atendimento do cardápio, este último representado pelo nível de serviço ($N_s\%$). Embora os resultados do consumo médio *per capita* dos macronutrientes tenham atendido as especificações da norma vigente, os $N_s\%$ para carboidratos, lipídios, proteínas e energia foram de 62, 85, 100 e 73, respectivamente. Após manipulação de cardápios foi possível sugerir composições com melhores resultados de $N_s\%$ pela Simulação 2, exceto para proteína, cujo valor manteve-se inalterado. Observou-se um potencial aumento de 17 pontos percentuais (p.p) do consumo de carboidratos ($N_s\% = 79$), 9 p.p do consumo de lipídios ($N_s\% = 94$) e 16 p.p do consumo de energia ($N_s\% = 89$). O uso adequado da ferramenta da qualidade associado ao tratamento

estatístico específico para variável de estudo, contribuiu para obtenção de resultados representativos do consumo habitual do público-alvo da UAN. A proposta de aplicação de $N_s\%$ no segmento dos serviços de alimentação poderá facilitar adequadas avaliações e eventuais ajustes de cardápios, de modo a atender às especificações estabelecidas por legislações, contratos, rotulagem nutricional, entre outras. É inegável, também, que tais resultados contribuam positivamente para a estimativa da parcela de custo referente aos insumos gêneros alimentícios, bem como para a gestão de recursos materiais e financeiros, reduzindo por conseguinte, desperdícios decorrentes de planejamentos com alto grau de incerteza.

Palavras-chave: Serviço de alimentação. Nível de serviço. Planejamento de cardápios. Cálculos nutricionais. *Per capita.*

ABSTRACT

PEREIRA, Luciano José Barreto. **Proposal of a Model for the Calculation, Assessment, and Nutritional Adjustment of Menus in Self-Service (Buffet-Style) Restaurants Using Control Charts and Monte Carlo Simulation.** 2025. 73p. Thesis (Doctorate in Food Science and Technology). Technology Institute, Food Technology Department, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2025.

The estimation of *per capita* consumption of ingredients, energy, and nutrients is a highly challenging procedure in food service establishments. In this sector, it is common to estimate food consumption indirectly and perform nutritional calculations based on theoretical per capita values or stock movement. However, this approach significantly increases the uncertainty of the results, leading to imprecise planning and nutritional information, as well as food waste. Currently, there is no standardized method with specific sampling that accurately represents indirect consumption results over the medium and long term in self-service (buffet-style) Food and Nutrition Units (FNUs). This is likely due to the complex interaction among the various predictors influencing food consumption. The objective of this research was to propose a method for monitoring the *per capita* consumption of ingredients and performing nutritional calculations of menus to properly assess and adjust them according to various specifications, such as legislation, contracts, nutritional labeling, among others. The research was conducted in a public institutional foodservice unit (FNU) of the self-service (buffet) type, where several equations were proposed to estimate the *per capita* consumption of ingredients, serving as a basis for the subsequent estimation of per capita energy and nutrient intake. In an initial pilot study, the implementation of X/MR control charts was preceded by the estimation of the statistical parameters of the process and the determination of control limits (Phase I) to monitor the *per capita* consumption of raw ingredients (rice and beans, which had the largest sample sizes). For the calculation, evaluation, and nutritional adequacy of menus, data simulation was performed based on the Monte Carlo Method (MCM), with a prior test of the data's probability distribution and a sample size of 50,000. This confirmed the method's convergence test and its inferential power for population-level results (ingredients, energy, and nutrients). The control charts proved to be effective tools for monitoring the variability of *per capita* ingredient consumption, facilitating the rapid identification of significant changes in the results. There was no significant difference in *per capita* consumption values of rice and beans when associated with different protein preparations (Analysis of Variance (ANOVA); $p \leq 0.05$). The sample size and the heterogeneity among the samples may justify the failure to reject the null hypothesis (H_0). Subsequently, two data simulations were conducted (Simulation 1 and 2). The matrix for Simulation 1 consisted of the most frequently offered menus during the research period (four breakfast menus and 20 lunch and dinner menus). The results of *per capita* energy and nutrient intake (Simulation 1) did not conform to the normal distribution test. Therefore, they were presented in percentiles and as the daily proportion of dietary compliance, the latter represented by the service level ($S_l\%$). Although the mean *per capita* intake of macronutrients met the specifications of the current regulations, the $S_l\%$ values for carbohydrates, lipids, proteins, and energy were 62, 85, 100, and 73, respectively. After menu adjustments, it was possible to propose compositions with improved $S_l\%$ results in Simulation 2, except for protein, which remained unchanged. The adjustments demonstrated a potential increase of 17 percentage points (p.p.) in carbohydrate consumption ($S_l\% = 79$), 9 p.p. in lipid consumption ($S_l\% = 94$), and 16 p.p. in energy intake ($S_l\% = 89$). The proper application of the quality tool, combined with the specific statistical treatment of the study variable, contributed to obtaining results that are representative of the habitual consumption patterns of the target population of the Food and

Nutrition Unit (FNU). The proposed application of $S_l\%$ in the food service sector will facilitate appropriate evaluations and any necessary adjustments to menus to meet specifications, such as regulations, contracts, nutritional labeling, and others. It is also undeniable that these results contribute positively to the estimation of the cost share related to food supply inputs and to the management of material and financial resources, consequently reducing waste caused by planning with a high degree of uncertainty.

Keywords: Food service. Service level. Menu planning. Nutritional calculations. *Per capita*.

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. As sete ferramentas da qualidade mais tradicionalmente aplicadas como auxílio ao CEP	5
Tabela 2. Considerações sobre causas aleatórias e especiais na produção de bens.....	6
Tabela 3. Interpretação dos índices de capacidade de processo.....	9
Tabela 4. Exemplos de preparações genéricas que compõem os cardápios praticados no Brasil....	11
Tabela 5. Parâmetros nutricionais de referência para alunos em regime de tempo integral de estudo, conforme diferentes faixas etárias (70% das necessidades diárias).....	15

CAPÍTULO I

Tabela 1. Pesquisas na área de alimentos que utilizaram ferramentas da qualidade para controle e melhoria de processos.....	20
Tabela 2. <i>Per capititas</i> brutos do arroz quando combinado com diferentes cardápios proteicos.....	27
Tabela 3. <i>Per capititas</i> brutos do feijão quando combinado com diferentes cardápios proteicos.....	28

CAPÍTULO II

Tabela 1. Consumo médio (\bar{x}), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV%) de carboidratos, lipídios, proteínas, fibra alimentar, sódio, energia, gordura saturada e açúcar adicionado, e contribuição percentual de energia dos macronutrientes em relação ao VET% das refeições desjejum, almoço e jantar.....	43
Tabela 2. Comparativo entre os resultados de \bar{x} de macronutrientes e energia, e os respectivos $N_s\%$ das Simulações 1 e 2.....	47

APÊNDICE A

Tabela A1. Parte dos códigos para simulação de dados com $n = 50.000$ para estimativa do consumo <i>per capita</i> dos ingredientes ($\sum P_b /n$), energia e nutrientes, por meio dos cardápios de desjejum selecionados (1 a 4).....	60
Tabela A2. Parte dos códigos para simulação de dados com $n = 50.000$ para estimativa do consumo <i>per capita</i> dos ingredientes ($\sum P_b /n$), energia e nutrientes, por meio dos cardápios de almoço e jantar selecionados (A a T).....	61
Tabela A3. Tamanho amostral dos pratos componentes dos quatro cardápios do desjejum (1 a 4), para geração dos parâmetros de entrada e simulação do consumo <i>per capita</i> dos ingredientes ($P_b = (Q_i \times I_c)/C$), energia e nutrientes.....	62

Tabela A4. Tamanho amostral das preparações componentes dos vinte cardápios do almoço e jantar (A a T), para geração dos parâmetros de entrada e simulação do consumo <i>per capita</i> dos ingredientes ($P_b = (Q_i \times I_c) / C$), energia e nutrientes.....	63
Tabela A5. Razão entre os ingredientes secundários e principais das preparações componentes dos cardápios almoço e jantar	64
Tabela A6. Estruturas dos cardápios do desjejum e resultados do consumo médio (\bar{x}) dos ingredientes ($\sum P_b / n$), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV%) e teste de normalidade S-W (p-valor).....	66
Tabela A7. Estruturas dos cardápios do almoço e jantar e resultados do consumo médio (\bar{x}) dos ingredientes ($\sum P_b / n$), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV%).....	67
Tabela A8. Teste de normalidade S-W (p-valor) das amostras do $\sum P_b / n$ das preparações componentes do portfólio de cardápios do almoço e jantar (cardápios de A a T).....	69
Tabela A9. Estatística descritiva dos resultados da simulação de dados pelo MMC para energia, carboidratos, lipídios e proteínas, consumidos cumulativamente nas refeições desjejum, almoço e jantar (Simulação 1).....	70
Tabela A10. Composição centesimal das preparações componentes do portfólio de cardápios do desjejum (cardápios de 1 a 4), conforme estruturas apresentadas na Tabela A6 do Apêndice A – Figura e Tabelas.....	71
Tabela A11. Composição centesimal das preparações componentes do portfólio de cardápios do almoço e jantar (cardápios de A a T), conforme receituário-padrão do serviço (Tabela A5 do Apêndice A – Figura e Tabelas).....	72
Tabela A12. Consumo médio (\bar{x}) de energia e nutrientes por adolescentes brasileiros da presente pesquisa e do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2011).....	73

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Resumo gráfico da tese.....	2
----------------------------------------------	---

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Probabilidade de ocorrência de um conjunto de dados com base na distribuição normal padrão ou reduzida.....	7
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Figura 2. Regras sensibilizantes para julgamento da estabilidade de um processo na fase I de implantação das cartas controle.....	8
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Figura 3. Estimativa pelo MMC da área de uma elipse inserida em um quadrado de aresta a por distribuição de pontos aleatórios na área do quadrado.....	10
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Modelos de rotulagem nutricional frontal.....	14
----------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO I

Figura 1. Principais etapas experimentais da pesquisa.....	22
-------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Carta controle X/AM para <i>per capita</i> bruto do arroz com dados originais e não normalizados (2a e 2b) e carta controle X com dados normalizados pela transformação de Johnson (2c).....	25
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. Carta controle X/AM para <i>per capita</i> bruto do feijão com dados não normalizados (3a e 3b) e carta controle X com dados normalizados pela transformação de Johnson (3c).....	26
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Box-plot do <i>per capita</i> de arroz em combinação com diferentes cardápios proteicos.....	27
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 5. Box-plot do <i>per capita</i> de feijão em combinação com diferentes cardápios proteicos.....	28
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO II

Figura 1. Gráfico representativo da convergência do MMC para a variável consumo <i>per capita</i> de carboidratos.....	38
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2. Pressupostos para simulação de dados com base no MMC.....	38
----------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3. Principais etapas experimentais do estudo.....	40
-----------------------------------------------------------------	----

Figura 4. Gráfico percentilar dos resultados da Simulação 1 pelo MMC para consumo <i>per capita</i> diário de energia e nutrientes (acumulado pelas refeições desjejum, almoço e jantar).....	44
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 5. Histograma de consumo acumulado de energia e macronutrientes pelas refeições desjejum, almoço e jantar (Simulação 1). 46

Apêndice A – Figura e Tabelas

Figura A1. Gráfico representativo do teste de convergência do MMC para as variáveis consumo *per capita* de nutrientes estudadas..... 58

LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

- AçBeb1Café: açúcar utilizado para adoçar Beb1Café
AçBeb21: açúcar utilizado para adoçar a bebida café com leite
Ach_po: achocolatado em pó utilizado para reconstituição em leite e preparo de bebida achocolatado
Açúcar Ad.: açúcar adicionado
AM: amplitude móvel
 \bar{AM} ou LMAM: média das amplitudes móveis
ANOVA: análise de variância
ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Beb1Café: café em pó para preparo de infusão de café (bebida presente diariamente na refeição desjejum)
Beb21: ingrediente de consistência sólida da segunda opção de bebida (achocolatado em pó ou café em pó das bebidas achocolatado e café com leite, respectivamente)
Beb22: ingrediente de consistência líquida da segunda opção de bebida (leite de vaca integral UHT das bebidas achocolatado e café com leite)
Bet.: beterraba
C.: creme
C: número de consumidores da refeição distribuída
carta controle \bar{x}/R : gráfico para controle das médias da variável de estudo e da amplitude
carta controle \bar{x}/S : gráfico para controle das médias da variável de estudo e do desvio-padrão
carta controle X/AM: gráfico para controle de medidas individuais e da amplitude móvel
CEP: controle estatístico de processo
CHO: carboidratos
Choc.: chocolate
CMS: comprimento médio da sequência
 C_p : potencial do processo em atender especificações
 C_{pk} : medida de centralização da média da característica da qualidade avaliada em relação ao μ_0
CV%: coeficiente de variação em percentual
 $d(x)$: diferença entre x_1 e x_2
 d : constante de valor 1.128 para estimativa da variabilidade pela AM
 D_3 : constante igual a zero para estimativa do LSC, para n ou janela igual a 2
 D_4 : constante igual a 0.85 para estimativa do LIC, para n ou janela igual a 2
DRI: Dietary Reference Intake
 E/\bar{x} : esperança/média aritmética simples
EJA: Educação de Jovens e Adultos
Esp.: espaguete
Est.: estrogonofe
 $f(x)$: função de x
F.: farofa
Fator MS: margem de segurança para estimativa de *per capita*
FDP: função densidade de probabilidade
FNDE: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
 g : grama
GS: gordura saturada
Guar_pão: guarnição do pão
 H_0 : hipótese nula

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

I_c : índice de consumo pelos consumidores do dia avaliado em relação ao $P_{inicial}$

IFRJ-Pinheiral: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral

IN: Instrução Normativa

IQR: intervalo interquartil

IR: índice de resto

kcal: quilocaloria

kg: quilograma

K-S: teste estatístico de aderência à distribuição normal Kolmogorov-Smirnov

LC/LM: limite central/limite médio

Leite_Int.: leite de vaca integral UHT

LIC: limite inferior de controle

LIE: limite inferior de especificação

Ling.: linguiça

LIP: lipídios

LSC: limite superior de controle

LSE: limite superior de especificação

m : número de amostras

ME: Ministério da Educação

MMC: Método de Monte Carlo

n : tamanho da amostra

N : número de pontos distribuídos dentro da área do quadrado

NA: não se aplica

n_e : número de pontos distribuídos dentro da área da elipse

n_f : número de pontos distribuídos fora da área da elipse

$N_s\%$: nível de serviço (proporção de dias em que o cardápio usual atende às especificações)

p : proporção

p : p-valor ou nível de significância

p.p: pontos percentuais

P: índice de desempenho ou porcentagem de especificação

P_{Aji} : per capita ajustado do ingrediente

P_b : consumo per capita bruto de ingrediente/nutriente/energia

$P_{\ge esp}$: contagem de resultados das simulações iguais ou maiores que as especificações mínimas de energia e do nutriente analisado, conforme Resolução nº 6/2020.

PGD: processo gerador de dados pseudoaleatórios

pH: potencial hidrogeniônico

P_I : per capita médio do ingrediente bruto, estimado no período da pesquisa

P_{IM} : maior resultado per capita do ingrediente bruto (arroz ou feijão) no período da pesquisa

P_{Im} : menor resultado per capita do ingrediente bruto (arroz ou feijão) no período da pesquisa

$P_{inicial}$: peso da preparação quando finalizada

PNAE: Programa Nacional de Alimentação Escolar

POF: Pesquisa de Orçamentos Familiares do Brasil

PTN: proteínas

$P_{x1/x2}$: probabilidade de ocorrência de resultado no intervalo entre x_1 e x_2 .

Q_i : peso total do ingrediente bruto preparado (lote), conforme receituário-padrão

R24h: Recordatório de 24 horas

RDC: Resolução da Diretoria Colegiada

Ref.: refresco de
RT: Responsável Técnico
s: desvio-padrão amostral
S: peso das sobras limpas ou quantidade não distribuída da preparação
 S_{MC} : tamanho amostral da simulação pelo MMC
Sob.: sobremesa
S-W: teste estatístico de aderência à distribuição normal Shapiro-Wilk
UAN: Unidade de Alimentação e Nutrição
UPR: Unidade Produtora de Refeições
VCA: volts em corrente alternada
VET: valor energético total
VET%: percentual energético de macronutrientes em relação ao VET
x: eixo das abscissas
X: variável contínua consumo *per capita* de ingrediente bruto, energia e nutrientes
 \bar{x} : média das médias
 x_i : valores observados em uma amostra
 \bar{x} : média dos valores observados em uma amostra
y: eixo das ordenadas
z: número de desvios-padrão em que um determinado valor se encontra com base na distribuição normal padrão
 α : nível de significância utilizado para se determinar o nível de confiança
 σ : desvio-padrão populacional
 σ_x : desvio-padrão de uma variável contínua
 ∞ : infinito
 μ : média populacional
 μ_0 : valor alvo ou nominal
 $\hat{\sigma}$: desvio-padrão estimado
|: tal que
~: aproximadamente
 \int : integral

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 BREVE HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE.....	4
2.2 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE.....	4
2.3 VARIÁVEIS ALEATÓRIAS	5
2.4 CARTAS CONTROLE PARA MONITORAÇÃO DE VARIÁVEIS	6
2.4.1 Cartas controle para variáveis.....	8
2.5 CAPACIDADE DE PROCESSO.....	9
2.6 SIMULAÇÃO DE DADOS PELO MMC	9
2.7 ESTIMATIVA DE <i>PER CAPITA</i> : UMA LACUNA NOS SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO	10
2.7.1 <i>Per capita</i> e cardápios alimentares	11
2.7.2 Índice de Resto (IR).....	11
2.7.3 Aplicação de controle estatístico de processo para variável <i>per capita</i> de ingrediente em UAN	11
2.7.4 Especificações que justificam uma estimativa representativa de <i>per capitais</i>	13
2.7.4.1 Rotulagem de alimentos	13
2.7.4.2 Rotulagem nutricional frontal.....	13
2.7.4.3 Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)	15
3 CAPITULO I - Proposta de um método baseado em cartas controle para estimar o consumo <i>per capita</i> de ingredientes de cardápios em restaurantes do tipo buffet.....	16
RESUMO	17
ABSTRACT	18
RESUMEN	18
3.1 INTRODUÇÃO.....	19
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.3 METODOLOGIA.....	21
3.3.1 Local da pesquisa e determinação do peso de ingredientes e preparações	21
3.3.2 Estimativa do <i>per capita</i> bruto médio dos ingredientes arroz e feijão	22
3.3.3 Avaliação do <i>per capita</i> bruto médio de arroz e feijão quando combinados com diferentes cardápios proteicos	24
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
3.4.1 Estimativa de <i>per capita</i> bruto dos ingredientes arroz e feijão	24
3.4.2 Estimativa de <i>per capita</i> bruto dos ingredientes arroz e feijão quando associados a diferentes cardápios proteicos	26
3.5 CONCLUSÃO.....	29
4 CAPÍTULO II - Proposta de método baseado na simulação de Monte Carlo para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de restaurantes do tipo self-service (buffet). RESUMO	34 35
ABSTRACT	35
4.1 INTRODUÇÃO.....	36
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.2.1 Simulação pelo MMC.....	37

4.2.2 Local da pesquisa e equipamento para determinação do peso de ingredientes e das preparações	39
4.2.3 Coleta de dados, seleção de cardápios e amostragem	39
4.2.4 Estimativa do consumo <i>per capita</i> bruto dos ingredientes dos cardápios avaliados.....	40
4.2.4.1 Estimativa do consumo <i>per capita</i> dos ingredientes das refeições desjejum, almoço e jantar	40
4.2.5 Estimativa de dados outliers dos <i>per capitais</i> dos ingredientes principais.....	41
4.2.6 Cálculo nutricional do portfólio de cardápios	41
4.2.7 Estimativa do nível de serviço (Ns%)	41
4.2.8 Estimativa de adequação de consumo de gordura saturada, açúcar adicionado e sódio .	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.3.1 Simulação 1	42
4.3.1.1 Estatística descritiva	42
4.3.1.2 Composição centesimal das preparações componentes dos cardápios desjejum, almoço e jantar	43
4.3.1.3 Adequação do consumo de energia e nutrientes em relação à Resolução nº 6/2020....	43
4.3.2 Simulação 2	47
4.3.3 Outras implicações práticas dos resultados de consumo médio de energia e nutrientes .	49
4.3.3.1 Comparação do consumo médio de energia e nutrientes com resultados da Pesquisa de Orçamentos Familiares do Brasil (POF)	49
4.3.3.2 Rotulagem nutricional	49
4.3.3.2.1 Rotulagem nutricional frontal.....	49
4.4 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS	51
5 CONCLUSÕES GERAIS	53
REFERÊNCIAS	54
Apêndice A – Figura e Tabelas	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cálculo, a avaliação e a adequação nutricional de cardápios, ainda que ofertados para uma clientela homogênea, representam um grande desafio devido aos inúmeros e complexos preditores envolvidos no consumo alimentar e no processo de produção de refeições prontas para o consumo.

O produto ofertado por restaurantes, sejam eles comerciais — também chamados de Unidades Produtoras e Refeições (UPRs) — ou institucionais, como as Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs), consiste em refeições compostas por combinação de diferentes preparações, que, ao final, formam os cardápios alimentares.

Para o cálculo nutricional de cardápios alimentares, é necessária amostragem significativa, com coletas realizadas por um período suficiente para representar as variáveis envolvidas no consumo de longo prazo (Montgomery, 2013; Robert e Casella, 2010).

É inegável que preditores como estação do ano, as preferências e os hábitos alimentares da clientela, a combinação dos cardápios, a qualidade da matéria-prima, e o estado de saúde física e mental dos consumidores, entre tantos outros, influenciam, de alguma forma, o consumo alimentar. Diante da impossibilidade de conhecer e controlar todas as variáveis envolvidas nesse processo, os resultados de estudos longitudinais com grandes tamanhos amostrais, podem, por meio da inferência estatística, explicar o consumo, ao menos habitual de ingredientes, energia e nutrientes pelos indivíduos (Institute of Medicine, 2006).

Ferramentas da qualidade, como as cartas controle, e métodos estatísticos, como a simulação de dados pelo Método de Monte Carlo (MMC), auxiliam no monitoramento e garantem, respectivamente, a representatividade dos resultados de processos estocásticos.

As cartas controle, utilizadas há mais de um século pela indústria, foram bem adaptadas no monitoramento de processos com alta variabilidade, como é característico de UANs. Particularmente nesses serviços, pontos fora de controle também podem indicar um consumo fora do padrão devido a hábitos alimentares e a combinações específicas de cardápios (Pereira, Lima e Melo, 2025).

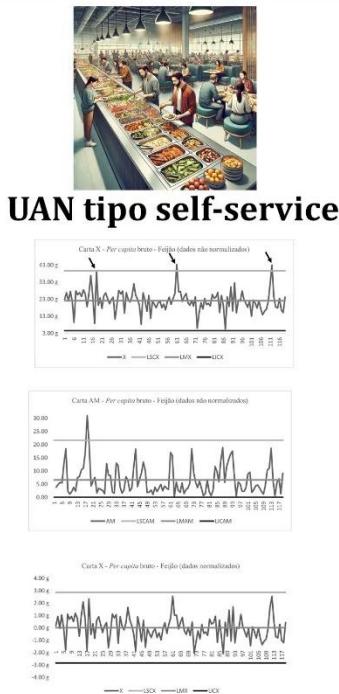
O MMC é uma técnica baseada na geração de números pseudoaleatórios com base em dados históricos de significativo tamanho amostral, o qual auxilia na compreensão do comportamento real em sistemas complexos. Assim, os resultados de cálculos nutricionais de cardápios alimentares, além de comprovar a convergência do método e adequação à variável estudada, representam o comportamento habitual do consumo alimentar no médio e longo prazo da população estudada (Robert e Casella, 2010).

O objetivo da presente pesquisa foi propor um método para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de uma UAN institucional do tipo self-service (*buffet*), sendo estruturada da seguinte forma: Introdução Geral; Capítulo I: pesquisa piloto para implantação de cartas controle X/AM e estimativa dos parâmetros estatísticos do processo (consumo médio e variabilidade do consumo *per capita* de ingredientes brutos arroz e feijão); determinação dos limites de controle (fase I) e avaliação da alteração do consumo *per capita* desses ingredientes quando associados a diferentes preparações proteicas (ANOVA); Capítulo II: Cálculo, avaliação e adequação nutricional do portfólio de cardápios praticados diariamente pela UAN, segundo as exigências da norma vigente sobre alimentação escolar do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), utilizando-se da simulação de dados pelo MMC e; Conclusão Geral. Na Figura 1 é apresentado um resumo gráfico da tese.

Figura 1. Resumo gráfico da tese

MÉTODO PARA CÁLCULO, AVALIAÇÃO E ADEQUAÇÃO NUTRICIONAL DE CARDÁPIOS (PNAE)

Parte 1 - Uso de Cartas Controle X/AM



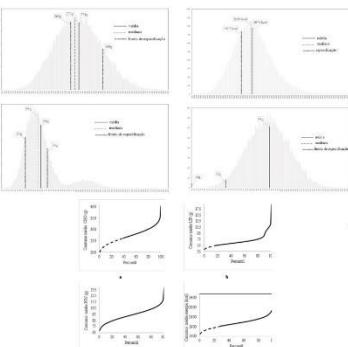
Pesquisa piloto: Adaptação das cartas controle para o monitoramento da variabilidade do consumo *per capita* de ingredientes brutos (arroz e feijão) e identificação de pontos fora de controle.

Parte 2 - Cálculo Nutricional de Cardápios



Seleção de cardápios de desjejum (4 opções) e almoço/jantar (20 opções) mais oferecidos durante o período da pesquisa.

Simulação 1



Fonte: Elaborada pelos autores.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO
CONSELHO DELIBERATIVO
RESOLUÇÃO Nº 06, DE 08 DE MAIO DE 2020.

Categoria	Idade	70% das Necesidades diárias			
		Energia (kcal)	CARBOIDRATOS (g)	PROTEÍNAS (g)	
Pré-escola	4 - 5 anos	945	130 a 154	24 a 35	26 a 37
Ensino fundamental	6 - 10 anos	1150	158 a 187	29 a 43	32 a 45
	11 - 15 anos	1656	228 a 269	41 a 62	46 a 64
Ensino médio	16 - 18 anos	1902	262 a 309	48 a 71	53 a 74
EJA	19 - 30 anos	1668	229 a 271	42 a 63	28 a 56
	31 - 60 anos	1607	221 a 261	40 a 60	27 a 54

Resultados expressos em nível de serviço ($N_s\%$) para o atendimento de especificações, como as necessidades nutricionais de carboidratos, lipídios, proteínas e energia para estudantes adolescentes do ensino médio e técnico público (Resolução nº 6/2020/FNDE/ME).

Especificações

Resultados em $N_s\%$

Carboidratos:

Simulação 1: 62; Simulação 2: 79

Lipídios:

Simulação 1: 85; Simulação 2: 94

Proteína:

Simulação 1: 100; Simulação 2: 100

Energia:

Simulação 1: 73; Simulação 2: 89

Parte 3 - Avaliação Nutricional de Cardápios

Simulação de dados pelo Método de Monte Carlo com amostragem definida para geração dos parâmetros de entrada (μ, σ).

Simulação 1: determinação do valor nutricional do cardápio praticado.

Simulação 2: alteração dos cardápios como opção de melhoria do nível de serviço ($N_s\%$) para melhorar oferta de energia e macronutrientes.

1.1 OBJETIVO GERAL

Propor um método de estimativa do consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de uma UAN institucional com distribuição de refeições do tipo self-service (*buffet*).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adaptar as cartas controle para monitoramento da variável consumo *per capita* de ingredientes brutos arroz e feijão (das preparações arroz e feijão refogados, consumidos diariamente e com maior tamanho amostral);
- Estimar os parâmetros estatísticos e os limites de controle do consumo *per capita* dos ingredientes brutos arroz e feijão;
- Monitorar, com auxílio das cartas controle X/AM, o consumo *per capita* dos ingredientes brutos arroz e feijão e sua variabilidade (fase I da implantação das cartas controle);
- Definir receituários-padrão das preparações componentes do portfólio de cardápios da UAN (desjejum, almoço e jantar);
- Estimar o consumo *per capita* dos ingredientes das preparações componentes do portfólio de cardápios da UAN;
- Realizar simulação de dados usando o MMC, com base nos parâmetros média e desvio-padrão do consumo *per capita* diário de cada ingrediente componente do portfólio de cardápios da UAN (Simulação 1);
- Estimar o consumo *per capita* médio diário de carboidratos, lipídios, proteínas, energia, sódio, gordura saturada e açúcar adicionado (Simulação 1);
- Estimar a proporção de atendimento nutricional ou nível de serviço ($N_s\%$) do consumo de carboidratos, lipídios, proteínas e energia com base na Resolução nº 6 de 8 de maio de 2020, do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Resolução nº 6/2020);
- Propor alterações ou combinações de preparações (Simulação 2) para melhorar o $N_s\%$ do consumo *per capita* médio de energia e nutrientes, conforme especificado na citada legislação vigente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BREVE HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

O controle estatístico da qualidade tem evoluído desde o início do século XX, devido, principalmente à demanda das indústrias que surgiram durante a Revolução Industrial e no pós-guerra. Muitos pesquisadores contribuíram de forma pioneira para a melhoria da qualidade do processo produtivo, seja para produção de produtos ou para prestação de serviços. Inicialmente, em 1903, Frederick Winslow Taylor apresentou técnicas sobre a racionalização do trabalho, com ênfase na divisão de tarefas e especialização do operário, o que, inegavelmente, melhorou a padronização dos procedimentos e aumentou a produtividade das empresas experimentadas (Chiavenato, 2020).

Mais tarde, por volta de 1940, a fim de reduzir os custos com a inspeção de produtos e aperfeiçoar o controle do processo, deu-se início a inspeção por amostragem, com base em métodos estatísticos e de probabilidade, propostos pelo engenheiro Walter Andrew Shewhart (Toledo, et al., 2012).

Desde então, as indústrias e muitas empresas têm aperfeiçoado o processo produtivo, por meio da utilização de métodos e ferramentas estatísticas, como o controle estatístico de processo (CEP) e a estimativa de sua capacidade, com objetivos de reduzir e/ou controlar a variabilidade do processo e as não conformidades existentes.

Indubitavelmente, em relação ao século passado, as empresas e organizações que, a partir de então, adotaram a gestão da qualidade, destacaram-se no cenário nacional e mundial, por meio da produção e oferta de produtos e serviços diferenciados, ou seja, com maior durabilidade, melhor desempenho, aparência, custo e adequação ao uso (Carvalho; Paladini, 2012). As consequências disto foram resultados prósperos em relação às métricas de lucratividade e competitividade, possibilitando-as a novas perspectivas de mercado e perenidade na área de atuação.

2.2 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE

As ferramentas estatísticas da qualidade, ferramentas da qualidade ou ferramentas da Gestão da Qualidade são documentos e gráficos que representam determinado processo produtivo. Foram idealizadas e constantemente são aperfeiçoadas para facilitar a coleta e interpretação de dados; identificação e correlação de causas com efeito; visualização da frequência de distribuição de determinada variável; identificação de medidas de posição central (média, mediana e moda) e de dispersão (amplitude, variância, desvio-padrão e outliers); conhecimento e monitorização da variabilidade do processo e; inferência da capacidade do processo no longo prazo (atendimento às especificações de projeto ou demandas do cliente) (Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012). É por meio das ferramentas da qualidade, que portanto, torna-se possível concluir acerca do nível de serviço praticado em relação ao respectivo planejamento (Carvalho e Paladini, 2012).

Embora haja poucas diferenças nas nomenclaturas utilizadas por diversos autores, as sete tradicionais e mais difundidas ferramentas da qualidade, bem como suas aplicações, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. As sete ferramentas da qualidade mais tradicionalmente aplicadas como auxílio ao CEP

Nomenclatura	Aplicações
1. Fluxograma	Representação gráfica das etapas do processo.
2. Diagrama de causa e efeito	Relaciona fatores (causas) com efeitos (problemas). As causas primárias, são subdivididas em causas secundárias, terciárias etc.
3. Folha de verificação	Documento ou planilha específica para registro de dados e informações, coletados nas diversas etapas que compõem um processo.
4. Diagrama de Pareto	Gráfico de barras ordenadas em ordem decrescente de valor, com resultados expressos em valores individuais e acumulados.
5. Histograma	Gráfico de barras justapostas que representa a frequência de distribuição de uma variável.
6. Diagrama de Dispersão	Gráfico pelo qual é possível avaliar presença ou ausência de relação entre duas variáveis contínuas.
7. Carta Controle	Gráfico utilizado para monitorar e conhecer o desempenho de um processo, por meio da análise de medidas de posição central (média, mediana ou moda) e de dispersão (amplitude, variância e desvio-padrão) da variável estudada.

Fonte: Adaptada de Vieira, 2014.

2.3 VARIÁVEIS ALEATÓRIAS

As variáveis aleatórias são classificadas em variáveis do tipo discreta (categórica) e contínua. Faz-se importante conhecer essas diferenças para instituir-se o melhor desenho experimental e consequentemente, obter-se resultados os mais fidedignos possível. As variáveis discretas apresentam resultados com números inteiros, finitos ou contáveis. É utilizada para medir presença ou ausência (1 ou 0, respectivamente), como, por exemplo, de defeitos ou não conformidades relativos a um produto ou serviço acabado. Já as variáveis contínuas, têm seus resultados expressos e contemplados dentro do conjunto dos números reais, podendo assumir valores infinitos, inteiros, positivos, negativos, decimais e fracionários, a depender da precisão que se deseja alcançar. São exemplos de variáveis contínuas: peso, massa, ângulo, comprimento, altura, largura, concentração, diâmetro, polegadas, entre outros (Gotelli e Ellison, 2011; Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012).

Todo processo, seja para produção de bens ou de serviços é constituído de variações, conhecidas como variações comuns ou aleatórias, aquelas de causas inevitáveis, difíceis ou impossíveis de se controlar. As causas mais presentes, no entanto, são as causas especiais, atribuíveis, assinaláveis ou controláveis, mais facilmente identificadas e modificadas. Assume-se que determinado processo que opera sob controle estatístico, tem presente apenas as causas comuns ou aleatórias, e os que operam com alta variabilidade ou sem estabilidade têm presentes, além das causas aleatórias, as causas especiais de variação (Louzada, Diniz e Ferreira, 2013; Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012). Na Tabela 2 são apresentadas algumas considerações acerca das causas aleatórias e especiais da variabilidade do processo de produção de bens.

Tabela 2. Considerações sobre causas aleatórias e especiais na produção de bens

Causas aleatórias	Especiais
Inerentes e sempre presentes ao processo.	Poucas causas responsáveis pelos principais e maiores efeitos em relação a variação e qualidade do processo (Teorema de Pareto).
Muitas causas que produzem pouco efeito no processo.	Identificação, correção e erradicação facilitada pelo uso de ferramentas da qualidade na linha de produção.
Correção depende de modificações complexas no processo e pode haver impacto significativo no investimento da ação.	No geral, não envolve investimentos significativos para correção/erradicação (treinamento de colaboradores, calibração e consertos de equipamentos e ferramental).
Mão de obra não capacitada/qualificada/treinada, ausência ou manutenção preventiva não regular de equipamentos e ferramental; equipamento com baixo desempenho, entre outros.	Máquina desregulada, ferramenta gasta, ausência temporária de energia elétrica, erro/distração do colaborador, entre outros.

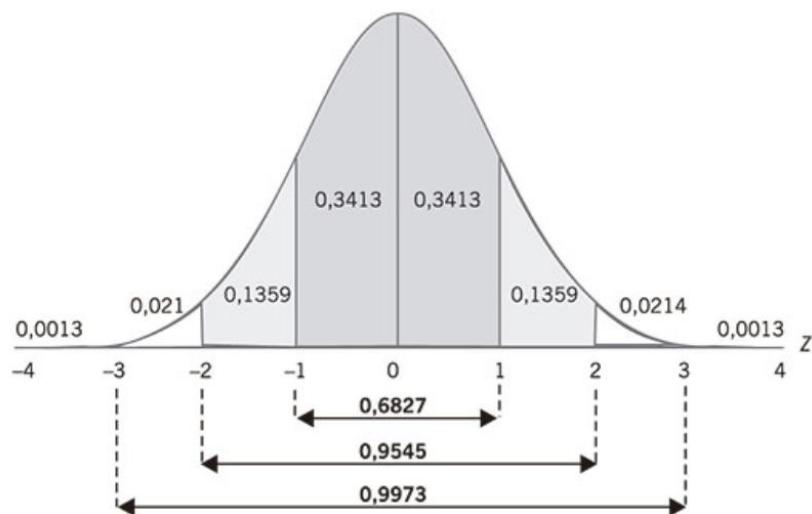
Fonte: Adaptada de Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012.

2.4 CARTAS CONTROLE PARA MONITORAÇÃO DE VARIÁVEIS

A ferramenta carta controle é largamente utilizada pelas grandes indústrias para o monitoramento e controle estatístico do processo. Por meio dessa ferramenta é possível conhecer ao longo de determinado período, a variabilidade do processo. A partir de dados coletados da variável de interesse, pode-se determinar por meio de amostras, a média, a variabilidade e os limites de controle do processo. Os limites de controle, quando não conhecidos, podem ser estimados por meio de amostragem adequada ou calculados segundo especificações previamente projetadas. Os limites de controle mais utilizados para o CEP, são aqueles estimados por μ (média) $\pm 3\sigma$ (três desvios-padrão). A largura ou distância da variabilidade denotada em três desvios-padrão em relação à média, tem por base o teorema central do limite e da presunção de distribuição normal dos dados, e foi proposta como padrão devido à baixa probabilidade de ocorrência de erro do tipo I (Louzada, Diniz e Ferreira, 2013).

Para um conjunto de dados aproximados a uma distribuição normal padrão, com média (μ) igual a 0 e desvio-padrão (σ) igual a 1, tem-se que 68,27% dos dados estejam distribuídos, aleatoriamente, a $\pm 1\sigma$, 95,45% a $\pm 2\sigma$ e 99,73% a $\pm 3\sigma$ da média (Figura 1).

Figura 1. Probabilidades de ocorrência de um conjunto de dados com base na distribuição normal padrão ou reduzida

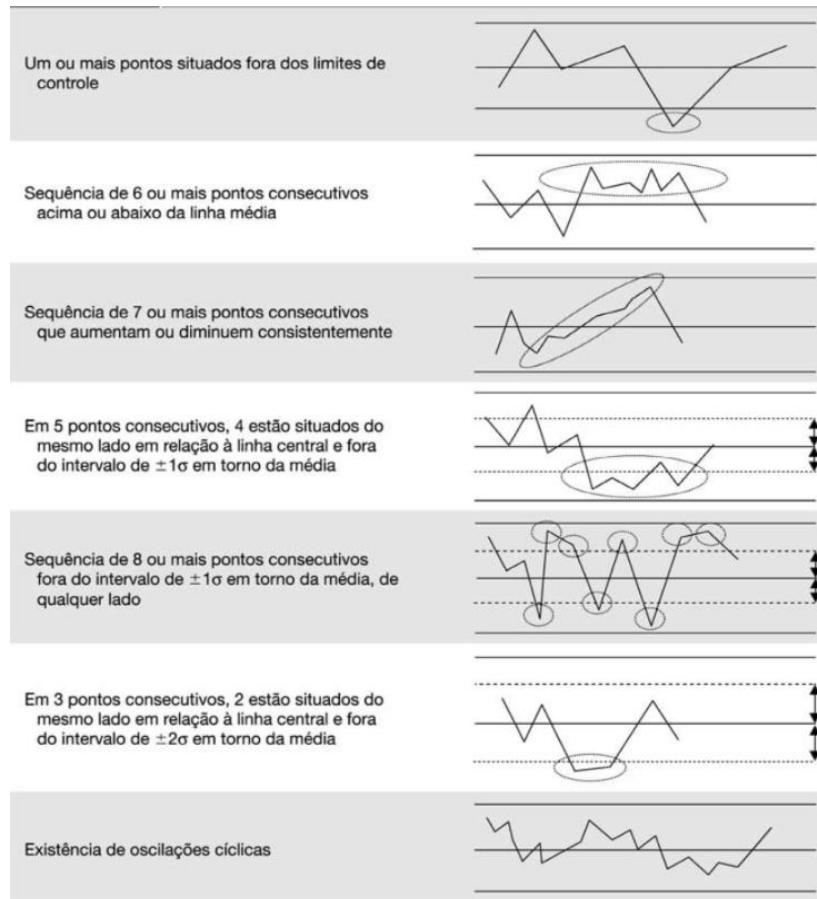


Fonte: Vieira, 2014.

O comprimento médio da sequência (CMS) é um índice que estima a probabilidade de ocorrência do erro do tipo I, na fase II da implantação das cartas controle, o qual é calculado pela razão $1/\alpha$ com valor de α estimado para processo com controle de variação $\pm 3\sigma$ ($\alpha = 0,0027$), em que α é a probabilidade de uma única medida apresentar-se fora dos limites de controle em um processo sob controle. Dessa forma, tem-se a probabilidade de, a cada 370 amostras, uma apresentar resultado nominal significativamente diferente das demais, sem que isto represente instabilidade do processo (Montgomery, 2013).

A carta controle, desenvolvida pelo físico Dr. Walter A. Shewhart é uma representação gráfica de uma característica da qualidade gerada a partir de um tratamento estatístico de determinada amostra, em que o valor é referido no eixo das ordenadas (y) e o número de amostras ou tempo, no eixo das abscissas (x). A princípio, o gráfico deve possuir três linhas horizontais, paralelas entre si e ao eixo das abscissas. A linha ou limite central (LC) ou limite médio (LM) representa o valor médio estimado ou especificado da variável ou atributo de interesse; as linhas ou limites inferior e superior são os valores limites, conhecidos, respectivamente, como limite superior de controle (LSC) e limite inferior de controle (LIC), entre os quais, os resultados da variável ou atributo do processo devem permanecer. Porém, ainda que as medidas das variáveis se encontrem entre o LIC e o LSC, o processo pode apresentar-se instável ou fora de controle, caso os dados sejam distribuídos, ao longo do tempo, distantes da linha central (LC) e de forma não aleatória ou com comportamento cíclico (Louzada, Diniz e Ferreira, 2013; Montgomery, 2013; Vieira, 2014). Na Figura 2, são apresentadas as regras sensibilizantes para auxiliar no julgamento da estabilidade de processos na fase I de implantação das cartas controle.

Figura 2. Regras sensibilizantes para julgamento da estabilidade de um processo na fase I de implantação das cartas controle



Fonte: Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012.

2.4.1 Cartas controle para variáveis

Quando a característica da qualidade é uma variável, em que o resultado é expresso em escala numérica, como peso, comprimento, altura, pH, diâmetro, entre outros, utiliza-se as cartas controle para variáveis. A depender no número e tamanho das amostras, diferentes cartas controle podem ser empregadas para o controle do processo. O controle da variável deve ser realizado, tanto por meio do monitoramento de seu valor médio, quanto de sua variabilidade (Louzada, Diniz e Ferreira, 2013; Montgomery, 2013).

Para m subgrupos, com número entre 20 e 25 e amostras de tamanho entre 2 e 10 ($2 \leq n < 10$), os gráficos \bar{x}/R são os mais indicados e mais utilizados, devido ao menor custo.

O gráfico \bar{x} é destinado ao controle das médias e o R (amplitude amostral) à respectiva variabilidade. Para um número e tamanho amostral maior ($m > 25$ e $n > 10$, respectivamente), os gráficos \bar{x}/S são indicados, com a diferença, neste caso, de a variabilidade do processo ser estimada pelo desvio-padrão amostral (S).

Para os casos em que seja possível apenas a utilização de medidas individuais, devido à baixa produção, produção de poucos lotes ou lote único diário, custo elevado da amostragem ou característica uniforme do produto, como pH de soluções, deve-se instituir o gráfico X/AM, em que o valor médio da variável será estimado pela média das medidas individuais, e a variabilidade, pela amplitude móvel entre duas medidas ($n = 2$). Para que haja representatividade dos dados, faz-se necessária amostragem com $m \geq 30$ e $n = 1$ (Instituto

Adolfo Lutz, 2013; Louzada, Diniz e Ferreira, 2013; Montgomery, 2013; Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012; Vieira, 2014).

2.5 CAPACIDADE DE PROCESSO

Na indústria, a capacidade de processo é estimada para se conhecer o quanto um produto ou serviço atende às especificações de projeto ou às demandas dos clientes. Para se estimar a capacidade de processo este deve apresentar-se estável, ou seja, sob controle estatístico, e a rigor, os dados amostrais devem apresentar aderência à distribuição normal. Atendidos tais pressupostos, compara-se a variabilidade natural do processo (6σ) com a tolerância definida para o mesmo, a qual, em princípio, apresenta-se distribuída entre os limites superior e inferior de especificação. Índices como C_p , C_{pk} e índice de desempenho ou porcentagem de especificação (P) são inicialmente utilizados, respectivamente, para se conhecer o potencial do processo em atender às especificações, o quanto a média da característica da qualidade encontra-se centrada no valor alvo ou nominal (μ_0) e a proporção de itens que não atendem tais especificações. Um processo que apresenta valor de C_p maior que 1, tem uma variabilidade natural restrita a tolerância permitida pelas especificações (entre LSE e LIE). Espera-se ainda, que valores de C_p e C_{pk} sejam iguais, o que indica processo centrado em seu valor alvo ou nominal (Montgomery, 2013; Ramos, Almeida e Araújo, 2013; Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012).

Na Tabela 3 são apresentados valores e conceitos para interpretação dos índices de capacidade de processo C_p e C_{pk} nas indústrias.

Tabela 3. Interpretação dos índices de capacidade de processo

Índices de capacidade de processo	Nível	Interpretação
C_p ou $C_{pk} > 1,33$	A	Capaz: Confiável, controle completo.
$1 < C_p$ ou $C_{pk} < 1,33$	B	Relativamente capaz: faz-se necessário monitoramento para evitar instabilidade do processo.
$0,75 < C_p$ ou $C_{pk} < 0,99$	C	Incapaz: Pouco confiável, requer controle contínuo.
C_p ou $C_{pk} < 0,75$	D	Totalmente incapaz: não é indicado trabalhar com amostragem.

Fonte: Adaptada de (Toledo, Borrás e Mergulhão, 2012).

2.6 SIMULAÇÃO DE DADOS PELO MMC

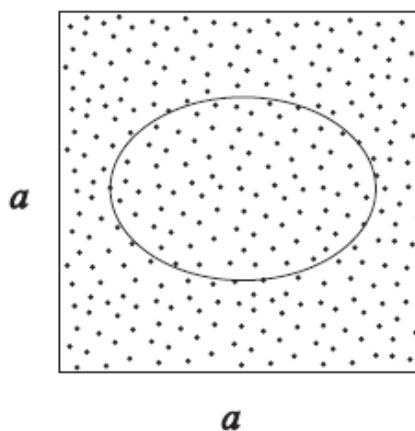
O MMC é assim denominado em alusão a aleatoriedade dos jogos de roleta de Monte Carlo, principado de Mônaco. Embora tenha-se registro de utilização do método desde a metade do século XIX, este ficou amplamente conhecido em 1944, durante a segunda Guerra Mundial, quando utilizado no projeto Manhattan por Ulan e Von Neumann para desenvolvimento da bomba atômica (Angelotti *et al.*, 2008; Yoriyaz, 2009).

Na simulação de dados pelo MMC utiliza-se de algoritmos simples, com base no teorema central do limite para representar variáveis estocásticas de comportamento complexo. Procede-se com a simulação de números aleatórios com elevada amostragem sem, no entanto, executar expressivas coletas de dados. Assim, tem-se a possibilidade de inferir de forma representativa a proporção de ocorrência de um evento.

Os resultados de medidas de posição, como média, mediana e moda e medidas de dispersão, como amplitude ou desvio-padrão, representam, por fim, o comportamento de uma população estudada. Ainda, teste de convergência do método para aplicação em variáveis a ele adequadas faz-se necessário para obter-se resultados representativos (Meireles, Silva e Correa, 2017).

Um exemplo clássico da aplicação do MMC é a estimativa da área de uma elipse no interior de um quadrado de aresta a . Embora seja trivial o cálculo da área das duas figuras, pode-se determinar a área da elipse por meio de um experimento numérico, distribuindo-se aleatoriamente e homogeneamente pontos dentro da área do quadrado, conforme Figura 3. Considerando ser N o número de pontos distribuídos dentro da área do quadrado, n_e o número de pontos dentro da área da elipse e n_f o número de pontos fora da área da elipse, a área dessa última pode ser estimada pela razão n_e/N . O erro na determinação da área da elipse é minimizado conforme se aumenta os pontos distribuídos dentro do quadrado, ou seja, com o aumento do tamanho amostral. Quando o número de amostras tende ao infinito, consequentemente o resultado da área tenderá ao valor exato (Angelotti *et al.*, 2008).

Figura 3. Estimativa pelo MMC da área de uma elipse inserida em um quadrado de aresta a por distribuição de pontos aleatórios na área do quadrado



Fonte: (Angelotti *et al.*, 2008).

2.7 ESTIMATIVA DE *PER CAPITA*: UMA LACUNA NOS SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO

Em UAN e demais restaurantes, o consumo *per capita* bruto de ingredientes alimentícios que usualmente compõem os cardápios, é uma variável da qualidade usualmente estimada por uma ou poucas medidas individuais. Não raro são utilizados *per capita*s teóricos, o que aumenta ainda mais a probabilidade de erros de estimativa. O adequado tratamento estatístico dos dados de consumo *per capita* de ingredientes em serviço de alimentação pode diminuir o grau de incerteza dos dados gerados e, portanto, melhorar significativamente os resultados de planejamentos (Borges *et al.*, 2019; González, Bezerra e Matos, 2017; Ribeiro, Joana; Rocha, 2019).

2.7.1 Per capita e cardápios alimentares

Per capita ou porção é a quantidade de determinado alimento, ingrediente, energia ou nutriente expressa em massa ou medida caseira, suficiente para atender a demanda nutricional de um indivíduo, usuário, cliente ou comensal (Philippi, 2014).

O principal objetivo de uma UAN é atender as necessidades nutricionais de sua clientela, por meio da oferta diversificada de cardápios ao longo do tempo.

Cardápios alimentares são compostos por diversas preparações, podendo ou não haver opções de escolhas, a depender da disponibilidade financeira do serviço e do perfil da clientela. Na Tabela 4 são apresentados alguns exemplos de preparações genéricas que compõem os cardápios praticados no Brasil, que devem ter ajustes, conforme região e hábito alimentar da clienta-alvo (Abreu, Spinelli e Pinto, 2016).

Tabela 4. Exemplos de preparações genéricas que compõem os cardápios praticados no Brasil

Nome genérico da preparação	Exemplo de Preparações
Prato-Base	Arroz e feijão
Prato proteico	Carnes, ovos e derivados
Guarnição ou acompanhamento	Massas, produtos a base de farinha, cremes e suflês
Salada	Hortaliças cruas e/ou cozidas
Bebida	Refrescos a base de frutas <i>in natura</i> ou processadas
Sobremesa	Frutas, doces ou agrícolas

Fonte: Abreu, Spinelli e Pinto (2016)

Dessa forma, em relação às preparações, o *per capita* é inicial e usualmente definido em relação aos seus ingredientes, nomeado de *per capita* bruto e à preparação finalizada, nomeado de *per capita* líquido ou finalizado. Embora de baixa sensibilidade, devido às diferenças em relação ao hábito alimentar do público-alvo e das características das UAN, alguns serviços utilizam *per capitais* teóricos (Domene, 2022; Philippi, 2014).

2.7.2 Índice de Resto (IR)

Restos alimentares ou restos de prato são sobras de refeições servidas e não consumidas. Recomenda-se para UAN o cálculo regular do IR, que é a razão do somatório do peso dos restos alimentares de todos os pratos servidos, pelo somatório do peso de todas as preparações distribuídas. A utilidade do IR não se restringe ao monitoramento de desperdícios e custos, pois, por meio de seu resultado, pode-se ainda, inferir a aceitação do cardápio praticado. É desejável que o IR seja menor que 10% em UAN com clientela saudável e até 20% em UAN com clientela enferma (hospitais) (Abreu, Spinelli e Pinto, 2016).

2.7.3 Aplicação de controle estatístico de processo para variável *per capita* de ingrediente em UAN

O controle estatístico de processo em UAN com o objetivo de estimativa do consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes é incipiente (Pereira, Lima e Melo, 2025). Algumas ferramentas da qualidade tem sido empregadas nesse tipo de serviço, porém com finalidade diversa, como estimativa do desperdício de alimentos, do tempo de atendimento ao cliente e da percepção do cliente em relação à qualidade do serviço prestado (Chen e Chen, 2016; Fonseca *et al.*, 2017; Mirzaei, Niroomand e Zare, 2016).

Diferentemente das indústrias, o produto e as características do processo de produção, diferem-se substancialmente. Na indústria, tem-se produção em larga escala, podendo-se alcançar a produção de centenas de milhares de produtos diariamente. Ao contrário, nos serviços de alimentação, como UANs, tem-se produção de um lote representativo por dia, variando o produto (cardápio), ao longo do tempo. Dada essas diferenças, tanto em relação ao produto, quanto ao processo produtivo, para o controle da variabilidade do consumo *per capita* de ingredientes, as cartas controle de medidas individuais (X/AM), com número amostral mínimo de 30, mostraram-se adequadas para visualização da variabilidade do consumo alimentar (Instituto Adolfo Lutz, 2013; Pereira, Lima e Melo, 2025).

A implantação e as devidas implementações do controle estatístico de processo, devem ocorrer em duas fases distintas, chamadas de fase I e fase II.

Na fase I, as características do processo são desconhecidas ou assume-se que o processo esteja fora de controle, e geralmente estima-se os limites de controle para média da variável e para a respectiva variância (estimada como desvio padrão amostral, amplitude ou amplitude móvel, a depender do tipo de amostragem). Nessa fase, as regras sensibilizantes são ferramentas eficazes para identificação de causas especiais de variação. É também nessa fase que se testa o processo em relação a sua estabilidade, por meio da estimativa dos limites de controle, os quais eventualmente devem ser reavaliados e recalculados, quando da presença de pontos fora de controle, de comportamento cíclico ou não aleatório da variável ou da vigência de mudança no nível da média.

Na fase II monitora-se um processo considerado estável, em que eventualmente, ocorre poucas variações de baixa amplitude. Uma limitação das cartas controle X/AM é sua baixa sensibilidade de detecção de pequenas variações no processo ($\leq 1,5 \sigma_x$), com maior probabilidade de ocorrência de erro do tipo I. Para essa fase, recomenda-se a utilização das cartas controle tradicionais associadas a outras ferramentas, como a carta das somas acumuladas (carta CUSUM) ou cartas controle não paramétrica para conjuntos de dados com distribuição não normal (Louzada, Diniz e Ferreira, 2013; Montgomery, 2013; Oprime *et al.*, 2016).

Em um estudo inédito realizado em uma UAN do tipo self-service (*buffet*), Pereira, Lima e Melo (2025) propuseram a implantação da fase I das cartas controle X/AM para monitoramento da variabilidade do consumo *per capita* dos ingredientes brutos arroz e feijão. Embora a variabilidade dos resultados tenha se apresentado alta, a ferramenta mostrou-se útil para o monitoramento do consumo médio *per capita*, dos ingredientes estudados.

Devido à reconhecida complexidade dos trabalhos de planejamento e processamento em UAN, as cartas controle também podem ser um ponto de partida para identificação de alterações significativas de consumo *per capita* de ingredientes, devido a combinações de preparações específicas que rotineiramente ocorrem nos cardápios executados (Pereira, Lima e Melo, 2025).

Importante salientar, que devido as características específicas de produção em UANs, (produção geralmente de um lote representativo por refeição), e a distribuição de poucas refeições diárias (de uma a cinco refeições, geralmente), torna-se inviável a formação de subgrupos amostrais. Por isso, cada ponto na carta é uma medida individual e não a média das médias (\bar{x}).

2.7.4 Especificações que justificam uma estimativa representativa de *per capitais*

O cálculo nutricional de cardápios quando realizado por meio de métodos, ferramentas e amostragem adequados contribui para informações nutricionais fidedignas, auxiliando a fiscalização de contratos, a comprovação de atendimento a legislações e a conformidade do produto, evitando, por fim, fraudes não intencionais.

2.7.4.1 Rotulagem de alimentos

A legislação brasileira define o conceito de rotulagem e distingue rotulagem geral de rotulagem nutricional. Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 727 de 1º de julho de 2022 (RDC nº 727/2022), rotulagem é toda inscrição, legenda, imagem ou matéria descritiva ou gráfica, que pode ser escrita, impressa, estampada, gravada em relevo, litografada ou colada sobre a embalagem de um alimento (Brasil, 2022).

Rotulagem nutricional de alimentos é toda declaração destinada a informar ao consumidor sobre as propriedades nutricionais do alimento, da qual, a rigor, devem constar a tabela de informação nutricional, e quando couber, a rotulagem nutricional frontal e as alegações nutricionais. Os valores nutricionais podem ser estimados por análises laboratoriais, segundo métodos analíticos validados ou por cálculo indireto, a partir das quantidades constituintes dos ingredientes utilizados no processamento (rótulos originais dos alimentos ingredientes) ou bases de dados, como as tabelas de composição de alimentos (Brasil, 2022).

Dentre as características da qualidade de importância relevante para os *stakeholders* (clientes, fornecedores, investidores, colaboradores e sociedade) de uma UAN, é a informação nutricional das preparações componentes do cardápio ou *menu*. A informação nutricional é imprescindível para a adoção de bons hábitos alimentares, além de ser subsídio para o manejo mais adequado e individualizado da saúde, bem-estar e da prevenção e tratamento de diversas morbidades de causas nutricionais.

Considerando que qualidade é inversamente proporcional a variabilidade, e a publicação da RDC nº 429 de 8 de outubro de 2020 da ANVISA (RDC nº 429/2020), que trata sobre as normas para rotulagem nutricional de alimentos embalados no Brasil, justifica, *per se*, o controle e o conhecimento da variabilidade do consumo alimentar. Para fins de fiscalização e redução da probabilidade de fraude não intencional, relativa à informação nutricional dos alimentos, pela RDC nº 429/2020 admite-se certa variação das informações nutricionais divulgadas. Para a informação do valor energético, carboidratos, açúcares totais, açúcares adicionados, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, sódio e colesterol, é tolerada variação de até 20% acima do valor declarado. Por outro lado, valor de proteínas, aminoácidos, fibras alimentares, gorduras monoinsaturadas, gorduras poli-insaturadas, vitaminas, minerais e substâncias bioativas, não pode ser menor que 20% do valor declarado (Brasil, 2020a).

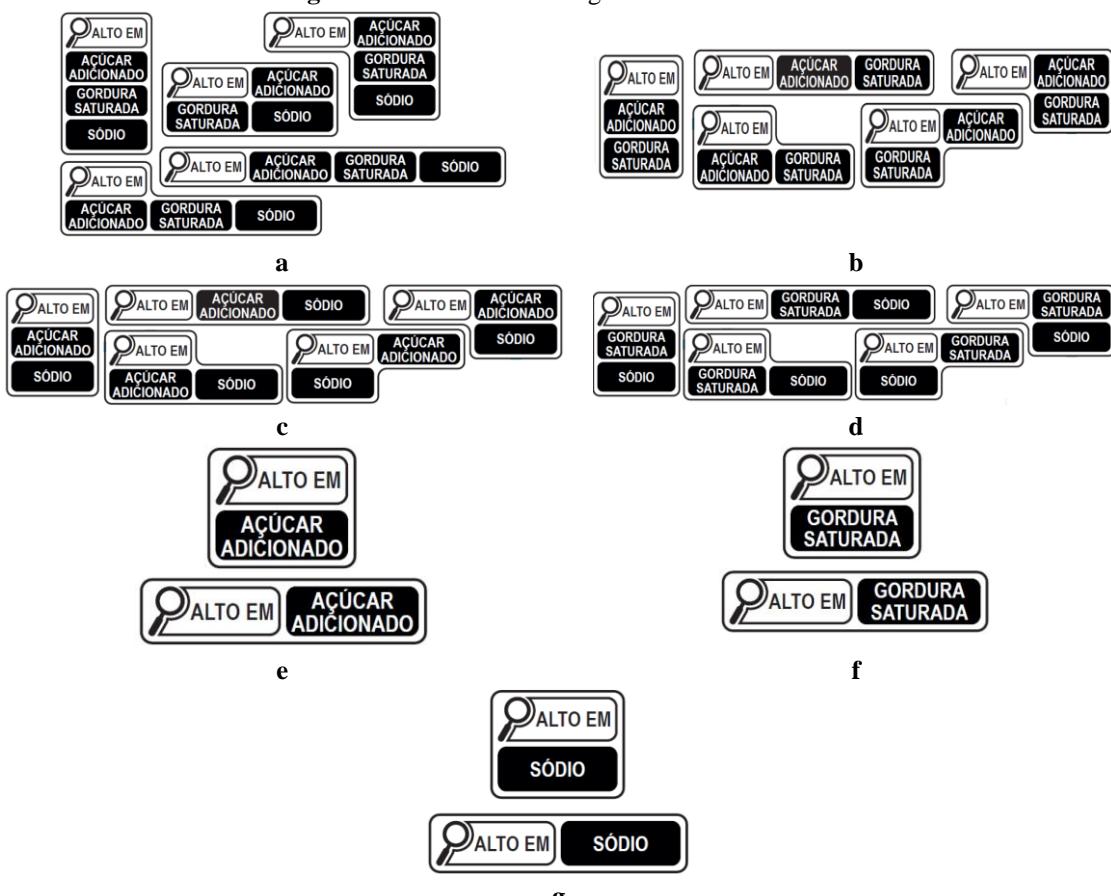
2.7.4.2 Rotulagem nutricional frontal

A rotulagem nutricional frontal está prevista na RDC nº 429/2020 e na Instrução Normativa (IN) da ANVISA nº 75/2020 (IN nº 75/2020), pela qual se exige uma declaração padronizada simplificada, para os alimentos com alto teor de açúcares adicionados (15g/100g do alimento ou 7,5g/100mL do alimento pronto para o consumo), gordura saturada (6g/100g do alimento

ou 3g/100mL do alimento pronto para o consumo) e sódio (600mg/100g do alimento ou 300mg/100mL do alimento pronto para o consumo).

A rotulagem nutricional frontal deverá localizar-se na metade superior do painel principal dos rótulos dos alimentos embalados na ausência do consumidor, e seguir o modelo, conforme demostrado na Figura 4 (Brasil, 2020a; b).

Figura 4. Modelos de rotulagem nutricional frontal



a: modelos para alimentos com alto teor de açúcares adicionados, gordura saturada e sódio; **b:** modelos para alimentos com alto teor de açúcares adicionados e gordura saturada; **c:** modelos para alimentos com alto teor de açúcares adicionados e sódio; **d:** modelos para alimentos com alto teor de gordura saturada e sódio; **e:** modelos para alimentos com alto teor de açúcares adicionados; **f:** modelos para alimentos com alto teor de gordura saturada; **g:** modelos para alimentos com alto teor de sódio.

Fonte: (Brasil, 2020b).

Faz-se importante, portanto, estudos e pesquisas para formulações de novos alimentos e preparações, a fim de reduzir os teores de tais nutrientes, e assim, contribuir com a promoção de hábitos alimentares mais saudáveis pela população consumidora. É possível, ainda, que alimentos isentos da obrigatoriedade da rotulagem nutricional frontal, tenham forte apelo de qualidade junto ao público consumidor, o que deve ser confirmado com pesquisas de opinião. Assim sendo, torna-se este, um fator a contribuir, positivamente, com o *marketing* de venda desses produtos.

2.7.4.3 Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)

A Resolução nº 6 de 8 de maio de 2020 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) do Ministério da Educação (ME) (Resolução nº 6/2020), dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do PNAE. Em seu anexo IV são apresentados os valores de referência para o consumo de energia, micronutrientes e macronutrientes (especificações) pelos alunos da educação básica que recebem gratuitamente, merenda escolar por meio de subsídio do governo federal. Para os alunos em regime de tempo integral de estudo (público-alvo da UAN pesquisada) deve-se atender, em pelo menos três refeições diárias, 70% de suas necessidades nutricionais diárias de energia, carboidratos, proteínas e lipídios, além de uma faixa de distribuição percentual dos macronutrientes em relação ao valor energético total (VET), conforme faixas etárias apresentadas na Tabela 5 (Brasil, 2020c).

Tabela 5. Parâmetros nutricionais de referência para alunos em regime de tempo integral de estudo, conforme diferentes faixas etárias (70% das necessidades diárias)

Categoria	Idade	Energia (kcal)	Carboidratos (g) 55% a 65% do VET	Proteínas (g) 10% a 15% do VET	Lipídios (g) 15% a 30% do VET
Pré-escola	4-5 anos	945	130 a 154	24 a 35	26 a 37
Ensino	6-10 anos	1150	158 a 187	29 a 43	32 a 45
Fundamental	11-15 anos	1656	228 a 269	41 a 62	46 a 64
Ensino médio	16-18 anos	1902	262 a 309	48 a 71	53 a 74
Educação de	19-30 anos	1668	229 a 271	42 a 63	28 a 56
Jovens e	31-60 anos	1607	221 a 261	40 a 60	27 a 54
Adultos (EJA)					

Da linha destacada em negrito constam as especificações para os estudantes público-alvo da UAN objeto da pesquisa.

Fonte: Adaptada de Brasil, 2020c.

No entanto, não há na referida Resolução, instrução para o gestor sobre o método que deve ser adotado para estimativa do consumo *per capita* dos alimentos, energia e nutrientes para adequada inferência e avaliação dos resultados. Para tanto, há de se considerar a complexidade envolvida na estimativa de cálculos nutricionais de UANs, considerando o tipo de distribuição das refeições e a inviabilidade da estimativa direta do consumo de cada estudante (Brasil, 2020c).

As pesquisas populacionais para inferência sobre a prevalência de ingestão adequada/inadequada de nutrientes têm por base o uso de inquéritos alimentares, como o recordatório de 24 horas (R24h) em que são registrados os consumos de alimentos pelos indivíduos representantes de grupos específicos, por meio de entrevistas (Institute of Medicine, 2006). Esse tipo de abordagem indireta não parece adequada para avaliação dos cardápios ofertados, uma vez que a segregação de informações acerca do consumo fora do ambiente escolar é mais um viés significativo que aumentará a incerteza dos resultados.

CAPÍTULO I

**PROPOSTA DE UM MÉTODO BASEADO EM CARTAS CONTROLE PARA
ESTIMAR O CONSUMO *PER CAPITA* DE INGREDIENTES DE CARDÁPIOS
EM RESTAURANTES DO TIPO BUFFET**

**PROPOSAL OF A METHOD BASED ON CONTROL CHARTS TO
ESTIMATE *PER CAPITA* INGREDIENT CONSUMPTION IN BUFFET-STYLE
RESTAURANT MENUS**

Proposta de um método baseado em cartas controle para estimar o consumo *per capita* de ingredientes de cardápios em restaurantes do tipo buffet

Proposal of a method based on control charts to estimate *per capita* ingredient consumption in buffet-style restaurant menus

Propuesta de un método basado en cartas de control para estimar el consumo per cápita de ingredientes en los menús de restaurantes tipo buffet.

DOI: 10.55905/oelv23n1-219

Receipt of originals: 12/27/2024

Acceptance for publication: 1/24/2025

Luciano José Barreto Pereira

Doutorando em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Endereço: Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: lucianojbpereira@gmail.com

Rafael Henrique Palma Lima

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: rafaelhlima@utfpr.edu.br

Nathália Ramos de Melo

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

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Endereço: Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: nathaliarm@id.uff.br

RESUMO

O cálculo nutricional de cardápios é uma atividade complexa que envolve diversas operações, incluindo a estimativa das necessidades nutricionais e do consumo alimentar. As metodologias adotadas em pesquisas publicadas para calcular a composição de cardápios em restaurantes, frequentemente apresentam baixa reprodutibilidade, com insuficiente repetibilidade experimental para garantir a representatividade dos resultados. O objetivo dessa pesquisa foi propor um método para avaliação, em restaurantes, da estabilidade do consumo alimentar *per capita* e mensuração dos parâmetros de distribuição dessa variável, com utilização de cartas controle. A aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP) em restaurantes, se adequadamente adaptada às características específicas do processo de produção de refeições, pode possibilitar a determinação da capacidade do processo como um método para verificar a conformidade com planos nutricionais, legislações, contratos de serviço ou outros objetivos específicos. Os resultados sugerem a viabilidade de se desenvolver um método para calcular

indicadores *per capita* no setor, com o objetivo de melhorar os planejamentos de aquisições de insumos, reduzir custos operacionais e aumentar a competitividade de mercado.

Palavras-chave: Cálculo nutricional. Planejamento de cardápio. Redução de desperdício. Serviço de alimentação.

ABSTRACT

The nutritional calculation of menus is a complex activity involving various operations, including the estimation of nutritional needs and food consumption. The methodologies adopted in published research for calculating menu composition in these restaurants are often found to be poorly reproducible, with insufficient experiment repeatability to ensure result representativeness. The objective of this research was to propose a method for evaluating the stability of *per capita* food consumption in restaurants and measuring the distribution parameters of this variable using control charts. The application of Statistical Process Control (SPC) in restaurants, if appropriately adapted to the specific characteristics of the meal production process, can enable the determination of process capability as a method to verify compliance with nutritional plans, legislation, service contracts, or other specific objectives. The results suggest the feasibility of developing a method to calculate *per capita* indicators in the sector, with the aim of improving supplies procurement planning, reducing operational costs, and increasing market competitiveness.

Keywords: Nutritional calculation. Menu planning. Waste reduction. Food service.

RESUMEN

El cálculo nutricional de los menús es una actividad compleja que implica diversas operaciones, incluyendo la estimación de las necesidades nutricionales y del consumo alimentario. Las metodologías adoptadas en investigaciones publicadas para calcular la composición de menús en restaurantes frecuentemente presentan baja reproducibilidad, con insuficiente repetibilidad experimental para garantizar la representatividad de los resultados. El objetivo de la presente investigación fue proponer un método para la evaluación de la estabilidad del consumo alimentario per cápita en restaurantes y la medición de los parámetros de distribución de esta variable mediante el uso de cartas de control. La aplicación del Control Estadístico de Procesos (CEP) en restaurantes, si se adapta adecuadamente a las características específicas del proceso de producción de comidas, puede permitir determinar la capacidad del proceso como método para verificar la conformidad con planes nutricionales, legislaciones, contratos de servicios u otros objetivos específicos. Los resultados sugieren la viabilidad de desarrollar un método para calcular indicadores per cápita en el sector, con el objetivo de mejorar la planificación de adquisiciones de insumos, reducir costos operativos y aumentar la competitividad en el mercado.

Palabras clave: Cálculo nutricional. Planificación de menús. Reducción de desperdicios. Servicio de alimentación.

3.1 INTRODUÇÃO

Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) é um tipo de restaurante, sem fins lucrativos, destinado a produção de refeições nutricionalmente equilibradas e seguras à determinada coletividade, seja ela saudável ou enferma (Abreu, Spinelli e Pinto, 2016).

Há várias limitações e dificuldades em relação ao planejamento e a supervisão do processo de produção de refeições em UANs, seja pela falta de dados ou pela utilização de dados não representativos do consumo alimentar. Não raro, ocorrem faltas ou sobras excessivas, com impacto significativo na qualidade do serviço prestado e nos custos por desperdícios, sendo este e não por acaso, objeto de vários estudos no segmento (Borges *et al.*, 2019; Filimonau *et al.*, 2023; Gao *et al.*, 2021; Oliveira Pontes, de *et al.*, 2022).

Devido à alta variabilidade do processo, influenciada pela alta variabilidade do consumo alimentar, o *per capita* estimado por média utilizando cartas controle pode melhor representar os resultados dessa variável e consequentemente reduzir os custos por desperdícios, devido a planejamentos mais assertivos. Ainda, a aplicação das cartas controle em restaurantes pode contribuir para padronização e estabilidade do processo de produção de refeições, além de auxiliar na identificação de causas especiais de variação e mudança de nível da média do *per capita* alimentar no longo prazo. O objetivo dessa pesquisa foi propor um método para avaliação, em restaurantes, da estabilidade do consumo alimentar *per capita* e mensuração dos parâmetros de distribuição dessa variável, com utilização de cartas controle.

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

No segmento de serviços de alimentação (UANs e demais tipos de restaurantes), não há registro de estudos de implantação do Controle Estatístico de Processo (CEP) e utilização de cartas controle para estimativa de *per capita* de ingredientes alimentares, tampouco, as cartas controle são utilizadas nas rotinas das UANs, como ferramenta da qualidade. Os estudos publicados que utilizaram ferramentas da qualidade visaram rastrear causas de desperdícios de alimentos, geração de resíduos sólidos, tempo de processamento e de atendimento ao consumidor (Alexandre, Silva e Castro, 2020; Ebadi e Ahmadi-Javid, 2019; Mirzaei, Niroomand e Zare, 2016). Na Tabela 1 são apresentados alguns estudos na área de alimentos que utilizaram ferramentas da qualidade para controle e melhoria de processos.

Tabela 1. Pesquisas na área de alimentos que utilizaram ferramentas da qualidade para controle e melhoria de processos

Autores	Ferramenta utilizada	Setor	Objetivo do uso
Walls (1999)	Carta Controle	Indústria	Controle de peso e outras medidas na fabricação de produtos de pescado.
Allan et al. (2018)	Carta Controle Diagrama de Pareto	UAN hospitalar	Monitoramento de desperdício de alimentação parenteral.
Alexandre; Silva; Castro (2020)	Carta Controle	Restaurante <i>fast-food</i>	Estimativa da quantidade gerada de resíduos sólidos (plástico, vidro, metal e papel).
Henning et al. (2012)	Carta Controle	Indústria	Avaliação sensorial (aroma e sabor) de bebida fermentada.
Chen; Chen (2016)	Diagrama de causa e efeito	UAN	Avaliar causas do longo tempo de espera do serviço prestado.
Mirzaei; Niroomand; Zare (2016)	Diagrama de Pareto Carta Controle	UAN	Avaliação pelos clientes, dos fatores mais relevantes que afetam a qualidade do serviço. Avaliação pelos clientes, do frescor e qualidade da refeição.
Hung; Sung (2011)	Carta Controle Diagrama de Pareto Diagrama de causa e efeito	Indústria	Aplicação do método Lean Seis Sigmas para redução da taxa de defeitos em pães de nata (perda de peso).
Ebadi; Ahmadi-javid (2019)	Carta Controle	UAN	Avaliar tempo de atendimento ao cliente.
Rique Junior et al. (2021)	Carta Controle	Indústria	Avaliação de defeitos em embalagem de polpa de fruta.
Gauri (2003)	Carta Controle	Indústria	Controle de peso de embalagem de biscoito industrializado.
Prata et al. (2020)	Carta Controle e Simulação de Monte Carlo.	Indústria	Monitoramento do teor de nitrito em presunto curado (estudo de simulação).
Moro et al. (2018)	Carta Controle	Indústria	Controle de peso nas embalagens primárias de embutido derivado de aves.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Há numerosos registros na literatura científica sobre a aplicação do CEP em diversas áreas do conhecimento, desde todos os tipos de indústria, até na medicina (Allan *et al.*, 2018; Keller *et al.*, 2020; Lim e Antony, 2016). No entanto, estudos apontam que a implantação do CEP pode ser considerada incipiente na indústria de alimentos, com maior prevalência nas de grande porte (Antony, Lim e Arshed, 2015; Costa *et al.*, 2020; Lim e Antony, 2016).

Em um estudo no Reino Unido, com indústrias de alimentos, os autores constataram que 45% destas tinham CEP implantado, sendo a maioria delas de grande porte. Além dos investimentos necessários para a implantação do CEP, alguns autores afirmam que a falta de liderança e proatividade da alta administração, do conhecimento estatístico pelos gestores, supervisores e operadores e a falta de “pensamento estatístico” das empresas são os principais fatores limitantes para resultados eficazes de melhoria contínua do processo (Antony, Lim e Arshed, 2015; Grigg e Walls, 2007).

Pesquisas sobre avaliação de cardápios alimentares de UAN de vários segmentos, como empresas, escolas, universidades e hospitais, abordam mais aspectos qualitativos do que quantitativos (Andreto *et al.*, 2021; Menegazzo *et al.*, 2011; Souza, Schneider e Weis, 2020; Souza Santos, 2016; Ygnatios, Lima e Pena, 2017). Diferentemente do método proposto para utilização das cartas controle, seja por subgrupos amostrais ou medidas individuais, os trabalhos de avaliação quantitativa de cardápios apresentam metodologias com algumas diferenças entre si. Porém, possuem em comum, limitações de amostragem, com poucas medidas ou apenas medida única para estimativa de *per capititas* (Borges *et al.*, 2019; González, Bezerra e Matos, 2017; Hautrive e Piccoli, 2013; Issa *et al.*, 2014; Menezes, Santana e Nascimento, 2018; Ribeiro, Joana; Rocha, 2019; Vanin, 2007). Ainda, esses estudos são do tipo transversal, de período curto, o que pode limitar informações intrínsecas aos dados, acerca de variáveis como sazonalidade dos alimentos, hábitos alimentares e estado de saúde dos comensais. A utilização de medida única para representação da variável *per capita* de ingredientes de cardápios de restaurante, *per se*, contraria a teorema central do limite, impossibilitando inferências para populações por meio de amostras (Hubbard, 2005; Montgomery, 2013; Vieira, 2014).

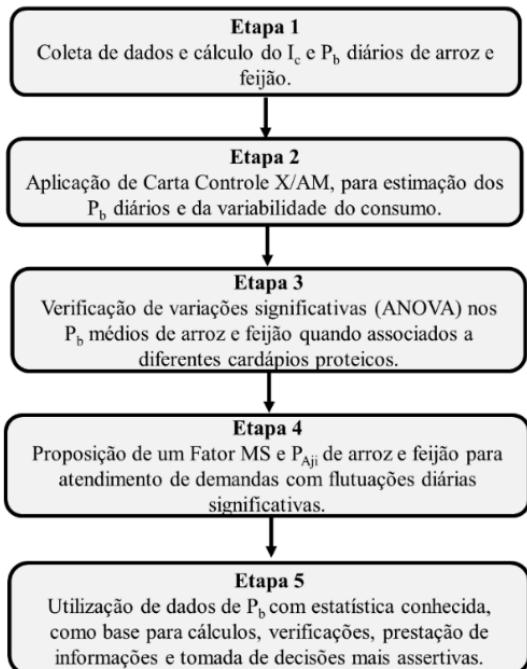
3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Local da pesquisa e determinação do peso de ingredientes e preparações

A pesquisa foi realizada em uma UAN institucional pública federal, localizada no interior do estado do Rio de Janeiro, Brasil. O serviço é centralizado (produção e distribuição de refeições no mesmo local) com modalidade de distribuição *self-service (buffet)*, de cardápio popular custeado pelo governo federal, por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). O público-alvo foram adolescentes estudantes do ensino médio e técnico.

A pesagem dos ingredientes foi executada entre os meses de abril e dezembro de 2022, em uma balança digital de mesa calibrada, marca LÍDER, modelo LD1050, bivolt (110-220 VCA), capacidade máxima de 60 kg, carga mínima de 0,2 kg e erro de 0,010 kg. Os registros foram realizados por operadores submetidos a treinamento contínuo. Na Figura 1 é apresentado um fluxograma das principais etapas experimentais da pesquisa.

Figura 1. Principais etapas experimentais da pesquisa



I_c: índice de consumo; P_b: *per capita* bruto do ingrediente; ANOVA: análise de variância; Carta X/AM: carta para observação de medidas individuais e amplitude móvel; Fator MS: margem de segurança para estimativa de *per capita*; P_{Aji}: *per capita* ajustado do ingrediente

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.3.2 Estimativa do *per capita* bruto médio dos ingredientes arroz e feijão

Para o cálculo do *per capita* bruto médio dos ingredientes arroz parboilizado tipo 1 e feijão preto tipo 1, componentes principais dos cardápios arroz refogado e feijão refogado, respectivamente, propomos as equações 1 e 2:

$$I_c = (P_{inicial} - S)/P_{inicial} \quad (1)$$

$$P_b = (Q_i \times I_c)/C \quad (2)$$

onde:

I_c = índice de consumo do dia avaliado em relação ao P_{inicial}

P_{inicial} = peso do rendimento da preparação quando finalizada (arroz refogado e feijão refogado)

S = peso das sobras limpas ou quantidade não distribuída da preparação

P_b = *per capita* bruto do ingrediente

Q_i = peso total do ingrediente bruto preparado (lote), conforme receituário padrão

C = número de consumidores da refeição distribuída

As indústrias de modo geral têm produção em larga escala ou de mais de um lote por dia. Ao contrário, nos restaurantes, tem-se a produção de um ou poucos lotes representativos

por dia, variando o produto (cardápio), ao longo do tempo, à exceção do arroz e feijão, que devido ao hábito alimentar dos brasileiros, são produzidos diariamente.

Pela possibilidade de se obter apenas um resultado representativo por dia, adotou-se as cartas controle X/AM e um total de amostras superior a 100 ($m > 100$) (Hubbard, 2005; Lim & Antony, 2019; Montgomery, 2013).

As cartas controle foram elaboradas no programa Microsoft Excel 2016, com base na distribuição normal, sendo a média e o desvio padrão populacional desconhecidos, com nível de confiança de 99,3% ($z = 3$; $\alpha = 0,0027$). O erro estimado para os limites de controle ($\bar{x} \pm 3\sigma$), conforme proposto por Shewhart foi $1/\alpha$, admitindo alarme falso para pontos fora de controle, a cada 370 amostras coletadas. As médias das medidas individuais ou linha média de controle (LM_x) das cartas X foram estimadas pela Equação 3 (Hubbard, 2005; Montgomery, 2013; Vieira, 2014).

$$LM_x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

Os limites superior (LSC_x) e inferior (LIC_x) de controle da variável *per capita* do ingrediente foram estimados, conforme as Equações 4 e 5, respectivamente (Montgomery, 2013):

$$LSC_x = \bar{x} + 3 \frac{\overline{AM}}{d_2} \quad (4)$$

$$LIC_x = \bar{x} - 3 \frac{\overline{AM}}{d_2} \quad (5)$$

onde:

d_2 = constante tabelada igual a 1.128 para amplitude móvel (AM)

\overline{AM}/d_2 = desvio padrão estimado ($\hat{\sigma}$) para n igual a 2

A amplitude móvel (AM) e a média das amplitudes móveis (\overline{AM} ou LMAM) foram estimadas, respectivamente, pelas Equações 6 e 7 (Montgomery, 2013; Vieira, 2014).

$$AM = |x_i - x_{i-1}| \quad (6)$$

$$\overline{AM} = (AM_2 + AM_3 + \dots + AM_m)/(m - 1) \quad (7)$$

Os limites superior (LSC_{AM}) e inferior (LIC_{AM}) de controle da variabilidade do processo foram estimados, respectivamente, pelas Equações 8 e 9,

$$LSC_{AM} = D_4 \times \overline{AM} \quad (8)$$

$$LIC_{AM} = D_3 \times \overline{AM} \quad (9)$$

onde:

D_3 = constante tabelada com valores igual a zero, para n igual a 2

D_4 = constante tabelada com valor igual a 0.85, para n igual a 2 (Montgomery, 2013; Vieira, 2014).

3.3.3 Avaliação do *per capita* bruto médio de arroz e feijão quando combinados com diferentes cardápios proteicos

Os testes de normalidade aplicados aos dados foram Kolmogorov-Smirnov (K-S) e Shapiro-Wilk (S-W), com nível de significância de 0.05 ($p \leq 0.05$).

Para avaliação da diferença nos *per capitais* brutos médios do arroz e feijão em combinação com diferentes cardápios proteicos (carne suína, estrogonofe, carne moída bovina, lagarto redondo bovino, linguiça e carne de frango) foi realizada Análise de Variância de um fator (ANOVA). Anteriormente à ANOVA foram realizados o teste de Grubbs ($p \leq 0.05$) e o teste de Levene ($p \leq 0.05$), para identificação e remoção de eventuais *outliers* e avaliação da homocedasticidade das variâncias, respectivamente. Os programas utilizados foram Minitab® e o Past® versão 4.03.

Para redução do risco de sobra excessiva ou de faltas com interrupção do processo, além de suprir, no todo ou em parte, eventuais aumentos de demandas não planejadas, sugerimos o cálculo de um *per capita* ajustado do ingrediente, conforme Equações 10 e 11,

$$\text{Fator MS} = \left(\frac{P_{IM}}{P_{Im}} \right) \quad (10)$$

$$P_{Aji} = \text{Fator MS} \times P_I \quad (11)$$

onde:

Fator MS = margem de segurança para estimativa de *per capita*

P_{Im} = menor resultado *per capita* do ingrediente no período da pesquisa (arroz ou feijão) por cardápio protéico

P_{IM} = maior resultado *per capita* do ingrediente no período da pesquisa (arroz ou feijão) por cardápio protóico

P_I = *per capita* médio do ingrediente, estimado no período da pesquisa

P_{Aji} = *per capita* ajustado do ingrediente

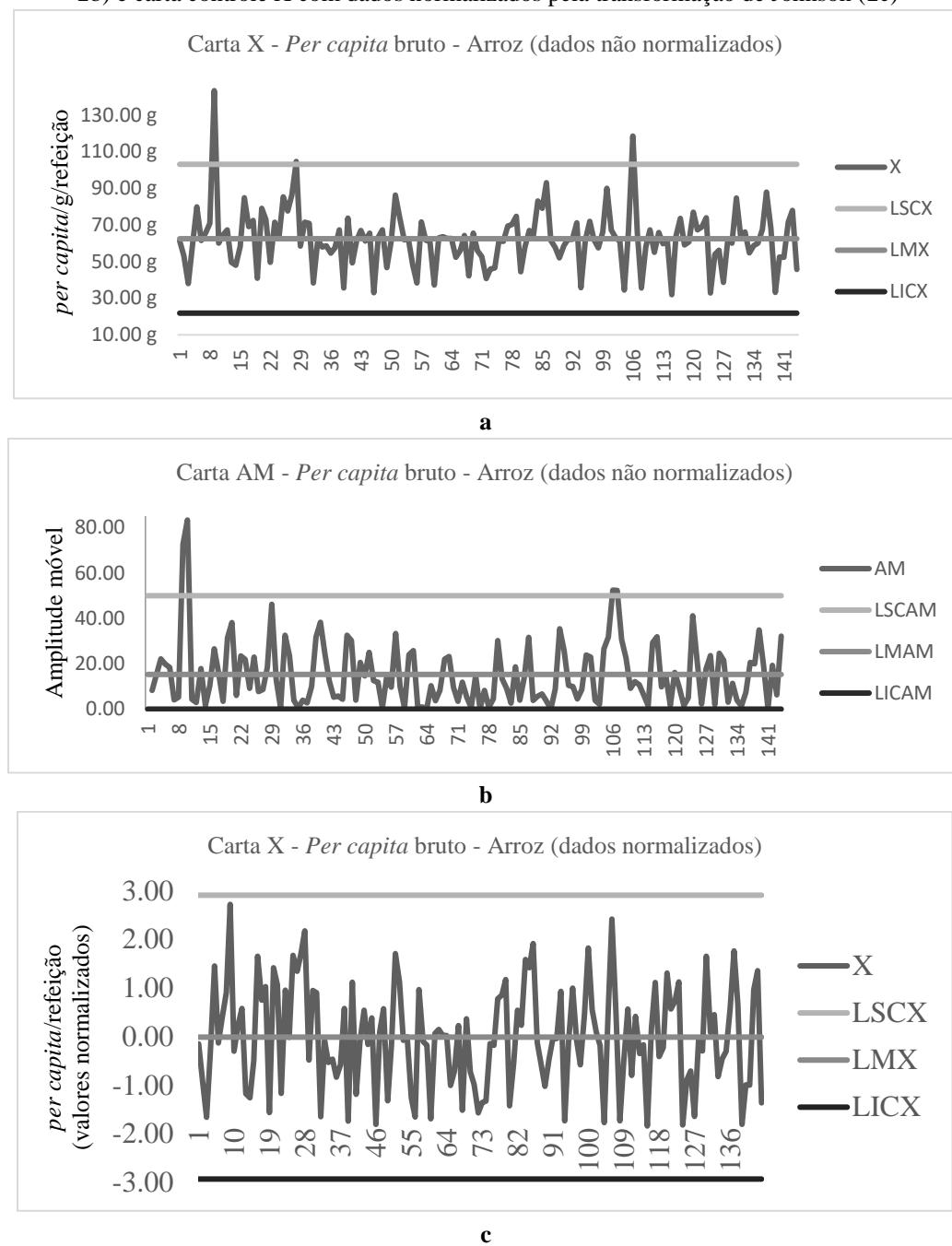
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.4.1 Estimativa de *per capita* bruto dos ingredientes arroz e feijão

Foram plotados 144 e 119 dados nas cartas controle da variável X (*per capita* bruto) do arroz e feijão, respectivamente. Os dados inicialmente não apresentaram aderência à distribuição normal. Sabe-se que a utilização da ferramenta carta controle imprescinde da normalidade dos dados, uma vez que foi idealizada com base no teorema central do limite. No entanto, muitos estudos pressupõem essa condição, sem executar testes de aderência, o que diminui significativamente a sensibilidade dos resultados, quando utilizada tal ferramenta (Montgomery, 2013). Com base nos resultados, rejeitou-se a hipótese nula e os conjuntos de

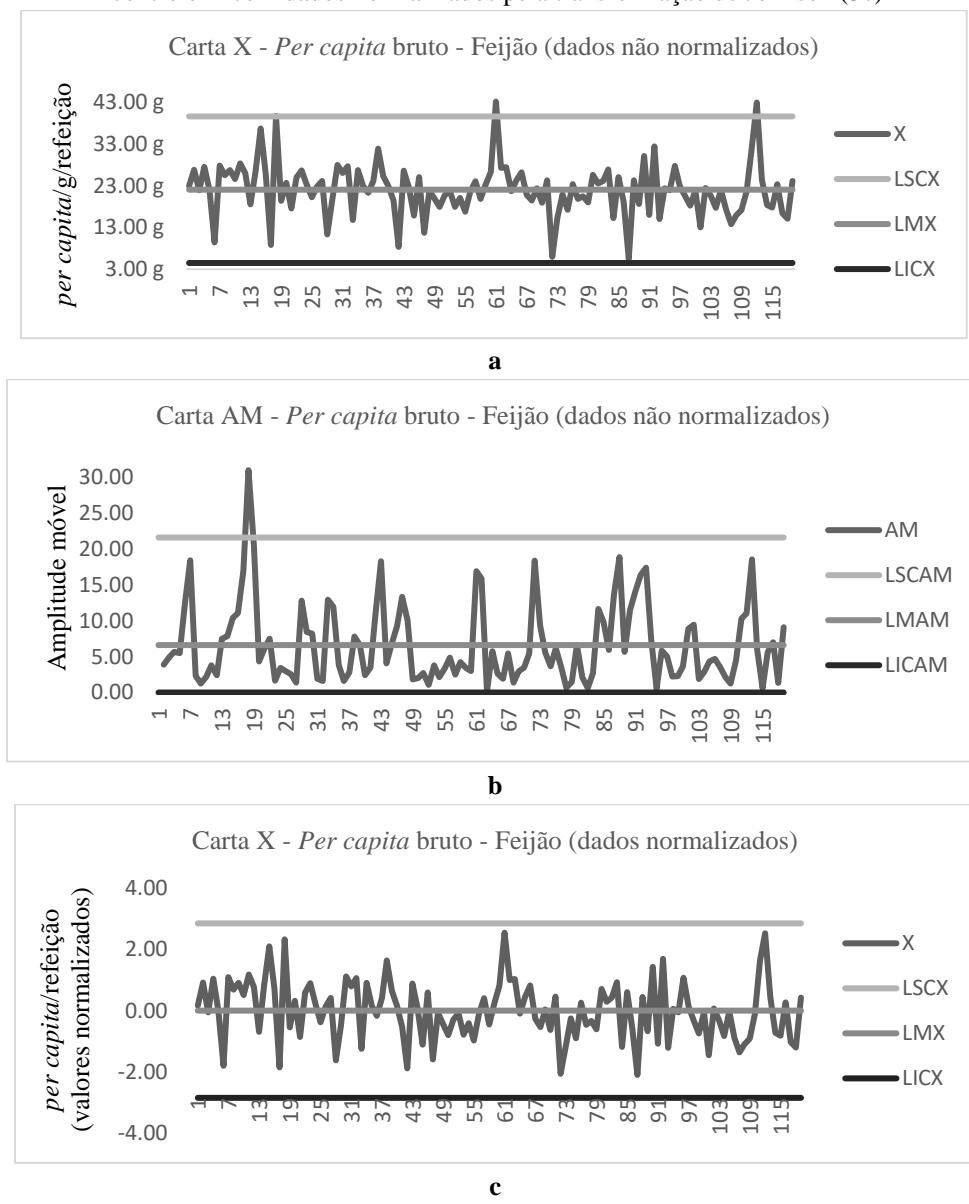
dados foram submetidos a análise de distribuição individual, sendo o teste de transformação de Johnson o de maior significância para ambos ingredientes (Yeo e Johnson, 2000). Esse resultado sugere que os dados apresentaram diferentes médias e distribuições de probabilidade no período da pesquisa. O *per capita* bruto médio do arroz foi de 62.47 g e o desvio-padrão estimado ($\hat{\sigma}$) foi de 13.54 g. Na Figura 2 são apresentadas as cartas controle X/AM para o *per capita* bruto do arroz, com dados originais e não normalizados (2a e 2b) e normalizados pela transformação de Johnson (2c). Após a normalização dos dados todos os pontos apresentaram-se dentro dos limites de controle.

Figura 2. Carta controle X/AM para *per capita* bruto do arroz com dados originais e não normalizados (2a e 2b) e carta controle X com dados normalizados pela transformação de Johnson (2c)



O *per capita* bruto médio do feijão foi de 22.09 g e o $\hat{\sigma}$ foi de 5.87 g. Na Figura 3 são apresentadas as cartas controle X/AM para o *per capita* bruto do feijão, com dados originais e não normalizados (3a e 3b) e normalizados pela transformação de Johnson (3c).

Figura. 3. Carta controle X/AM para *per capita* bruto do feijão com dados não normalizados (3a e 3b) e carta controle X com dados normalizados pela transformação de Johnson (3c)



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.4.2 Estimativa de *per capita* bruto dos ingredientes arroz e feijão quando associados a diferentes cardápios proteicos

Para verificação da influência dos cardápios proteicos (carne suína, estrogonofe, carne moída, lagarto redondo, linguiça e carne de frango) no *per capita* bruto do arroz, procedeu-se ao teste de S-W ($p=0.12$), teste de Levene ($p=0.568$) e à ANOVA de um fator. Os dados dos *per capitais* brutos do arroz estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. *Per capitais* brutos do arroz quando combinados com diferentes cardápios proteicos

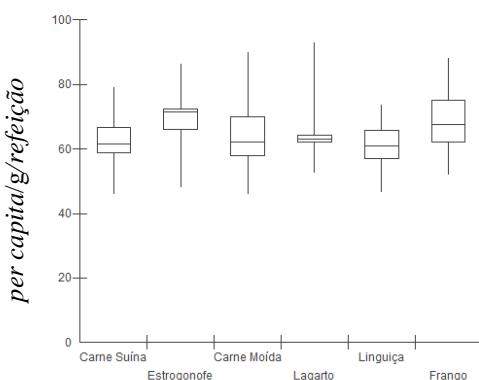
Cardápios proteicos	<i>Per capita</i>	Desvio-padrão
Carne suína	61.96	8.13
Estrogonofe*	69.14	10.88
Carne moída	65.37	13.26
Lagarto bovino	67.01	15.28
Linguiça	60.88	9.32
Carne de frango	67.96	10.86

*preparação elaborada com carne suína e de ave.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando os dados brutos, o *per capita* do arroz foi menor quando acompanhado de linguiça (60.88 g) e maior quando acompanhado de estrogonofe (69.14 g). Entretanto, não foi possível identificar diferença estatística entre as médias ($p = 0.3209$) e assumiu-se que o *per capita* médio geral do arroz (62.47 g) representou o *per capita* do ingrediente no período da pesquisa. Não houve *outliers* dentro dos grupos, conforme resultado do teste de Grubbs ($p > 0.05$). Observa-se, pelos gráficos box-plot apresentados na Figura 4, respectivamente, uma distribuição dos dados dos grupos linguiça e carne de frango, aproximadamente leptocúrtica e platicúrtica. Os dados dos grupos estrogonofe apresentaram uma distribuição do tipo leptocúrtica (delgada), com assimetria negativa (à esquerda) e os dados dos grupos carne suína e carne moída, assimetria positiva (à direita). Os tamanhos similares das caixas são compatíveis com homocedasticidade das variâncias, como confirmado pelo teste de Levene (Ferreira, 2015).

Figura 4. Box-plot do *per capita* de arroz em combinação com diferentes cardápios proteicos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para verificação da influência dos mesmos cardápios proteicos no *per capita* bruto de feijão, procedeu-se ao teste de normalidade S-W ($p = 0.79$) e ao teste de Levene ($p = 0.037$). Devido a heterogeneidade das variâncias, não foi possível realizar a comparação das médias do *per capita* do feijão por meio da ANOVA. Os dados do grupo estrogonofe foram removidos da análise por apresentarem coeficiente de variação de 42%, sendo a causa da heterocedasticidade das variâncias. O teste de Grubbs acusou um *outlier* no grupo da carne moída, o qual foi removido (36.80 g; $p = 0.04$). Após os ajustes, o teste de normalidade S-W e de Levene apresentaram resultados significativos ($p = 0.57$ e $p = 0.68$, respectivamente). Conforme os resultados da ANOVA, não foi possível identificar diferença estatística entre as médias do *per capita* de feijão, quando combinado com os cardápios proteicos remanescentes (carne suína,

carne moída, lagarto, linguiça e carne de frango). Os dados dos *per capitais* brutos do feijão estão apresentados Tabela 3.

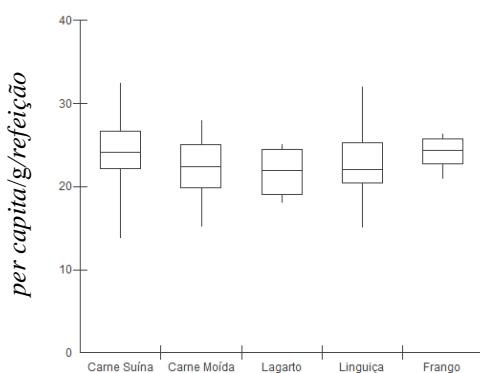
Tabela 3. *Per capitais* brutos do feijão quando combinados com diferentes cardápios proteicos

Cardápios proteicos	<i>Per capita</i>	Desvio-padrão
Carne suína	23.96	3.93
Carne moída	22.56	5.19
Lagarto bovino	21.72	3.53
Linguiça	22.90	5.76
Carne de frango	24.00	2.22

Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim como o *per capita* do arroz, o *per capita* do feijão não foi influenciado pelo prato proteico do dia. Assumiu-se, então, que o *per capita* médio geral do feijão (22.09 g) representou o *per capita* do ingrediente no período da pesquisa. Observa-se, pelos gráficos box-plot apresentados na Figura 5, uma distribuição leptocúrtica (delgada) dos dados dos grupos carne suína e linguiça, com assimetria negativa (à esquerda) e positiva (à direita), respectivamente. O grupo carne moída apresentou distribuição leptocúrtica, e os grupos lagarto e carne de frango apresentaram distribuição platicúrtica (achatada) dos dados, com assimetria negativa (à esquerda). Os tamanhos similares das caixas também corroboram o teste significativo para homocedasticidade das variâncias (Ferreira, 2015).

Figura 5. Box-plot do *per capita* de feijão em combinação com diferentes cardápios proteicos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com adoção de amostragem adequada, as UANs e demais serviços de alimentação podem regularmente acompanhar e atualizar o consumo alimentar, entendendo melhor os resultados de combinações de cardápios, ingredientes e as principais causas de sua variação. Ainda, aumenta a capacidade de previsão da variabilidade dos resultados, com melhor gerenciamento das demandas ao longo do tempo, as quais são inerentes ao processo e aos próprios hábitos alimentares dos consumidores. Diante disso e para contribuir com planejamentos de cardápios mais assertivos, apresentamos a seguir, os cálculos do Fator MS e P_{Aji} do ingrediente arroz, conforme propostos, respectivamente, nas equações 12 e 13:

$$Fator\ MS = \left(\frac{69.14}{60.88} \right) = \sim 1.13 \quad (12)$$

$$P_{Aji} = 1.13 \times 62.47 = 70.59\ g \quad (13)$$

O Fator MS para o *per capita* do feijão foi 1.10 e o P_{Aji} foi de 24.30 g. Os resultados, portanto, apresentaram similaridade com a indicação da literatura especializada para planejamento de cardápios, que é a previsão de uma margem de segurança de 10% sobre o planejamento inicial (Abreu, Spinelli e Pinto, 2016).

3.5 CONCLUSÃO

Os *per capitais* brutos, tanto de arroz, quanto de feijão, estimados com o auxílio das cartas controle, mostraram-se mais confiáveis por atender preceitos estatísticos de probabilidade e amostragem, possibilitando o gestor a conhecer e monitorar a variabilidade do processo.

As cartas controle, além de facilitar a monitoração do consumo médio *per capita* de ingredientes e sua variabilidade, auxiliam na identificação de tendências de mudança de nível da média, e consequentemente, permite melhor planejamento e avaliação de cardápios.

Estudos posteriores devem ser conduzidos para correlacionar preditores envolvidos nas variações observadas nos resultados.

Os resultados apontam para viabilidade de desenvolvimento de um método para cálculo de *per capitais* no segmento, de forma a contribuir com a qualidade do serviço, redução de custos operacionais e a competitividade de mercado.

Por fim, trabalhos futuros podem complementar e implementar as técnicas para o monitoramento contínuo desse tipo de processo, a fim de garantir no longo prazo sua estabilidade. Ademais, será possível a identificação de mudanças no nível das médias das variáveis analisadas, bem como ajustes nos limites de controle, por consequência de mudanças de hábitos alimentares, combinação de pratos, entre outros preditores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Pinheiral (IFRJ-Pinheiral), por conceder a autorização para a realização da presente pesquisa em sua Unidade de Alimentação e Nutrição.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. S., SPINELLI, M. G. N., & PINTO, A. M. S. (2016). *Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer* (6^a). Metha.
- ALEXANDRE, L. de S., SILVA, C. M. da, & CASTRO, J. C. de. (2020). Predictive studies of solid waste production capacity in fast food restaurants using the bootstrap method and time series. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 7(8), 98–112. <https://doi.org/10.22161/ijaers.78.12>.
- ALLAN, P. J., et al (2018). Application of quality improvement techniques to reduce parenteral nutrition wastage in a national intestinal failure unit. *European Journal of Hospital Pharmacy* , 25(2), 85–91. <https://doi.org/10.1136/ejhp pharm-2016-001197>.
- ANDREO, M. S., et al (2021). Avaliação Qualitativa de Cardápios Hospitalares. *Medicina (Ribeirão Preto)*, 54(3), 1–10. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.rmrp.2021.168113>.
- ANTONY, J., LIM, S. A. H., & ARSHED, N. (2015). A critical assessment on SPC implementation in the UK food industry. *Systemics, Cybernetics and Informatics*, 2(1), 51–56.
- BORGES, M. P., et al. (2019). Impact of a campaign for reducing food waste in a university restaurant. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(4), 843–848. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019187411>.
- CHEN, H. T., & CHEN, K. S. (2016). A paired-test method to verify service speed improvement in the Six Sigma approach: a restaurant's case study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 27(11–12), 1277–1297. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1074522>.
- COSTA, L. B. M., et al. (2020). The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. *Food Control*, 112(January). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107110>.
- DE OLIVEIRA PONTES, T., et al (2022). Food waste measurement in a chain of industrial restaurants in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 369(August 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133351>.
- EBADI, M., & AHMADI-JAVID, A. (2019). Socio-economic design of control charts for monitoring service processes: a case study of a restaurant system. *Quality Technology and Quantitative Management*, 16(6), 726–735. <https://doi.org/10.1080/16843703.2018.1519880>.
- FERREIRA, V. (2015). *Estatística Básica* (1st ed.). SESES.
- FILIMONAU, V., et al (2023). Food waste and its management in the foodservice

sector of a developing economy: An exploratory and preliminary study of a sample of restaurants in Iraq. *Tourism Management Perspectives*, 45(November 2022), 101048. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2022.101048>.

GAO, S., et al. (2021). Drivers and reduction solutions of food waste in the Chinese food service business. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.013>.

GAURI, S. K. (2003). Statistical process control procedures for controlling the weight of packets of biscuits. *Total Quality Management and Business Excellence*, 14(5), 529–539. <https://doi.org/10.1080/1478336032000053564>.

GONZÁLEZ, A. R. A., BEZERRA, P. Q. M. B., & MATOS, M. F. R. de. (2017). Desperdício de alimentos em um restaurante comercial de Salvador (BA): características, avaliação e intervenção sobre as principais causas. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 11(2), 2523–2541. <https://doi.org/10.3895/rbta.v11n2.5782>.

GRIGG, N. P., & WALLS, L. (2007). Developing statistical thinking for performance improvement in the food industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 24(4), 347–369. <https://doi.org/10.1108/02656710710740536>.

HAUTRIVE, T. P., & PICCOLI, L. (2013). Elaboração de fichas técnicas de preparações de uma unidade de alimentação e nutrição do Município de Xaxim – SC. *E-Scientia*, 6(1), 01–07.

HENNING, E., et al (2012). Gráfico combinado Shewhart-CUSUM aplicado a um processo de rotulagem de garrafas. *Revista Gestão Industrial*, 204–221.

HUBBARD, M. R. (2005). Statistical Quality Control for the Food Industry. In *Journal of Food Quality* (3^a, Vol. 28, Issues 5–6). Kluwer Academic. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2005.00021.x>.

HUNG, H. C., & SUNG, M. H. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580–591. <https://doi.org/10.5897/SRE10.823>.

ISSA, R. C., et al (2014). Alimentação escolar: Planejamento, produção, distribuição e adequação. *Pan American Journal of Public Health*, 35(2), 96–103.

KELLER, D. S., et al (2020). Statistical Process Control (SPC) to drive improvement in length of stay after colorectal surgery. *American Journal of Surgery*, 219(6), 1006–1011. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2019.08.029>

LIM, S. A. H., & ANTHONY, J. (2019). **Statistical process control for the food**

industry: A Guide for Practitioners and Managers. In J. W. & S. Ltd (Ed.), *John Wiley & Sons Ltd* (1^a). John Wiley & Sons.

LIM, S. A. H., & ANTONY, J. (2016). Statistical process control readiness in the food industry: Development of a self-assessment tool. *Trends in Food Science and Technology*, 58, 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.025>.

LOUZADA, F., DINIZ, C. A. R., & FERREIRA, P. H. (2013). *Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração*. LTC.

MENEGAZZO, M., et al (2011). Avaliação qualitativa das preparações do cardápio de centros de educação infantil. *Revista de Nutrição*, 24(2), 243–251. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000200005>.

MENEZES, R. O. dos S., SANTANA, E. de M., & NASCIMENTO, M. O. L. (2018). Elaboração de fichas técnicas das preparações oferecidas em serviço de alimentação e nutrição de Hospital Público de Salvador, BA. *Hig. Aliment*, 32(284/285), 46–50. <http://pt>.

MIRZAEI, N., NIROOMAND, S., & ZARE, R. (2016). Application of statistical process control in service industry: A case study of the restaurant sector. *Journal of Modelling in Management*, 11(3), 763–782. <https://doi.org/10.1108/JM2-06-2014-0046>.

MONTGOMERY, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.). John Wiley & Sons.

MORO, M. F., et al (2018). Monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos por meio de gráficos de controle. *Exacta*, 16(2), 43–66. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v16n2.7257>.

PRATA, E. R. B. de A., et al (2020). Statistical quality control in the food industry: a risk-based approach. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 38(2), 437–452. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2019-0272>.

RIBEIRO, J., ROCHA, A. (2019). Impacto Económico do Desperdício Alimentar num Centro Escolar. *Acta Portuguesa de Nutrição*, 19, 36–41. <https://doi.org/10.21011/apn.2017.1907>.

RIQUE JUNIOR, J. F., et al (2021). Statistical process control of the vertical form, fill and seal packaging machine in food industry. *Journal of Food Process Engineering*, 44(2). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13614>.

SOUZA, E. D. de, SCHNEIDER, C. M. A., & WEIS, G. C. C. (2020). Avaliação quantitativa e qualitativa do cardápio de uma unidade de alimentação e nutrição da região noroeste do Rio Grande do Sul. *Disciplinarum Scientia - Ciências Da Saúde*, 21(2), 127–139.

[https://doi.org/10.37777/dscs.v21n2-011.](https://doi.org/10.37777/dscs.v21n2-011)

SOUZA SANTOS, J. (2016). *Análise qualitativa e quantitativa do cardápio semanal de um serviço de alimentação e nutrição de um hospital particular, localizado na cidade de Salvador (BA)*. 7527(2), 100–105.

VANIN, M. (2007). Adequação Nutricional do Almoço de uma Unidade de Alimentação e Nutrição de Guarapuava - PR. *Revista Salus*, 1(1), 31–38.

VIEIRA, S. (2014). *Estatística para a qualidade* (3rd ed.). Elsevier.

WALLS, N. P. G. L. (1999). The use of statistical process control in food packing: Preliminary findings and future research agenda. *British Food Journal*, 101(10), 763–784.

YEO, I. N. K., & JOHNSON, R. A. (2000). A new family of power transformations to improve normality or symmetry. *Biometrika*, 87(4), 954–959. <https://doi.org/10.1093/biomet/87.4.954>.

YGNATIOS, N. T. M., LIMA, N. N., & PENA, G. das G. (2017). Avaliação qualitativa das preparações do cardápio de uma escola privada em um município do interior de Minas Gerais. *Revista Da Associação Brasileira de Nutrição*, 8(1), 82–89.

CAPÍTULO II

**PROPOSTA DE MÉTODO BASEADO NA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO
PARA CÁLCULO, AVALIAÇÃO E ADEQUAÇÃO NUTRICIONAL DE
CARDÁPIOS DE RESTAURANTES DO TIPO SELF-SERVICE (*BUFFET*)**

**PROPOSED MONTE CARLO SIMULATION-BASED METHOD FOR THE
CALCULATION, ASSESSMENT, AND NUTRITIONAL ADJUSTMENT OF MENUS
IN SELF-SERVICE (*BUFFET-STYL*E) RESTAURANTS**

Proposta de método baseado na simulação de Monte Carlo para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de restaurantes do tipo self-service (*buffet*).

Luciano José Barreto Pereira^{1,4} Rafael Henrique Palma Lima² Nathália Ramos de Melo^{1,3}

¹Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil. Autor para correspondência: e-mail: luciano.pereira@ifrrj.edu.br.

²Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina (UTFPR), PR, Brasil.

³Departamento de Engenharia de Agronegócios, Universidade Federal Fluminense (UFF), Av. dos trabalhadores, 420, 27255-125, Volta Redonda, RJ, Brasil.

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Pinheiral, Rua José Breves, 550, 27197-000, Pinheiral, RJ, Brasil.

RESUMO

Devido à significativa variabilidade do consumo de alimentos pelos indivíduos, o cálculo e a avaliação nutricional de cardápios de restaurantes necessitam de amostragem e período de avaliação adequados, para melhor representar a realidade do consumo por uma clientela específica. O objetivo da presente pesquisa foi propor um método para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios da merenda escolar em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) pública no Brasil, do tipo self-service (*buffet*), por meio de simulações de dados baseadas no Método de Monte Carlo (MMC). Além do resultado do consumo *per capita* das variáveis estudadas (ingredientes, energia e nutrientes), foi estimado e proposto um nível de serviço ($N_s\%$), que é a proporção diária de atendimento das necessidades de energia e de nutrientes, conforme exigências da Resolução nº 6/2020. Embora os resultados do consumo médio *per capita* de carboidratos, lipídios, proteínas e de energia tenham atendido as especificações da norma vigente (Simulação 1), os respectivos $N_s\%$ foram de 62, 85, 100 e 73. Após manipulação de cardápios foi possível sugerir composições com melhores resultados de $N_s\%$ (Simulação 2), exceto para proteína (que manteve-se inalterado), com potencial aumento de 17 pontos percentuais (p.p) do consumo de carboidratos ($N_s\% = 79$), 9 p.p do consumo de lipídios ($N_s\% = 94$) e 16 p.p do consumo de energia ($N_s\% = 89$). Sendo assim, os resultados alcançados podem auxiliar o gestor nas tomadas de decisão imediatas, mais adequadas e assertivas, no que tange a composição, combinação e frequência de oferta de cardápios.

Palavras-chave: Planejamento de cardápios. Necessidades nutricionais. Nível de serviço. Consumo *per capita*. Cálculo nutricional.

ABSTRACT

Due to the significant variability in individual food consumption, the calculation and nutritional assessment of restaurant menus require appropriate sampling and evaluation periods to more accurately represent the actual dietary intake of a specific clientele. The objective of the present study was to develop and propose a method for the calculation, assessment, and nutritional adjustment of school meal menus in a public Food and Nutrition Unit (FNU) in Brazil, operating in a self-service (*buffet*) format, through data simulations based on the Monte Carlo Method (MCM). In addition to the *per capita* consumption results of the variables studied (ingredients, energy and nutrients), a service level ($S_l\%$) was estimated and proposed, representing the daily proportion of fulfillment of energy and nutrient requirements, in accordance with the guidelines established by Resolution nº 6/2020. Although the average *per capita* consumption of carbohydrates, lipids, proteins, and energy met the specifications of the current regulation (Simulation 1), the corresponding $S_l\%$ values were 62, 85, 100, and 73, respectively. After menu adjustments, it was possible to propose compositions with improved $S_l\%$ outcomes (Simulation 2), except for protein, which remained unchanged. The results indicated a potential increase of 17 percentage points (p.p) in carbohydrate consumption ($S_l\% = 79$), 9 p.p in lipid consumption ($S_l\% = 94$), and 16 p.p in energy consumption ($S_l\% = 89$). Thus, the results

obtained may support managers in making more immediate, appropriate, and effective decisions regarding the composition, combination, and frequency of menu offerings.

Key-words: Menu planning. Nutritional needs. Service level. Per capita consumption. Nutritional calculation.

4.1 INTRODUÇÃO

O consumo alimentar é influenciado por diversos fatores, ocasionando no longo prazo alta variabilidade no consumo *per capita* de ingredientes e nutrientes. Identificar e compreender as correlações de todas as variáveis envolvidas no processo de consumo alimentar torna-se um grande desafio. No entanto, resultados dessas interações com base em amostragem representativa, podem explicar o comportamento dessa variável com boa estimativa da realidade (Yoriyaz, 2009).

Segundo a pesquisa populacional que gera os parâmetros para avaliação e meta de consumo de nutrientes, como a Ingestão Diária Recomendada (Dietary Reference Intake - DRI), a variação média do consumo da maioria dos micronutrientes apresenta-se em torno de 10%, podendo ultrapassar os 60% no caso de algumas vitaminas. Mesmo sendo o consumo de energia e de macronutrientes dependentes de suas respectivas necessidades, a variabilidade desse consumo pode ser alta, devido às diversas correlações de variáveis envolvidas no hábito alimentar, como o tipo de cardápio, seleção de ingredientes, combinações de pratos, sazonalidade, cultura, religião, estado de saúde dos indivíduos, dentre tantas outras (Institute of Medicine, 2006).

O Método de Monte Carlo (MMC) é um método estatístico para simulação de dados, que se utiliza da geração sequencial de números pseudo-aleatórios para explicar eventos complexos de processos estocásticos (Meireles, Silva e Correa, 2017; Yoriyaz, 2009). Tem como principal objetivo a previsão de resultados de difícil estimativa, por meio de amostragem significativamente alta de dados com distribuição de probabilidade conhecida.

Há décadas, o MMC tem sido amplamente utilizado em diversos segmentos do conhecimento, como estatística, investimento financeiro (bolsa de valores), engenharia, medicina, física, química, alimentos, entre outros, para compreensão de diversos fenômenos estocásticos (Angelotti *et al.*, 2008; Yoriyaz, 2009).

Na área de alimentos, o MMC tem sido muito utilizado em estudos de toxicologia para estimativa de concentração de algumas substâncias e seus riscos para saúde dos consumidores, como os conservantes benzoato de sódio e sorbato de potássio (Afsharian *et al.*, 2024), acrilamida (Faraji *et al.*, 2024), fluoreto (Ali *et al.*, 2024) e metais pesados (Hwang & Ha, 2021; Neethu *et al.*, 2024). Ward *et al.* (1976) utilizaram do MMC para avaliar o tamanho de porções de alimentos para atendimento dos padrões nutricionais mínimos de uma determinada população masculina e feminina da época. Kodors *et al.* (2022) estudaram, com auxílio do método, a otimização do consumo alimentar para redução de desperdícios em escolas públicas.

No entanto, não há registro na literatura sobre aplicação do MMC para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios de restaurantes tipo self-service (*buffet*) e para o cálculo do nível de serviço ($N_s\%$). Apesar disso, a natureza probabilística desse procedimento indica a viabilidade da aplicação do MMC para estudar o atendimento de requisitos nutricionais após determinação dos parâmetros da distribuição de probabilidade do consumo de ingredientes. O objetivo da presente pesquisa foi desenvolver e propor um método para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios nesse segmento, por meio de simulações de dados de consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes, além de permitir avaliação

dos resultados em relação à diferentes especificações, como legislações, contratos e outras demandas.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Simulação pelo MMC

O MMC é utilizado para simular o comportamento estocástico de diversas variáveis, em que o resultado pode ser representado por uma medida de posição como a esperança ou média (E ou \bar{x}). A variável estudada no presente trabalho é do tipo aleatória contínua (X), ou seja, o peso (g ou mg) para medida de ingredientes e nutrientes, e quilocalorias (kcal) para medida de energia. Para tanto utilizou-se de um processo gerador de dados pseudo-aleatórios (PGD) dependente de uma função densidade de probabilidade (FDP), dada pela Equação 1, em que $f(x)$ é a FDP, e assume valores $f(x) \geq 0$, $(-\infty < x < \infty)$; $Px_1 \leq X \leq x_2$, e que em última instância representa o valor da \bar{x} , conforme Equação 2 (Jones e Smith, 2018).

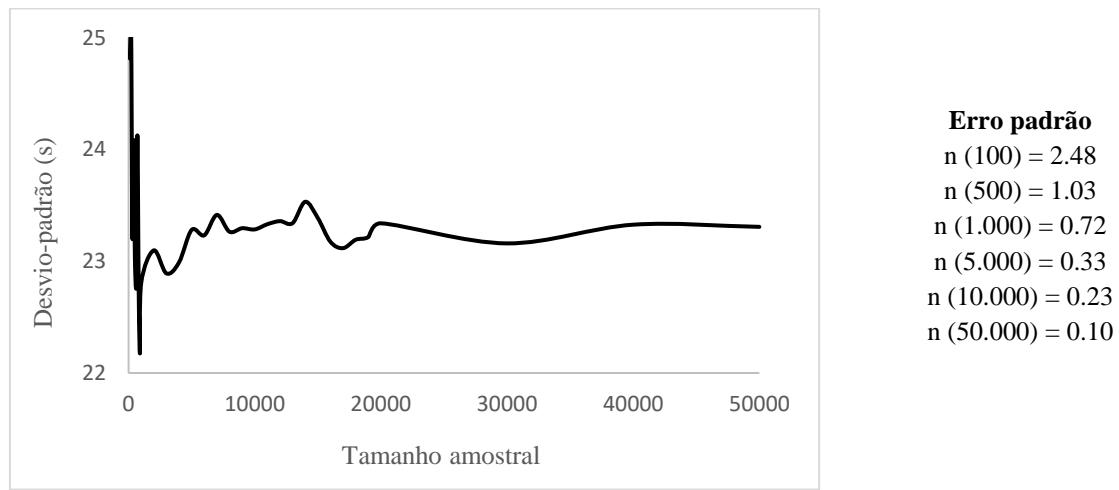
$$\int_{x_1}^{x_2} f(x) d(x) \mid -\infty < x_1 < x_2 < \infty \quad (1)$$

$$\bar{x} = E(X) = \int_{x_1}^{x_2} xf(x) dx \quad (2)$$

Para confirmar adequação do MMC à variável estudada, procedeu-se ao teste de convergência do método para os resultados de uma função entre o tamanho amostral e a variância, estimada pelo desvio-padrão (s) das variáveis consumo *per capita* de carboidratos, lipídios, proteínas, fibras, sódio, gordura saturada e açúcar adicionado das refeições almoço e jantar. Os tamanhos amostrais utilizados para o referido teste foram: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000, 6.000, 7.000, 8.000, 9.000, 10.000, 11.000, 12.000, 13.000, 14.000, 15.000, 16.000, 17.000, 18.000, 19.000, 20.000, 30.000, 40.000 e 50.000 (Meireles, Silva e Correa, 2017; Robert e Casella, 2010). Na Figura 1 está representado o gráfico do teste de convergência do MMC para a variável consumo *per capita* de carboidratos. Pelo teste ainda demonstrou-se a variância acumulada de cada variável da amostra avaliada e observou-se quanto maior o tamanho amostral adotado, menor foi o erro padrão de estimativa dos resultados. Os demais testes de convergência para consumo *per capita* de lipídios, proteínas, fibras, sódio, energia, gordura saturada e açúcar adicionado estão apresentados na Figura A1 (Apêndice A – Figura e Tabelas).

Os resultados do teste comprovaram médias e variâncias finitas e adequação do método para simulação das variáveis estudadas. O tamanho amostral final de cada uma das simulações (Simulações 1 e 2) foi de 50.000, em que os resultados apresentaram estabilização das variâncias e os menores erros estatísticos dentre os tamanhos amostrais testados.

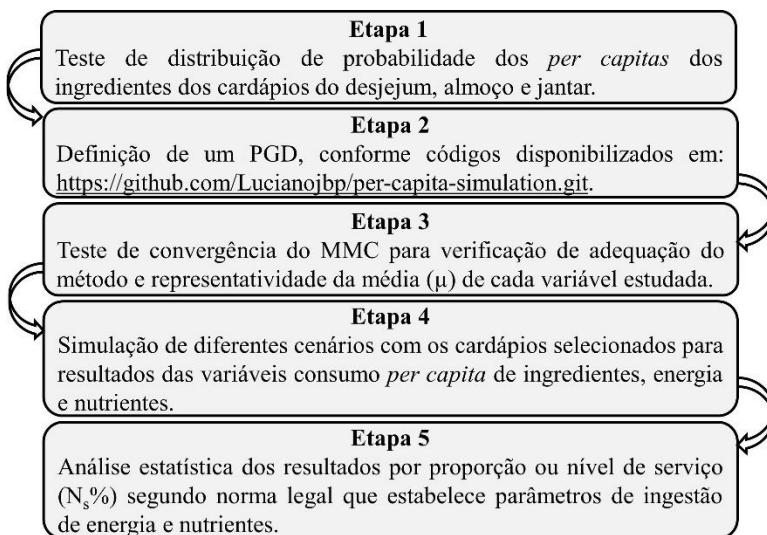
Figura 1. Gráfico representativo da convergência do MMC para a variável consumo *per capita* de carboidratos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para simulação do consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes, por meio dos cardápios desjejum, almoço e jantar foram seguidos os pressupostos apresentados na Figura 2.

Figura 2. Pressupostos para simulação de dados com base no MMC



Fonte: Elaborada pelos autores.

A simulação dos dados foi codificada usando a linguagem Python® e o ambiente de desenvolvimento Jupyter Notebook®. Foram geradas duas simulações (Simulação 1 e 2) para cada variável consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes. Após análise dos resultados da Simulação 1, um novo cenário (Simulação 2) com eliminação e/ou alteração de alguns cardápios, foi gerado para melhorar os resultados de oferta de ingredientes, energia e macronutrientes, do $N_s\%$ e da adequação nutricional.

Parte dos dados de entrada e códigos para simulação do consumo *per capita* de ingredientes totais, energia e nutrientes, por meio dos cardápios do desjejum estão apresentados na Tabela A1 (Apêndice A – Figura e Tabelas) e dos cardápios de almoço e jantar na Tabela

A2 (Apêndice A – Figura e Tabelas). Os seguintes testes de distribuição de probabilidade foram executados aos resultados da Simulação 1 por meio do software Minitab® versão 21, admitindo nível de significância de 0.05 ($p < 0.05$): normal (K-S), box-cox, lognormal, lognormal de 3 parâmetros, exponencial, exponencial de 2 parâmetros, Weibull, Weibull de 3 parâmetros, gama, gama de 3 parâmetros, logística, loglogística, loglogística de 3 parâmetros e transformação de Johnson.

4.2.2 Local da pesquisa e equipamento para determinação do peso de ingredientes e das preparações

A pesquisa foi realizada em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) pública federal, localizada no estado do Rio de Janeiro, Brasil. O serviço é do tipo centralizado (produção e distribuição de refeições no mesmo local) com modalidade de distribuição self-service (*buffet*).

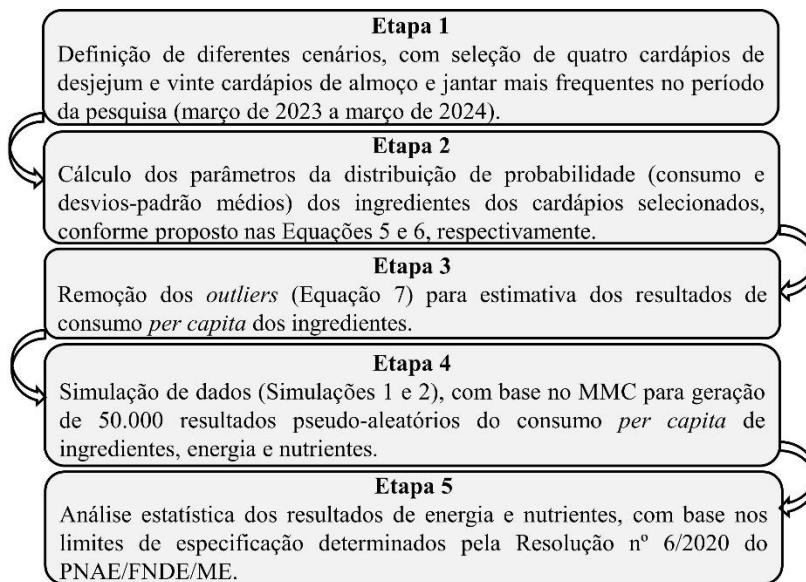
O tipo de cardápio é popular, com oferta de três refeições diárias (desjejum, almoço e jantar), custeadas pelo governo federal por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (Brasil, 2020c). O público-alvo da UAN eram adolescentes de ambos os sexos, estudantes do ensino médio e técnico, com média de idade de 16 anos.

A pesagem dos ingredientes e das preparações prontas foi executada em uma balança digital de mesa calibrada, marca LÍDER, modelo LD1050, bivolt (110-220 VCA), capacidade máxima de 60 kg, carga mínima de 0,2 kg e erro de 0,010 kg. Os registros foram realizados por operadores submetidos a treinamento contínuo.

4.2.3 Coleta de dados, seleção de cardápios e amostragem

A coleta de dados ocorreu entre março de 2023 e março de 2024. Para representatividade dos dados, foram selecionados quatro cardápios mais frequentes da refeição desjejum (nomeados de 1 a 4) e vinte cardápios mais frequentes das refeições almoço e jantar (nomeados de A a T). Na Figura 3 é apresentado um fluxograma das principais etapas experimentais do estudo.

Figura 3. Principais etapas experimentais do estudo



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.4 Estimativa do consumo *per capita* bruto dos ingredientes dos cardápios avaliados

4.2.4.1 Estimativa do consumo *per capita* dos ingredientes das refeições desjejum, almoço e jantar

O consumo *per capita* bruto diário dos ingredientes foi estimado pelas Equações 3 e 4, conforme proposto em um estudo anterior (Pereira, Lima e Melo, 2025).

O consumo *per capita* bruto médio dos ingredientes ($\sum P_b / n$) foi estimado pela Equação 5, em que I_c é o índice de consumo pelos consumidores do dia avaliado; $P_{inicial}$ é peso do rendimento da preparação quando finalizada; S é o peso das sobras limpas ou quantidade não distribuída da preparação; Q_i é o peso total do ingrediente principal bruto preparado (lote); C é o número de consumidores da refeição distribuída no dia e n é o tamanho amostral do P_b .

O desvio-padrão da amostra de consumo *per capita* dos ingredientes foi estimado pela Equação 6, em que s é o desvio-padrão da amostra, x_i é cada valor observado na amostra, \bar{x} é a média dos valores observados na amostra e n o tamanho da amostra.

Aos P_b foi aplicado o teste de normalidade de S-W com nível de significância de 0.05 ($p \leq 0.05$).

$$I_c = (P_{inicial} - S) / P_{inicial} \quad (3)$$

$$P_b = (Q_i \times I_c) / C \quad (4)$$

$$\sum P_b / n \quad (5)$$

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n - 1} \quad (6)$$

O consumo *per capita* médio (a partir daqui considerado sinônimo de consumo médio) dos ingredientes arroz e feijão foram estimados com dependência da preparação proteína, e por isso, esses três ingredientes (arroz, feijão e proteína) apresentaram o mesmo n (Tabela A4 do Apêndice A – Figura e Tabelas). A razão entre os ingredientes secundários e principais das preparações componentes dos cardápios almoço e jantar é apresentada na Tabela A5 do Apêndice A – Figura e Tabelas.

4.2.5 Estimativa de dados *outliers* dos *per capitais* dos ingredientes principais

Os *outliers* da variável P_b foram estimados pelo método da amplitude interquartil, conforme Equação 7, em que IQR é o intervalo interquartil (quartis 1 e 3). O n final dos P_b estão apresentados nas Tabelas A3 e A4 (Apêndice A – Figura e Tabelas).

$$\text{Outlier} = \sum P_b / n \pm (1.5 \times \text{IQR}) \quad (7)$$

4.2.6 Cálculo nutricional do portfólio de cardápios

O cálculo nutricional do portfólio de cardápios da UAN foi realizado com base nos resultados médios das Simulações 1 e 2, conforme apresentado na Equação 8. Nela, $R_{S_{MC}}$ é cada um dos 50.000 resultados das variáveis: consumo *per capita* diário de energia, carboidratos, lipídios, proteínas, fibras, sódio, gordura saturada e açúcar adicionado; e S_{MC} refere-se ao n amostral (50.000) da simulação pelo MMC. A base para o cálculo foram as informações constantes da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (Unicamp, 2011) e dos rótulos das embalagens das matérias-primas utilizadas.

$$\sum R_{S_{MC}} / S_{MC} \quad (8)$$

4.2.7 Estimativa do nível de serviço ($N_s\%$)

O $N_s\%$ é a proporção de dias em que, pelos cardápios usuais, o consumo *per capita* diário de energia e nutrientes atende às especificações mínimas exigidas pela Resolução nº 6/2020 (proporção de atendimento nutricional). O $N_s\%$ foi determinado, conforme proposto na Equação 9, para o consumo *per capita* diário de carboidratos, lipídios, proteínas e energia, em que $P_{\geq \text{esp.}}$ é a contagem de resultados das simulações iguais ou maiores que as especificações mínimas de energia e do nutriente analisado (Brasil, 2020c).

$$N_s\% = P_{\geq \text{esp.}} / S_{MC} \times 100 \quad (9)$$

4.2.8 Estimativa de adequação de consumo de gordura saturada, açúcar adicionado e sódio

Os resultados de consumo de gordura saturada e açúcar adicionado foram expressos em percentual do VET (VET%) e o consumo de sódio em valor médio e proporção em relação ao estabelecido na Resolução nº 6/2020 (Brasil, 2020c).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Simulação 1

A estrutura dos cardápios do desjejum, o consumo médio dos ingredientes, as medidas de variação (desvio padrão e coeficiente de variação: s e o CV%, respectivamente) e o resultado do teste de normalidade S-W estão apresentados na Tabela A6 (Apêndice A – Figura e Tabelas). A estrutura dos cardápios do almoço e jantar, o consumo médio dos ingredientes principais, o s e o CV% estão apresentados na Tabela A7 (Apêndice A – Figura e Tabelas).

Os resultados do consumo médio dos ingredientes dos cardápios do desjejum apresentaram aderência à distribuição normal, assim como a maioria dos resultados referentes aos cardápios do almoço e jantar (Tabela A6 e A8, respectivamente, do Apêndice A – Figura e Tabelas). Portanto, as simulações dos dados foram codificadas com base na distribuição normal (Tabelas A1 e A2 do Apêndice A – Figura e Tabelas). Ao contrário, os resultados das simulações de consumo *per capita* diário de energia e nutrientes não apresentaram distribuição normal, tampouco aderência às diversas distribuições de probabilidade testadas ($p < 0.05$ – KS).

A título de exemplo, para aplicar como meta de capacidade de atendimento às especificações nutricionais, um C_p igual a 1.33 (processo industrial capaz – ver Tabela 3 em REVISÃO DE LITERATURA), os dados dos resultados deveriam apresentar distribuição normal e as variabilidades do consumo de carboidratos, lipídios e proteínas deveriam ser controlada e 6, 7 e 4 vezes menor que os resultados encontrados, respectivamente.

Os índices que medem a capacidade de processo nas indústrias justificam-se, pois a venda de produtos com alta variabilidade da característica da qualidade pode tornar o produto inútil (no caso de peças automotivas, por exemplo) ou gerar prejuízos, tanto para o fabricante, quanto para o consumidor (no caso de venda de alimentos industrializados, com peso acima ou abaixo das especificações, respectivamente).

Por não ser escopo da presente pesquisa o controle de processo de produção de refeições, mas de monitorização indireta de consumo alimentar e de nutrientes com alta variabilidade, os resultados obtidos pelo método proposto foram apresentados por média (\bar{x}), s e $N_s\%$, este último com base nas especificações exigidas no anexo IV da Resolução nº 6/2020 (Brasil, 2020c).

4.3.1.1 Estatística descritiva

Na Tabela A9 (Apêndice A – Figura e Tabelas) são apresentadas as estatísticas descritivas dos resultados da simulação de dados pelo MMC de energia, carboidratos, lipídios e proteínas, consumidos cumulativamente nas refeições desjejum, almoço e jantar (Simulação 1).

4.3.1.2 Composição centesimal das preparações componentes dos cardápios desjejum, almoço e jantar

Nas Tabelas A10 e A11 (Apêndice A – Figura e Tabelas) são apresentadas, respectivamente, as composições centesimais das preparações componentes dos portfólios de cardápios do desjejum, almoço e jantar.

4.3.1.3 Adequação do consumo de energia e nutrientes em relação à Resolução nº 6/2020.

Na Tabela 1 são apresentados o consumo médio (\bar{x}), o desvio-padrão (s) e o coeficiente de variação (CV%) de carboidratos (CHO), lipídios (LIP), proteínas (PTN), fibra alimentar, sódio, energia, gordura saturada e açúcar adicionado, bem como a contribuição percentual de energia dos macronutrientes em relação ao VET das refeições desjejum, almoço e jantar.

Tabela 1. Consumo médio (\bar{x}), s e CV% de carboidratos, lipídios, proteínas, fibra alimentar, sódio, energia, gordura saturada e açúcar adicionado, e contribuição percentual de energia dos macronutrientes em relação ao VET% das refeições desjejum, almoço e jantar

Desjejum				
	(\bar{x})	(s)	(CV%)	(VET%)
Carboidratos (g)	58.01	8.80	15	11.29
Lipídios (g)	15.73	3.67	23	6.83
Proteínas (g)	15.04	6.27	42	2.90
Fibra alimentar (g)	2.32	0.56	24	--
Sódio (mg)	410	100	25	--
Energia (kcal)	430.85	87.32	20	20.73
Gordura saturada (g)	3.32	1.44	43	14.41
Açúcar adicionado (g)	13.56	7.82	58	2.62
Almoço e Jantar				
	(\bar{x})	(s)	(CV%)	(VET%)
Carboidratos (g)	215.51	46.54	22	41.57
Lipídios (g)	51.86	24.68	48	22.51
Proteínas (g)	78.56	13.02	17	15,15
Fibra alimentar (g)	19.16	3.71	19	--
Sódio (mg)	2.200	420	19	--
Energia (kcal)	1.642,70	361,60	22	79.21
Gordura saturada (g)	12.60	9.26	74	5,47
Açúcar adicionado (g)	15.34	7.75	51	29.58
Desjejum, Almoço e Jantar				
\bar{x}	Resultado de contribuição % de energia em relação ao VET dos macronutrientes ofertados na merenda escolar da UAN estuda		VET e contribuição % de energia dos macronutrientes em relação ao VET recomendado pela Resolução nº 6/2020 (Brasil, 2020c)	
Carboidratos (g)	273.52	53	55% a 65%	
Lipídios (g)	67.59	29	20% a 30%	
Proteínas (g)	93.6	18	10% a 15%	
VET (kcal)	2073.55	--	1902	
Gordura saturada (g)	15.92	6.91	7%	
Açúcar adicionado (g)	28.90	5.57	7%	

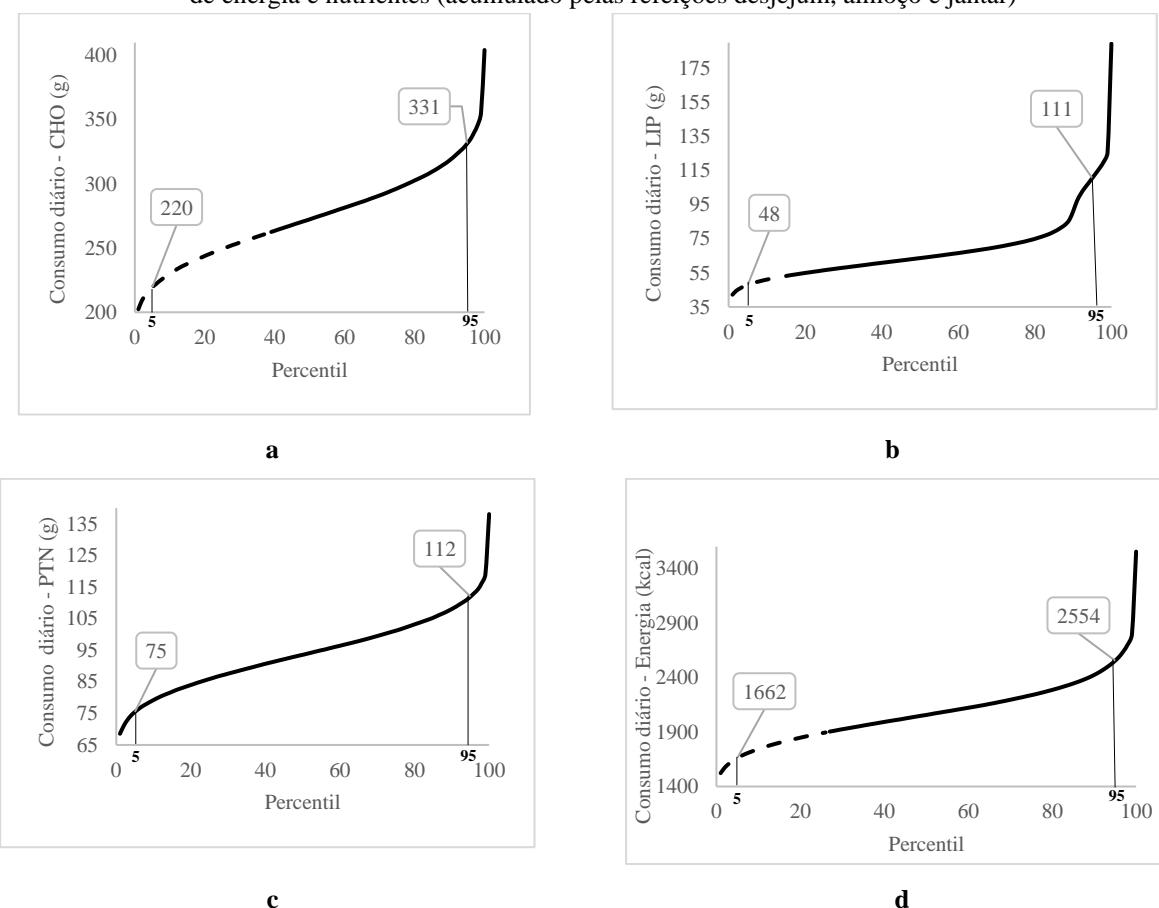
Fonte: Elaborada pelos autores.

Segundo a Resolução nº 6/2020, as recomendações nutricionais são estratificadas por faixa etária e regime de estudo (parcial ou integral). Apesar de haver necessidades distintas de energia e de nutrientes para adolescentes do sexo masculino e feminino, a norma da merenda escolar em seu anexo IV não faz essa distinção (Brasil, 2020c; Institute of Medicine, 2006).

Os carboidratos contribuíram com 53% do VET, 2 p.p (pontos percentuais) abaixo das exigências da norma, ainda que o consumo médio tenha sido adequado. O consumo médio e a

contribuição percentual de energia dos lipídios em relação ao VET foram adequados. O consumo médio de proteína apresentou-se acima dos limites de especificação da norma, com nenhuma ocorrência de resultado de consumo diário abaixo do limite inferior, conforme apresentado na Figura 4c (percentil 1 = 68.55 g; limite de especificação da Resolução nº 6/2020: 48 g a 71 g). O consumo de proteína foi aproximadamente 32% maior que o limite superior de especificação e a contribuição energética percentual de proteína em relação ao VET, superou 3 p.p do estabelecido pela norma. Logo, a oferta de proteína foi adequada, uma vez que os parâmetros de consumo de macronutrientes devem ser, no mínimo, aqueles especificados no anexo IV, conforme definido no artigo 18, inciso VI (Brasil, 2020c). O consumo de gordura saturada e de açúcar adicionado foi adequado, contribuindo com 7% e 6% do VET, respectivamente. Ao contrário, o consumo médio de sódio foi de 2.620 mg, 86% superior ao recomendado. Na Figura 4 são apresentados os gráficos percentilares dos resultados da Simulação 1 do consumo *per capita* diário e $N_s\%$ de carboidratos, lipídios, proteínas e energia, acumulados pelas refeições desjejum, almoço e jantar.

Figura 4. Gráfico percentilar dos resultados da Simulação 1 pelo MMC para consumo *per capita* diário de energia e nutrientes (acumulado pelas refeições desjejum, almoço e jantar)



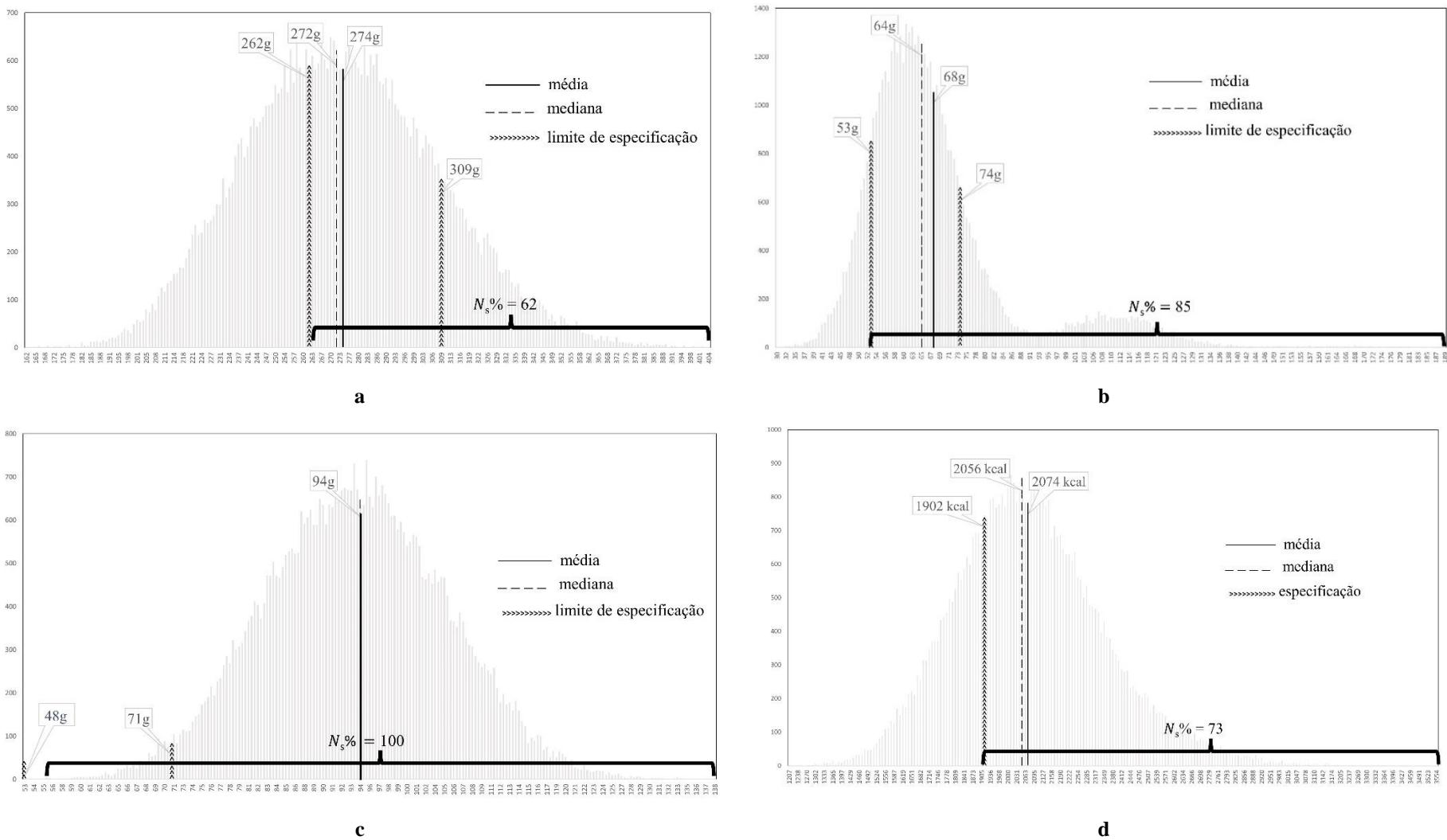
a: carboidratos. LIE: 262 g; consumo médio: 274 g; proporção de consumo *per capita* diário abaixo das especificações: 38%; $N_s\%$: 62; **b:** lipídios. LIE: 53 g; consumo médio: 68 g; proporção de consumo *per capita* diário abaixo das especificações: 15%; $N_s\%$: 85; **c:** proteínas. LIE: 48 g; consumo médio: 94 g; proporção de consumo *per capita* diário abaixo das especificações: 0%; $N_s\%$: 100; **d:** energia. Especificação: 1902 kcal; consumo médio: 2074 kcal; proporção de consumo *per capita* diário abaixo das especificações: 27%; $N_s\%$:

73. Linhas tracejadas representam a proporção de consumo *per capita* diário abaixo do LIE; linhas sólidas representam a proporção de consumo *per capita* diário adequado (\geq LIE, conforme artigo 18, inciso VI, da Resolução nº 6/2020). LIE: limite inferior de especificação segundo anexo IV da Resolução nº 6/2020 (Brasil, 2020a).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Figura 5 são apresentados os histogramas dos resultados da Simulação 1, com destaque para consumo médio, mediana, especificação de consumo de energia e limites de especificação de consumo de carboidratos, lipídios e proteínas, acumulados por meio das refeições desjejum, almoço e jantar. Importante ressaltar que, embora os resultados de consumo médio de energia e nutrientes tenham atendido às especificações, o consumo *per capita* diário destes apresentou alta variabilidade.

Figura 5. Histograma de consumo acumulado de energia e macronutrientes pelas refeições desjejum, almoço e jantar (Simulação 1)



Fonte: Elaborada pelo autores.

4.3.2 Simulação 2

A Simulação 2 teve como objetivo demonstrar como os dados coletados podem ser utilizados para melhoria do $N_s\%$. A título de exemplo, para melhorar o $N_s\%$ da oferta de carboidratos ($N_s\% = 62$ pela Simulação 1), foram simulados novos resultados após manipulação de alguns cardápios do almoço e jantar, com redução da frequência de guarnições com menor teor desse nutriente, como angu e creme de ervilha, além da remoção das guarnições beterraba cozida e purê de batata. Sendo assim, os cardápios “B”, “F”, “J”, “L”e “S” foram substituídos pelos cardápios, “D”, “G”, “M”, “P” e “Q” (Tabela A4 do APÊNCICE A – Figura e Tabelas). Os resultados apresentaram potencial melhora do $N_s\%$ para o consumo médio de carboidratos, lipídios e energia, com aumento de 17 p.p, 9 p.p e 16 p.p, respectivamente. O consumo médio de gordura saturada e açúcar adicionado permaneceu em 7% e 6% do VET, respectivamente. Não houve alteração no percentual de contribuição dos carboidratos em relação ao VET (53%) e os lipídios passaram a contribuir com 30% do VET, valor ainda adequado segundo a recomendação da Resolução nº 6/2020 (Tabela 1). Na Tabela 2 é apresentado um comparativo entre os resultados da simulação inicial (Simulação 1), realizada com os cardápios mais ofertados pela merenda escolar e os resultados após manipulação de alguns cardápios para melhora do $N_s\%$ inicial do consumo de carboidratos (Simulação 2).

Tabela 2. Comparativo entre resultados de \bar{x} de macronutrientes e energia, e os respectivos $N_s\%$ das Simulações 1 e 2

Simulação 1	\bar{x}	$< LIE\%$	$> LSE\%$	$LIE\% \leq p \leq LSE\%$	$N_s\% = P_{\geq esp.}/S_{MC} \times 100$
Carboidratos (g)	274	38.39	15.28	46.33	62
Lipídios (g)	68	14.62	21.53	63.85	85
Proteínas (g)	94	0	98.00	2.00	100
Energia (kcal)	2074	27.00	73.00	0	73
Simulação 2	\bar{x}	$< LIE(\%)$	$> LSE(\%)$	$LIE \leq p \leq LSE(\%)$	$N_s\% = P_{\geq esp.}/S_{MC} \times 100$
Carboidratos (g)	288	20.92	25.07	54.01	79
Lipídios (g)	72	6.41	29.96	63.63	94
Proteínas (g)	96	0	99.00	1.00	100
Energia (kcal)	2186	11.00	89.00	0	89

LSE: limite superior de especificação de energia/nutriente, segundo Resolução nº 6/2020; LIE: limite inferior de especificação de energia/nutriente, segundo Resolução nº 6/2020; $< LIE\%$: proporção de resultados abaixo do LIE; $> LSE\%$: proporção de resultados acima do LSE; $LIE\% \leq p \leq LSE\%$: proporção de resultados entre os LSE e LIE.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado médio de uma variável aleatória contínua com alta variabilidade, pode não representar o resultado alvo no longo prazo, caso o tamanho amostral não seja suficientemente alto. Para o método proposto, sugerimos um $N_s\%$ mínimo de 85, conforme praticado na prestação de serviço com base na Gestão da Qualidade Total (Braga, 2016). Ainda, no caso presente, melhorias do $N_s\%$ para o consumo de energia e nutrientes podem ser alcançadas com avaliação da composição de cardápios, aumentando ou diminuindo a densidade nutricional dos mesmos (ajustando os receituários-padrão).

Para aumento do $N_s\%$ de carboidratos, as guarnições angu, beterraba cozida, creme de ervilha e purê de batata, com menores teores do nutriente em comparação as demais opções (Tabela A11 do Apêndice A – Figura e Tabelas), podem ter suas frequências reduzidas no cardápio ou ser combinadas com uma segunda opção fonte de carboidratos nos dias em que

forem oferecidas. O aumento da densidade nutricional também pode ser alcançado com adaptações dos cardápios do desjejum.

A redução da oferta e consumo de sódio podem ser alcançadas reduzindo esse micronutriente nos receituários-padrão e a oferta de alimentos industrializados (processados e ultraprocessados), conforme orientado pela própria norma da merenda escolar (Brasil, 2020c).

Por meio do documento do FNDE intitulado “Plan PNAE – Ferramenta de planejamento de cardápio”, é orientado ao responsável técnico (RT) nutricionista do PNAE, o planejamento de cardápios com determinação e ajuste arbitrário dos *per capitas* até que se alcance resultados que atendam as metas nutricionais (especificações constantes da Tabela 5 em REVISÃO DE LITERATURA) (Brasil, 2020c). Pelo texto do referido documento, admite-se ainda, a partir de um planejamento adequado de cardápios, que o consumo alimentar também será adequado em relação aos resultados planejados (Santos *et al.*, 2020).

Ainda que a modalidade de distribuição de refeições seja à inglesa (em que o prato não é porcionado pelo aluno) deve-se estimar o consumo alimentar habitual, considerando por base o que é ofertado e o que efetivamente é consumido, para que sejam estimados, por fim, o consumo habitual *per capita* de energia e de nutrientes.

Nos serviços de alimentação com modalidade de distribuição de refeições do tipo *self-service (buffet)*, em que o consumo alimentar é *ad libitum*, como é o caso da UAN pesquisada, a estimativa do consumo deve ser a base do planejamento, pois a rigor, não se controla o que é consumido pelo aluno.

Ademais, da forma exposta pelo documento orientativo não se produz resultados que permitam concluir acerca do que é exigido pela Resolução nº 6/2020, em seu artigo 18, a citar: “Art. 18. Os cardápios devem ser planejados para atender, em média, as necessidades nutricionais estabelecidas na forma do disposto no Anexo IV desta Resolução...” (Brasil, 2020c, p.8).

No entanto, estimar o consumo médio de ingredientes, energia e nutrientes também não é suficiente para avaliação de cardápios e de consumo alimentar no médio e longo prazo. Devido à alta variabilidade intrínseca ao consumo alimentar, conforme já apresentado, foi proposta a simulação de dados de consumo de alimentos componentes dos cardápios mais ofertados pelo serviço e a determinação de um $N_s\%$ para conhecimento da proporção de dias em que tal consumo atende as especificações ou as necessidades nutricionais específicas.

Assim, tem-se parâmetros fidedignos compatíveis com o consumo alimentar real de cada grupo de alunos que usufrui dos serviços de alimentação, o que efetivamente permite adequada avaliação de cardápios, facilitando sempre que necessário, modificações como o aumento ou redução da quantidade ou da densidade nutricional de ingredientes, combinações de preparações ou até mesmo exclusão ou redução da frequência de distribuição de preparações do cardápio praticado.

Do contrário, considera-se equivocadamente que o consumo alimentar não possui ou possui pouca variabilidade e que o cardápio teórico invariavelmente atende as necessidades nutricionais dos alunos usuários do serviço.

4.3.3 Outras implicações práticas dos resultados de consumo médio de energia e nutrientes

4.3.3.1 Comparação do consumo médio de energia e nutrientes com resultados da Pesquisa de Orçamentos Familiares do Brasil (POF)

Na Tabela A12 (Apêndice A – Figura e Tabelas) são apresentados os consumos médios de energia e nutrientes pelos adolescentes da presente pesquisa e do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2011). Cabe destacar, que em relação à média nacional, o consumo de gordura saturada pelos estudantes foi aproximadamente 54% e 32% inferior ao consumo pelos adolescentes do sexo masculino e feminino, respectivamente. Embora o consumo de sódio, por meio da merenda escolar tenha sido elevado segundo as especificações da norma, este foi, aproximadamente, 41% e 11% menor que o consumido por adolescentes do sexo masculino e feminino do país, respectivamente.

Comparando o consumo de energia e de nutrientes por adolescentes do presente estudo com os últimos resultados de consumo por adolescentes do Brasil, a merenda escolar mostrou contribuir de forma significativa para a segurança alimentar desse público.

É importante salientar que o consumo de energia e nutrientes pela merenda escolar foi obtido pela contribuição de três refeições diárias (desjejum, almoço e jantar), enquanto para a estimativa do consumo de energia e nutrientes pelos adolescentes do Brasil, considerou-se o consumo total de alimentos no dia, tanto dentro, quanto fora de casa. Além disso, o consumo de nutrientes associados com o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como gordura saturada e sódio foi menor pelos adolescentes que receberam a merenda escolar pública e gratuita (Institute of Medicine, 2006; Sun *et al.*, 2024).

4.3.3.2 Rotulagem nutricional

4.3.3.2.1 Rotulagem nutricional frontal

A IN nº 75/2020 do Brasil institui obrigatoriedade de rotulagem nutricional frontal como advertência em alimentos que contenham altos teores de açúcar adicionado ($\geq 15\text{g}/100\text{g}$ de alimento pronto para o consumo), gordura saturada ($\geq 6\text{g}/100\text{g}$ de alimento pronto para o consumo) e de sódio ($\geq 600\text{ mg}/100\text{ g}$ de alimento pronto para o consumo (Brasil, 2020b). O consumo acumulado, por meio das refeições desjejum, almoço e jantar, de açúcar adicionado, gordura saturada e de sódio, foi de $3\text{ g}/100\text{g}$, $2\text{ g}/100\text{ g}$ e $306\text{ mg}/100\text{ g}$ de alimento em base seca, respectivamente. Esses resultados serão ainda menores se estimados para alimentos prontos para o consumo.

Ainda que o consumo de sódio diário tenha sido elevado por meio da oferta das três refeições diárias (desjejum, almoço e jantar), segundo a Resolução nº 6/2020, estas possuem aproximadamente (em base seca) a metade da razão necessária entre o micronutriente e o alimento pronto para o consumo para se instituir advertência sobre elevado teor de sódio, por meio da rotulagem nutricional frontal (Brasil, 2020b; a). Análises e revisões das duas normas (Resolução nº 6/2020 e IN nº 75/2020) mostram-se pertinentes para padronização da indicação do consumo adequado de sódio.

Portanto, o portfólio de cardápios ofertados pelas três refeições diárias na UAN pesquisada, não está sujeito à rotulagem nutricional frontal para açúcar adicionado, gordura saturada e sódio.

4.4 CONCLUSÃO

A simulação pelo MMC para inferência do consumo médio de ingredientes, energia e nutrientes por estudantes adolescentes de escola pública do ensino médio e técnico no Brasil, com modalidade de distribuição do tipo self-service (*buffet*) mostrou-se uma ferramenta inovadora para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios em relação às especificações impostas por normas. Ainda, devido ao criterioso e representativo método estatístico adotado, os resultados refletiram o consumo alimentar da clientela no longo prazo, podendo ser reproduzido por serviços de similar característica.

A adaptação do método para estimativa de consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes em restaurantes com modalidade de distribuição diferente da estudada, pode ser facilmente conduzida, permitindo a geração de resultados de qualidade equivalente à da presente pesquisa, além de avaliações de outras especificações, como rotulagem nutricional e discussões no contexto da epidemiologia nutricional.

O método apresentou-se como uma ferramenta facilitadora para determinação de um $N_s\%$, pelo qual permite-se avaliar de forma simples, a proporção do atendimento nutricional no longo prazo, em relação as especificações de consumo. Sendo assim, a manipulação e alterações de cardápios nutricionalmente inadequados podem ser conduzidas para o cumprimento de metas ou de adequações nutricionais.

Os resultados da avaliação de cardápios também auxiliaram na condução de modificações necessárias de receituários-padrão e fichas técnicas de preparação, tornando-os mais representativos da demanda recomendada para a clientela.

A estimativa do consumo médio de ingredientes, além de constituírem a base para cálculos nutricionais representativos, permitirá estimativas mais fidedignas de custos de gêneros alimentícios e do portfólio de cardápios da UAN, com potencial melhora do planejamento de compras e da logística de suprimento.

Faz-se, no entanto, necessária adequação da linguagem de programação para interfaces mais intuitivas, a fim de disseminar o método para o segmento dos serviços de alimentação, como também para os órgãos fiscalizadores, como proposta de ferramenta de inspeção.

O código completo da simulação dos dados de *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes do portfólio de cardápios desenvolvido na presente pesquisa está disponibilizado no seguinte repositório: <https://github.com/Lucianojbper-capita-simulation.git>. Dessa forma espera-se contribuir para a reproduzibilidade do método e o alcance das melhorias elencadas por outros serviços de alimentação.

REFERÊNCIAS

AFSHARIAN, Z. *et al.* The concentrations and health risks of potassium sorbate and sodium benzoate in some Iranian food products: A Monte Carlo simulation. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 135, n. August, p. 106640, 2024.

ALI, S. *et al.* Fluoride in Raw Rice (*Oryza sativa*): a Global Systematic Review and Probabilistic Health Risk Assessment. **Biological Trace Element Research**, v. 202, n. 9, p. 4324–4333, 2024.

ANGELOTTI, W. F. D. *et al.* Uma abordagem simplificada do método Monte Carlo quântico: Da solução de integrais ao problema da distribuição eletrônica. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 433–444, 2008.

BRAGA, H. F. *et. al.* **Gestão de estoques - Fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

BRASIL. **Resolução nº 06 de 08 de maio de 2020. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE.** Brasília: Ministério da Educação/Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. 12 mai. 2020. Disponível em:<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-6-de-8-de-maio-de-2020-256309972>. Acesso em: 11 out. 2024, 2020a.

_____. **Instrução Normativa-IN nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados.** Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 9 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>. Acesso em: 11 out. 2024, 2020b.

FARAJI, F. *et al.* Evaluation of acrylamide concentration in commercial falafel available in Tehran City by different cooking methods: A health risk assessment study. **Food Chemistry**: X, v. 23, n. August, p. 101750, 2024.

HWANG, I. M.; HA, J. H. **Human health risk assessment of toxic elements in South Korean cabbage, Kimchi, using Monte Carlo simulations.** [s.l.] Elsevier Inc., 2021. v. 102

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements (DRI).** Washington: The National Academies Press, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JONES, P. W.; SMITH, P. Stochastic Processes: An Introduction. **A Tour Through Graph Theory**, p. 227–284, 2018.

KODORS, S. *et al.* Plate Waste Forecasting Using the Monte Carlo Method for Effective Decision Making in Latvian Schools. **Nutrients**, v. 14, n. 3, p. 1–19, 2022.

MEIRELES, F.; SILVA, D.; CORREA, F. Simulações de Monte Carlo no ensino de Ciência Política. **Revista Brasileira de Ciência Política**, n. 24, p. 223–254, 2017.

MIRZAEI, N.; NIROOMAND, S.; ZARE, R. Application of statistical process control in service industry: A case study of the restaurant sector. **Journal of Modelling in Management**, v. 11, n. 3, p. 763–782, 2016.

NEETHU, K. V. *et al.* Bioaccumulation of heavy metals in seafood resources from the southwest coast of India: human health risk assessment and importance of seafood security. **Toxicology and Environmental Health Sciences**, v. 16, n. 2, p. 217–231, 2024.

NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO)**. Campinas: NEPA.: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

PEREIRA, L. J. B.; LIMA, R. H. P.; MELO, N. R. DE. Proposta de um método baseado em cartas controle para estimar o consumo per capita de ingredientes de cardápios em restaurantes do tipo buffet. **Observatorio de La economía Latinoamericana**, v. 23, n. 1, p. 1–21, 2025.

ROBERT, C. P.; CASELLA, G. **Monte Carlo Statistical Methods**. 2. ed ed. New York: Springer, 2010. v. 16

SANTOS, A. C. P. *et al.* **Plan PNAE - Ferramenta de Planejamento de cardápio**. 2 ed. Brasília: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em: https://www.fnde.gov.br/phocadownload/programas/alimentacao_escolar/2020/att-18-12-20/InformaNutri%2018.pdf. Acesso em: 04 abr. 2025, 2020.

SUN, X. *et al.* Dietary and other lifestyle factors and their influence on non-communicable diseases in the Western Pacific region. **The Lancet Regional Health - Western Pacific**, v. 43, p. 100842, 2024.

WARD, R. C.; HARPER, J. M.; JANSEN, N. B. Determination of Nutrient Based Serving Sizes of Food Using Monte Carlo Simulation. **Paper - American Society of Agricultural Engineers**, v. 2, p. 155–174, 1976.

YORIYAZ, H. Método de Monte Carlo: princípios e aplicações em Física Médica Monte Carlo Method: principles and applications in Medical Physics. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 141–149, 2009.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O planejamento e a execução de uma estatística adequada para estimativa da variável consumo *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes em UANs do tipo self-service (*buffet*) contribuiu para o conhecimento de informações realistas do serviço.

Embora seja ainda incipiente a adoção de métodos estatísticos e a utilização de ferramentas da qualidade nesse segmento, os resultados do método proposto para cálculo, avaliação e adequação nutricional de cardápios apontam para uma direção promissora, no que tange a melhoria da qualidade do serviço prestado, tanto em relação aos clientes, quanto aos órgãos fiscalizadores.

As cartas controle podem ser ferramentas úteis de apoio ao gestor nutricionista para monitoramento do consumo médio de ingredientes, energia e nutrientes, desde que sua aplicação seja diária, rotineira e associada a composição de preparações do cardápio do dia monitorado. A supervisão dos registros executados por colaboradores treinados e a calibração regular de equipamentos de pesagem também se fazem necessárias para a geração de dados fidedignos.

Considerando que muitos cardápios são ofertados em diferentes frequências, o conhecimento da variabilidade do consumo de alguns ingredientes ocorrerá em períodos distintos. As cartas controle ainda facilitam a identificação rápida de pontos fora de controle ou *outliers*, podendo estes serem correlacionados com maior eficiência a causas importantes de variação, como erro de registro ou combinações específicas de preparações. O uso contínuo no médio e no longo prazo das cartas controle X/AM para o monitoramento das variáveis citadas, não somente facilitará a definição do rol de valores viáveis para a simulação dos dados e avaliação dos cardápios em relação a diferentes especificações, como também auxiliará em planejamentos mais assertivos.

Os resultados de consumo médio de ingredientes, energia e nutrientes por meio da simulação pelo MMC preenche uma lacuna característica das UANs, que é a dificuldade, ausência ou imprecisão do cálculo nutricional de cardápios. Essa incerteza prejudica os planejamentos dos serviços, aumentando o risco de desperdícios de recursos diversos e até mesmo de interrupção de distribuição de preparações.

A estimativa do consumo médio de ingredientes, além de ser a base para o adequado cálculo nutricional de cardápios contribuirá, ainda, para o cálculo da parcela de custos com gêneros alimentícios, com potencial melhora dos planejamentos de compras e da logística de suprimentos desses insumos.

No que tange a avaliação de cardápios, pelo método proposto os gestores terão a possibilidade de não somente comprovar a qualidade das refeições, mas o nível de atendimento das especificações exigidas por leis e contratos, por exemplo. Da mesma forma, pode o método contribuir com os órgãos fiscalizadores, como ferramenta de avaliação do cumprimento de normas legais ou contratos de prestação de serviços, em que se exige metas nutricionais. Ainda que sugerido pela presente pesquisa o ponto de corte de 85 para o $N_s\%$ do consumo de energia e nutrientes, remanesce a necessidade de se definir esse valor na legislação específica para ser utilizado com meta pelos serviços públicos.

Por fim, o desenvolvimento de programas intuitivos pode contribuir para rápida disseminação e reproduzibilidade do método, além de nortear para um gerenciamento de rotina mais objetivo.

REFERÊNCIAS

ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; PINTO, A. M. S. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer.** 6^a ed. São Paulo: Metha, 2016.

ANGELOTTI, W. F. D. *et al.* Uma abordagem simplificada do método Monte Carlo quântico: Da solução de integrais ao problema da distribuição eletrônica. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 433–444, 2008.

BORGES, M. P. *et al.* Impact of a campaign for reducing food waste in a university restaurant. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 843–848, 2019.

BRASIL. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 9 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>. Acesso em: 11 out. 2024, 2020a.

_____. Instrução Normativa-IN nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 9 out. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>. Acesso em: 11 out. 2024, 2020b.

_____. Resolução nº 06 de 08 de maio de 2020. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. Brasília: Ministério da Educação/Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. 12 mai. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-6-de-8-de-maio-de-2020-256309972>. Acesso em: 11 out. 2024, 2020c.

_____. Resolução - RDC nº 727, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União.** Brasília: Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 6 jul. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada>. Acesso em: 3 mai. 2024, 2022.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade.** 2^a ed. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CHEN, H. T.; CHEN, K. S. A paired-test method to verify service speed improvement in the Six Sigma approach: a restaurant's case study. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 27, n. 11–12, p. 1277–1297, 2016.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações.** 10. ed. São Paulo: LTC, 2020.

DOMENE, S. M. A. **Técnica dietética Teoria e Aplicações.** 2^a. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.

FONSECA, C. S. A. *et al.* GESTÃO DA QUALIDADE EM RESTAURANTES: O atendimento como diferencial competitivo e ferramenta para fidelização de clientes. Um estudo de caso no segmento em Garanhuns – PE. **Revista Interação**, v. 19, p. 8–24, 2017.

GONZÁLEZ, A. R. A.; BEZERRA, P. Q. M. B.; MATOS, M. F. R. DE. Desperdício de alimentos em um restaurante comercial de Salvador (BA): características, avaliação e intervenção sobre as principais causas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 11, n. 2, p. 2523–2541, 2017.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2011.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements (DRI).** Washington: The National Academies Press, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**São Paulo, 2013.

LOUZADA, F.; DINIZ, C. A. R.; FERREIRA, P. H. **Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração.** Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MEIRELES, F.; SILVA, D.; CORREA, F. Simulações de Monte Carlo no ensino de Ciência Política. **Revista Brasileira de Ciência Política**, n. 24, p. 223–254, 2017.

MIRZAEI, N.; NIROOMAND, S.; ZARE, R. Application of statistical process control in service industry: A case study of the restaurant sector. **Journal of Modelling in Management**, v. 11, n. 3, p. 763–782, 2016.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** 7th. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

OPRIME, P. C. *et al.* Method for determining the control limits of nonparametric charts for monitoring location and scale. **Corrosion Engineering Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 146–164, 2016.

PEREIRA, L. J. B.; LIMA, R. H. P.; MELO, N. R. DE. Proposta de um método baseado

em cartas controle para estimar o consumo per capita de ingredientes de cardápios em restaurantes do tipo buffet. **Observatório de La economía Latinoamericana**, v. 23, n. 1, p. 1–21, 2025.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2014.

RAMOS, M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: bookman, 2013.

RIBEIRO, JOANA; ROCHA, A. Impacto Económico do Desperdício Alimentar num Centro Escolar. **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 19, p. 36–41, 2019.

ROBERT, C. P.; CASELLA, G. **Monte Carlo Statistical Methods**. 2. ed ed. New York: Springer, 2010. v. 16.

TOLEDO, J. C. D.; BORRÁS, M. A. A.; MERGULHÃO, R. C. **Qualidade - gestão e métodos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

YORIYAZ, H. Método de Monte Carlo : princípios e aplicações em Física Médica Monte Carlo Method : principles and applications in Medical Physics. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 141–149, 2009.

Apêndice A – Figura e Tabelas

Figura A1. Gráfico representativo do teste de convergência do MMC para as variáveis consumo *per capita* de nutrientes estudadas. Continua.

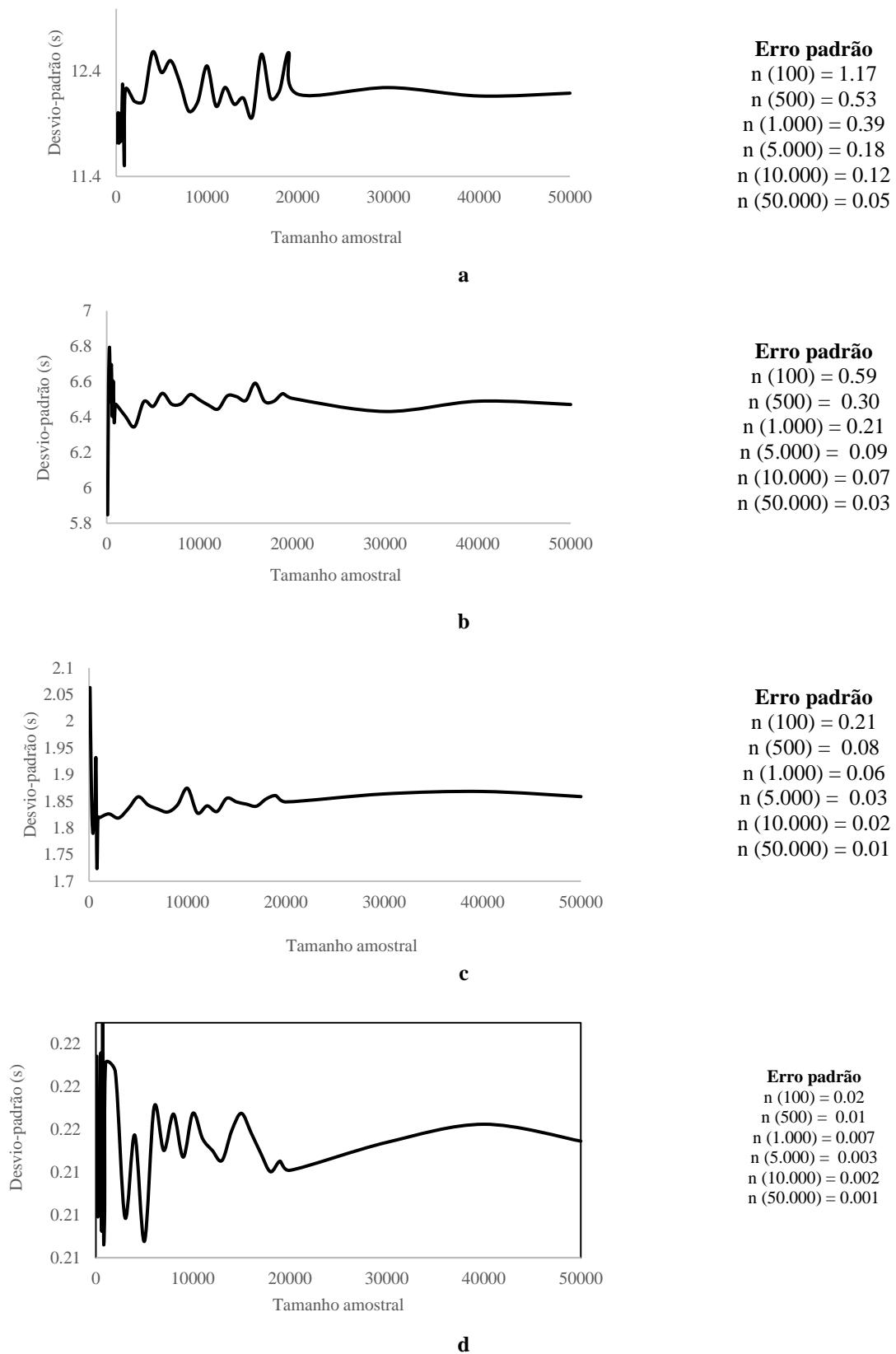
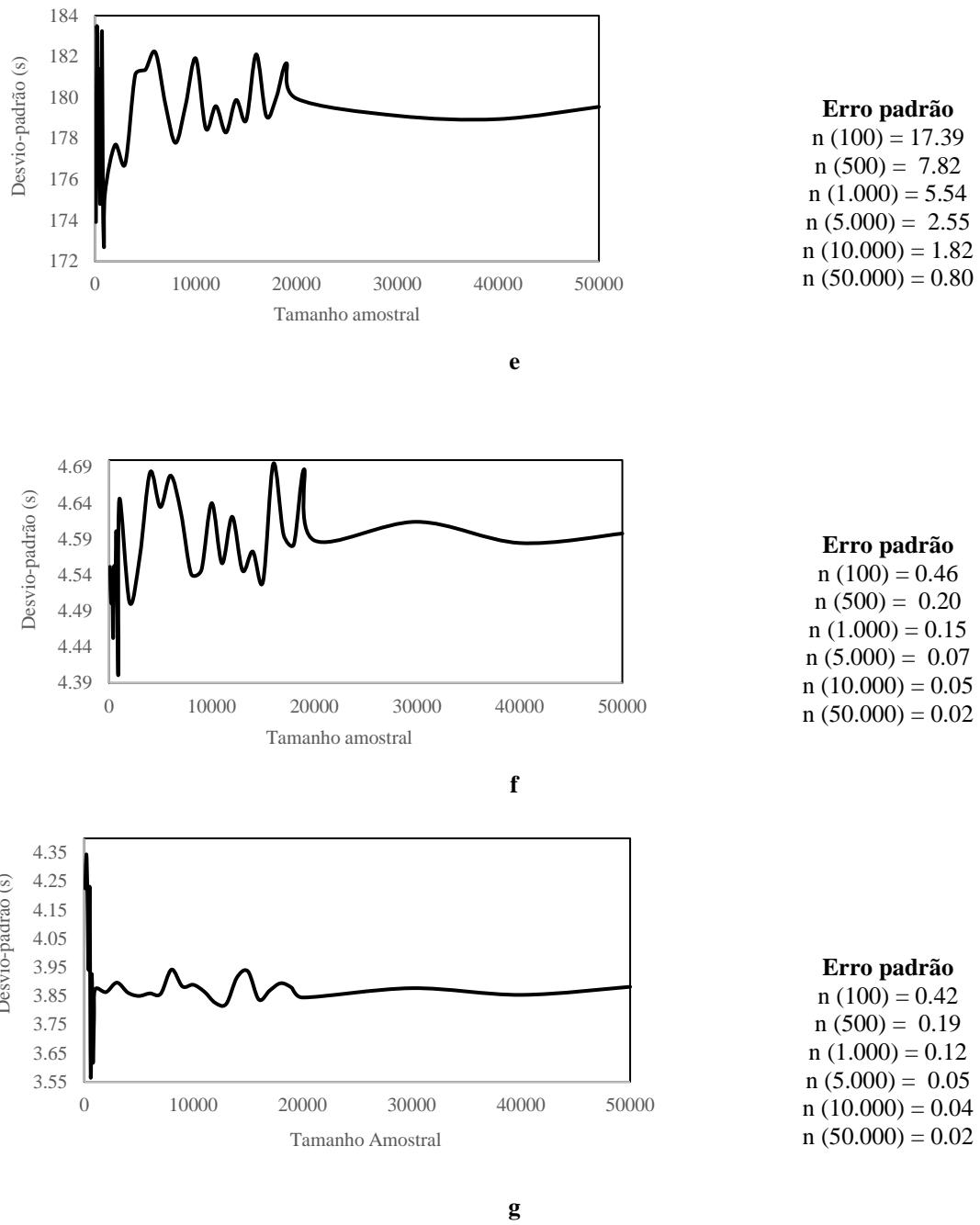


Figura A1. Continuação.



a: lipídios; **b:** proteínas; **c:** fibras; **d:** sódio; **e:** energia; **f:** gordura saturada; **g:** açúcar adicionado.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A1. Parte dos códigos para simulação de dados com n = 50.000 para estimativa do consumo *per capita* dos ingredientes ($\sum P_b / n$), energia e nutrientes, por meio dos cardápios de desjejum selecionados (1 a 4)

```

1. # Roda toda as interacoes da simulação
2. simulacao = list()
3. for i in range(qtd_iteracoes):
4.     idx = rnd.randint(0, qtd_cardapios - 1)
5.     cardapio_escolhido = lista_cardapios[idx]
6.     # Pega os parâmetros do cardápio
7.     media_pao = cardapios[cardapio_escolhido][0][0]
8.     desvpad_pao = cardapios[cardapio_escolhido][0][1]
9.     media_guarn_pao = cardapios[cardapio_escolhido][1][0]
10.    desvpad_guarn_pao = cardapios[cardapio_escolhido][1][1]
11.    media_cafe_1 = cardapios[cardapio_escolhido][2][0]
12.    desvpad_cafe_1 = cardapios[cardapio_escolhido][2][1]
13.    media_ac_cafe_1 = cardapios[cardapio_escolhido][3][0]
14.    desvpad_ac_cafe_1 = cardapios[cardapio_escolhido][3][1]
15.    media_beb_2_1 = cardapios[cardapio_escolhido][4][0]
16.    desvpad_beb_2_1 = cardapios[cardapio_escolhido][4][1]
17.    media_beb_2_2 = cardapios[cardapio_escolhido][5][0]
18.    desvpad_beb_2_2 = cardapios[cardapio_escolhido][5][1]
19.    media_ac_beb_2 = cardapios[cardapio_escolhido][6][0]
20.    desvpad_ac_beb_2 = cardapios[cardapio_escolhido][6][1]
21.    # Gera os valores do cardápio
22.    consumo_pao = np.random.normal(media_pao, desvpad_pao)
23.    consumo_guarn_pao = np.random.normal(media_guarn_pao, desvpad_guarn_pao)
24.    consumo_cafe_1 = np.random.normal(media_cafe_1, desvpad_cafe_1)
25.    consumo_ac_cafe_1 = np.random.normal(media_ac_cafe_1, desvpad_ac_cafe_1)
26.    consumo_beb_2_1 = np.random.normal(media_beb_2_1, desvpad_beb_2_1)
27.    consumo_beb_2_2 = np.random.normal(media_beb_2_2, desvpad_beb_2_2)
28.    consumo_ac_beb_2 = np.random.normal(media_ac_beb_2, desvpad_ac_beb_2)
29.    # Converte os consumos em macro nutrientes
30.    lista_consumo = [consumo_pao, consumo_guarn_pao, consumo_cafe_1,
31.                      consumo_ac_cafe_1, consumo_beb_2_1, consumo_beb_2_2, consumo_ac_beb_2]
32.    macronutrientes = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
33.    for idx_consumo, consumo in enumerate(lista_consumo):
34.        componente = composicao[cardapio_escolhido][idx_consumo]
35.        centesimais = contribuicao[componente]
36.        for idx_nutriente, _ in enumerate(macronutrientes):
37.            macronutrientes[idx_nutriente] += (consumo / 100) *
38.                centesimais[idx_nutriente]
39.    simulacao.append([i + 1, cardapio_escolhido, consumo_pao, consumo_guarn_pao,
40.                      consumo_cafe_1, consumo_ac_cafe_1, consumo_beb_2_1, consumo_beb_2_2,
41.                      consumo_ac_beb_2])
42.    simulacao[-1].extend(macronutrientes)

```

Os códigos completos para simulação de dados de *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes está disponível no repositório: <https://github.com/Lucianojbp/per-capita-simulation.git>.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A2. Parte dos códigos para simulação de dados com $n = 50.000$ para estimativa do consumo *per capita* dos ingredientes ($\sum P_b / n$), energia e nutrientes, por meio dos cardápios de almoço e jantar selecionados (A a T)

```

1. # Roda toda as interacoes da simulação
2. simulacao = list()
3. for i in range(qtd_iteracoes):
4.     idx = rnd.randint(0, qtd_cardapios - 1)
5.     cardapio_escolhido = lista_cardapios[idx]
6.     # Pega os parâmetros do cardápio
7.     media_arroz = cardapios[cardapio_escolhido][0][0]
8.     desvpad_arroz = cardapios[cardapio_escolhido][0][1]
9.     media_feijao = cardapios[cardapio_escolhido][1][0]
10.    desvpad_feijao = cardapios[cardapio_escolhido][1][1]
11.    media_proteina = cardapios[cardapio_escolhido][2][0]
12.    desvpad_proteina = cardapios[cardapio_escolhido][2][1]
13.    media_guarnição = cardapios[cardapio_escolhido][3][0]
14.    desvpad_guarnição = cardapios[cardapio_escolhido][3][1]
15.    media_salada = cardapios[cardapio_escolhido][4][0]
16.    desvpad_salada = cardapios[cardapio_escolhido][4][1]
17.    media_sobremesa = cardapios[cardapio_escolhido][5][0]
18.    desvpad_sobremesa = cardapios[cardapio_escolhido][5][1]
19.    media_bebida = cardapios[cardapio_escolhido][6][0]
20.    desvpad_bebida = cardapios[cardapio_escolhido][6][1]
21. # Gera os valores do cardápio
22.     consumo_arroz = np.random.normal(media_arroz, desvpad_arroz)
23.     consumo_feijao = np.random.normal(media_feijao, desvpad_feijao)
24.     consumo_proteina = np.random.normal(media_proteina, desvpad_proteina)
25.     consumo_guarnicao = np.random.normal(media_guarnição, desvpad_guarnição)
26.     consumo_salada = np.random.normal(media_salada, desvpad_salada)
27.     consumo_sobremesa = np.random.normal(media_sobremesa, desvpad_sobremesa)
28.     consumo_bebida = np.random.normal(media_bebida, desvpad_bebida)
29.     # Converte os consumos em macro nutrientes
30.     lista_consumo = [consumo_arroz, consumo_feijao, consumo_proteina,
31.                       consumo_guarnicao, consumo_salada, consumo_sobremesa, consumo_bebida]
32.     macronutrientes = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
33.     for idx_consumo, consumo in enumerate(lista_consumo):
34.         componente = composicao[cardapio_escolhido][idx_consumo]
35.         centesimais = contribuicao[componente]
36.         for idx_nutriente, _ in enumerate(macronutrientes):
37.             macronutrientes[idx_nutriente] += (consumo / 100) *
38.                                         centesimais[idx_nutriente]
39.     simulacao.append([i + 1, cardapio_escolhido, consumo_arroz, consumo_feijao,
40.                       consumo_proteina, consumo_guarnicao, consumo_salada, consumo_sobremesa,
41.                       consumo_bebida])
42.     simulacao[-1].extend(macronutrientes)

```

Os códigos completos para simulação de dados de *per capita* de ingredientes, energia e nutrientes está disponível no repositório: <https://github.com/Lucianojbp/per-capita-simulation.git>.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A3. Tamanho amostral dos pratos componentes dos quatro cardápios do desjejum (1 a 4), para geração dos parâmetros de entrada e simulação do consumo *per capita* dos ingredientes ($P_b = (Q_i \times I_c)/C$), energia e nutrientes

Cardápio 1		Cardápio 2	
Ingredientes	n	Ingredientes	n
Pão Careca	38	Pão Careca	38
Margarina	32	Muçarela	8
Café em Pó* (café)	52	Café em Pó* (café)	52
Açúcar (café)	49	Açúcar (café)	49
Achocolatado em Pó	29	Achocolatado em Pó	29
Leite Integral	27	Leite Integral	27
Cardápio 3		Cardápio 4	
Ingredientes	n	Ingredientes	n
Bolo Branco	10	Bolo de Chocolate	6
Café em Pó* (café)	52	Café em Pó* (café)	52
Açúcar (café)	49	Açúcar (café)	49
Café em Pó* (café com leite)	18	Café em Pó* (café com leite)	18
Leite Integral (café com leite)	17	Leite Integral (café com leite)	17
Açúcar (café)	42	Açúcar (café)	42

*para o cálculo nutricional da bebida em infusão a 10%, multiplicar o $\sum P_b/n$ do ingrediente pelas respectivas taxas de absorção: carboidratos: 0.023; lipídios: 0.008; proteínas: 0.048; fibra alimentar: 0; sódio: 1; energia (kcal): 0,021; gordura saturada: 0 (Unicamp, 2011).

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela A4. Tamanho amostral das preparações componentes dos vinte cardápios do almoço e jantar (A a T), para geração dos parâmetros de entrada e simulação do consumo *per capita* dos ingredientes ($P_b = (Q_i \times I_c)/C$), energia e nutrientes

	Pratos						
	Prato Base [†]		Proteína [†]	Guarnição [†]	Salada ^{†‡}	Sob. [†]	Refresco [†]
Cardápio A	Arroz	Feijão	Bife de Panela	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Laranja
n*	5	5	5	23	31	24	7
Cardápio B	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Angu	Tomate	Banana	Caju
n*	11	11	11	12	32	36	28
Cardápio C	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Farofa de Cebola	Pepino	Laranja	Manga
n*	11	11	11	23	22	24	16
Cardápio D	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Esp. ao Sugo	Cenoura	Maçã	Uva
n*	11	11	11	13	20	24	23
Cardápio E	Arroz	Feijão	Carne Moída	Batata Palha	Beterraba	Banana	Caju
n*	8	8	8	7	20	36	28
Cardápio F	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Angu	Alface	Laranja	Goiaba
n*	8	8	8	12	31	24	22
Cardápio G	Arroz	Feijão	Estrogonofe de Frango	Batata Palha	Tomate	Maçã	Uva
n*	5	5	5	7	32	24	23
Cardápio H	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Batata Doce	Beterraba	Banana	Maracujá
n*	6	6	6	10	20	36	18
Cardápio I	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
n*	6	6	6	23	31	24	23
Cardápio J	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Beterraba Cozida	Cenoura	Banana	Caju
n*	11	11	11	5	20	36	28
Cardápio K	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Esp. ao Sugo	Tomate	Laranja	Manga
n*	11	11	11	13	32	24	16
Cardápio L	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Creme de Ervilha	Beterraba	Maçã	Maracujá
n*	11	11	11	10	20	24	18
Cardápio M	Arroz	Feijão	Lombo Assado	Farofa de Cebola	Alface	Banana	Caju
n*	5	5	5	23	31	36	28
Cardápio N	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Creme de Ervilha	Beterraba	Banana	Goiaba
n*	21	21	21	10	20	36	22
Cardápio O	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Angu	Pepino	Laranja	Manga
n*	21	21	21	12	22	24	16
Cardápio P	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Maracujá
n*	21	21	21	23	31	24	18
Cardápio Q	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Esp. ao Sugo	Tomte	Banana	Caju
n*	21	21	21	13	32	36	28
Cardápio R	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Batata Doce	Cenoura	Maçã	Uva
n*	21	21	21	10	20	24	23
Cardápio S	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Purê de Batata	Pepino	Banana	Caju
n*	21	21	21	6	22	36	28
Cardápio T	Arroz	Feijão	Sobrecoxa de Frango	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
n*	4	4	4	23	31	24	23

*Outleirs removidos, conforme Equação 7. [†]Tamanho amostral para estimativa do consumo *per capita* diário dos ingredientes ($P_b = (Q_i \times I_c)/C$). [‡]Preparações cruas. Sob.: sobremesa; Esp.: espaguete.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A5. Razão entre os ingredientes secundários e principais das preparações componentes dos cardápios almoço e jantar. Continua.

Prato	Ingredientes	Proporção	Prato	Ingredientes	Proporção
Angu	farinha de milho	P_b (Eq. 4)	Estrogonofe de Frango	filé de frango	P_b (Eq. 4)
	óleo de soja	0.097		creme de leite	0.126
	sal refinado	0.033		extrato de tomate	0.095
	cebola in natura	0.019		cebola in natura	0.009
	alho in natura	0.008		alho in natura	0.006
Arroz Refogado	arroz tipo 1	P_b (Eq. 4)	Farofa de Cebola	óleo de soja	0.002
	óleo de soja	0.042		sal refinado	0.002
	sal refinado	0.015		farinha de trigo	0.013
	cebola in natura	0.011		farinha de mandioca	P_b (Eq. 4)
	alho in natura	0.005		margarina	0.533
Batata Doce	batata doce	P_b (Eq. 4)	Feijão Refogado	cebola in natura	0.298
	óleo de soja	0.134		óleo de soja	0.060
	sal refinado	0.005		sal refinado	0.008
Bife de Panela	alcatra bovina	P_b (Eq. 4)	Frango ao Sugo	feijão preto, tipo 1	P_b (Eq. 4)
	óleo de soja	0.032		alho in natura	0.046
	cebola in natura	0.009		óleo de soja	0.021
	alho in natura	0.006		sal refinado	0.021
	sal refinado	0.004		filé de frango	P_b (Eq. 4)
Carne de Panela	acém bovino	P_b (Eq. 4)	Lombo Assado	extrato de tomate	0.028
	batata inglesa	0.165		óleo de soja	0.015
	cebola in natura	0.09		cebola in natura	0.009
	óleo de soja	0.02		alho in natura	0.006
	alho in natura	0.006		sal refinado	0.002
	sal refinado	0.004		lombo suíno	P_b (Eq. 4)
Carne Moída	acém bovino	P_b (Eq. 4)	Paleta Suína	vinagre	0.035
	batata inglesa	0.165		óleo de soja	0.010
	cebola in natura	0.090		cebola in natura	0.009
	extrato de tomate	0.071		alho in natura	0.006
	óleo de soja	0.020		sal refinado	0.004
	alho in natura	0.006		paleta suína	P_b (Eq. 4)
Creme de Ervilha	sal refinado	0.004	Purê de Batata	óleo de soja	0.015
	ervilha	P_b (Eq. 4)		cebola in natura	0.009
	creme de leite	0.067		alho in natura	0.006
	margarina	0.024		sal refinado	0.005
	sal refinado	0.014		batata inglesa	P_b (Eq. 4)
	cebola in natura	0.005		margarina	0.040
Espaguete ao Sugo	óleo de soja	0.004	Purê de Batata	creme de leite	0.033
	alho in natura	0.002		óleo de soja	0.016
	espaguete	P_b (Eq. 4)		sal refinado	0.004
	extrato de tomate	0.450		cebola in natura	0.003
	óleo de soja	0.040		alho in natura	0.001
	cebola in natura	0.009			
	sal refinado	0.008			
	alho in natura	0.004			

Tabela A5. Continuação.

Prato	Ingredientes	Proporção	Prato	Ingredientes	Proporção
Refresco de Caju	suco de caju ¹	P_b (Eq. 4)	Refresco de Uva	suco de uva ¹	P_b (Eq. 4)
	açúcar	0.082		açúcar	0.098
	água	2.303		água	2.288
Refresco de Goiaba	suco de goiaba ¹	P_b (Eq. 4)	Refresco de Laranja	laranja	P_b (Eq. 4)
	açúcar	0.118		limão	0.879
	água	3.783		açúcar	0.142
Refresco de Manga	suco de manga ¹	P_b (Eq. 4)	Sobrecoxa de Frango	água	1.423
	açúcar cristal	0.124		sobrecoxa de frango	P_b (Eq. 4)
	água	3.980		cebola in natura	0.009
Ref. Maracujá	suco de maracujá ¹	P_b (Eq. 4)	Sobrecoxa de Frango	óleo de soja	0.009
	açúcar cristal	0.161		alho in natura	0.006
	água	2.254		sal refinado	0.003

¹suco concentrado sem açúcar. Ref.: refresco de.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A6. Estruturas dos cardápios do desjejum e resultados do consumo médio (\bar{x}) dos ingredientes ($\sum P_b / n$), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV%) e teste de normalidade S-W (p-valor)

Cardápios	Pratos						
	Pão ou Bolo	Guar_pão	Beb1Café*	AçBeb1Café	Beb21	Beb22	AçBeb21
Cardápio 1	Pão Careca	Margarina	Café em pó	Açúcar	Ach_po	Leite Int.	Açúcar
$\sum P_b / n$ (g)	67.49	5.31	2.34	5.11	3.45	45.16	0
s (g)	11.64	1.65	0.20	0.61	0.92	9.88	0
CV%	17	31	9	12	27	22	0
p-valor	0.50	0.64	0.08	0.05	0.78	0.46	NA
Cardápio 2	Pão Careca	Muçarela	Café em pó	Açúcar	Ach_po	Leite Int.	0
$\sum P_b / n$ (g)	67.49	20.31	2.34	5.11	3.45	45.16	0
s (g)	11.64	5.14	0.20	0.61	0.92	9.88	0
CV%	17	25	9	12	27	22	0
p-valor	0.50	0.22	0.08	0.05	0.78	0.46	NA
Cardápio 3	Bolo Branco	NA	Café com pó	Açúcar	Café em pó	Leit Int.	Açúcar
$\sum P_b / n$ (g)	77.17	NA	2.34	5.11	0.97	18.47	1.85
s (g)	15.26	NA	0.20	0.61	0.06	1.83	0.55
CV%	20	NA	9	12	6	10	30
p-valor	0.40	NA	0.11	0.05	0.72	0.26	0.08
Cardápio 4	Bolo de Choc.	NA	Café com pó	Açúcar	Café em pó	Leit Int.	Açúcar
$\sum P_b / n$ (g)	68.61	NA	2.34	5.11	0.97	18.47	1.85
s (g)	8.92	NA	0.20	0.61	0.06	1.83	0.55
CV%	13	NA	9	12	6	10	30
p-valor	0.05	NA	0.08	0.05	0.72	0.26	0.08

Guar_pão: garnição do pão: margarina ou muçarela. Beb1Café: café em pó para preparo de infusão de café (bebida presente diariamente na refeição desjejum); AçBeb1Café: açúcar utilizado para adoçar Beb1Café; Beb21: ingrediente de consistência sólida da segunda opção de bebida (achocolatado em pó ou café em pó das bebidas achocolatado e café com leite, respectivamente); Beb22: ingrediente de consistência líquida da segunda opção de bebida (leite integral UHT das bebidas achocolatado e café com leite); AçBeb21: açúcar utilizado para adoçar a bebida café com leite) Ach_po: achocolatado em pó utilizado para reconstituição em leite e preparo de bebida achocolatado; Leite_Int.: leite de vaca integral UHT; Choc.: chocolate. NA: não se aplica. Teste S-W com nível de significância de 0.05 (p-valor ≤ 0.05).

*para o cálculo nutricional da bebida em infusão a 10%, multiplicar o $\sum P_b / n$ do ingrediente pelas respectivas taxas de absorção: carboidratos: 0.023; lipídios: 0.008; proteínas: 0.048; fibra alimentar: 0; sódio: 1; energia (kcal): 0,021; gordura saturada: 0 (Unicamp, 2011).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A7. Estruturas dos cardápios do almoço e jantar e resultados do consumo médio (\bar{x}) dos ingredientes ($\sum P_b / n$), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV%). Continua.

Cardápios	Pratos						
	Prato Base		Proteína	Guarnição	Salada ⁺	Sobremesa	Refresco
Cardápio A	Arroz	Feijão	Bife de Panela	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Laranja*
$\sum P_b / n$ (g)	52.18	25.58	139.20	37.12	8.63	40.59	130.98
s (g)	9.95	2.24	18.05	5.41	2.74	6.90	20.16
CV%	19	9	13	15	32	17	15
Cardápio B	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Angu	Tomate	Banana	Caju
$\sum P_b / n$ (g)	59.05	28.47	141.40	13.59	28.86	40.31	63.95
s (g)	5.44	4.40	15.22	2.48	7.02	14.60	12.78
CV%	9	15	11	18	24	36	20
Cardápio C	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Farofa de Cebola	Pepino	Laranja	Manga
$\sum P_b / n$ (g)	59.05	28.47	141.40	37.12	10.04	30.69	48.46
s (g)	5.44	4.40	15.22	5.41	4.45	5.70	9.40
CV%	9	15	11	15	44	19	19
Cardápio D	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Esp. ao Sugo	Cenoura	Maçã	Uva
$\sum P_b / n$ (g)	59.05	28.47	141.40	48.74	8.95	40.59	75.29
s (g)	5.44	4.40	15.22	15.74	4.72	6.90	15.97
CV%	9	15	11	32	53	17	21
Cardápio E	Arroz	Feijão	Carne Moída	Batata Palha	Beterraba	Banana	Caju
$\sum P_b / n$ (g)	59.30	26.36	93.20	42.19	11.01	40.31	63.95
s (g)	13.96	5.73	22.08	9.09	3.43	14.60	12.78
CV%	23	22	24	21	31	36	20
Cardápio F	Arroz	Feijão	Carne Moída	Angu	Alface	Laranja	Goiaba
$\sum P_b / n$ (g)	59.30	26.36	93.20	13.59	8.63	30.69	44.99
s (g)	13.96	5.73	22.08	2.48	2.74	5.70	8.71
CV%	23	22	24	18	32	19	19
Cardápio G	Arroz	Feijão	Estrogonofe de Frango	Batata Palha	Tomate	Maçã	Uva
$\sum P_b / n$ (g)	66.15	8.34	143.45	42.19	28.86	40.59	75.29
s (g)	11.71	3.59	19.29	9.09	7.02	6.90	15.97
CV%	18	43	13	21	24	17	21
Cardápio H	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Batata Doce	Beterraba	Banana	Maracujá
$\sum P_b / n$ (g)	63.37	27.93	131.58	62.85	11.01	40.31	78.17
s (g)	4.90	7.00	5.39	13.36	3.43	14.60	16.30
CV%	8	25	4	21	31	36	21
Cardápio I	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
$\sum P_b / n$ (g)	63.37	27.93	131.58	37.12	8.63	30.69	75.29
s (g)	4.90	7.00	5.39	5.41	2.74	5.70	15.97
CV%	8	25	4	15	32	19	21
Cardápio J	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Beterraba Cozida	Cenoura	Banana	Caju
$\sum P_b / n$ (g)	50.89	25.97	109.36	36.03	8.95	40.31	63.95
s (g)	5.72	3.10	10.72	10.21	4.72	14.60	12.78
CV%	11	12	10	28	53	36	20

Tabela A7. Continuação.

Pratos							
Cardápios	Prato Base		Proteína	Guarnição	Salada ⁺	Sobremesa	Refresco
Cardápio K	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Esp. ao Sugo	Tomate	Laranja	Manga
$\Sigma P_b / n$ (g)	50.89	25.97	109.36	48.74	28.86	30.69	48.46
s (g)	5.72	3.10	10.72	15.74	7.02	5.70	9.40
CV%	11	12	10	32	24	19	19
Cardápio L	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Creme de Ervilha	Beterraba	Maçã	Maracujá
$\Sigma P_b / n$ (g)	50.89	25.97	109.36	29.97	11.01	40.59	78.17
s (g)	5.72	3.10	10.72	9.70	3.43	6.90	16.30
CV%	11	12	10	32	31	17	21
Cardápio M	Arroz	Feijão	Lombo Assado	Batata Doce	Alface	Banana	Caju
$\Sigma P_b / n$ (g)	58.04	27.49	129.44	37.12	8.63	40.31	63.95
s (g)	12.97	5.49	21.17	5.41	2.74	14.60	12.78
CV%	22	20	16	15	32	36	20
Cardápio N	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Creme de Ervilha	Beterraba	Banana	Goiaba
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	29.97	11.01	40.31	44.99
s (g)	9.82	7.97	20.56	9.70	3.43	14.60	8.71
CV%	16	28	16	32	31	36	19
Cardápio O	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Angu	Pepino	Laranja	Manga
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	13.59	10.04	30.69	48.46
s (g)	9.82	7.97	20.56	2.48	4.45	5.70	9.40
CV%	16	28	16	18	44	19	19
Cardápio P	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Maracujá
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	37.12	8.63	40.59	78.17
s (g)	9.82	7.97	20.56	5.41	2.74	6.90	16.30
CV%	16	28	16	15	32	17	21
Cardápio Q	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Esp. ao Sugo	Tomate	Banana	Caju
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	48.74	28.86	40.31	63.95
s (g)	9.82	7.97	20.56	15.74	7.02	14.60	12.78
CV%	16	28	16	32	24	36	20
Cardápio R	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Batata Doce	Cenoura	Maçã	Uva
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	62.85	8.95	40.59	75.29
s (g)	9.82	7.97	20.56	13.36	4.72	6.90	15.97
CV%	16	28	16	21	53	17	21
Cardápio S	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Purê de Batata	Pepino	Banana	Caju
$\Sigma P_b / n$ (g)	61.73	28.79	124.91	114.18	10.04	38.56	63.95
s (g)	9.82	7.97	20.56	18.31	4.45	14.22	12.78
CV%	16	28	16	16	44	37	20
Cardápio T	Arroz	Feijão	Sobrecoxa de Frango	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
$\Sigma P_b / n$ (g)	63.85	22.71	236.87	37.12	8.63	30.69	75.29
s (g)	7.15	7.81	33.59	5.41	2.74	5.70	15.97
CV%	11	34	14	15	32	19	21

**refresco natural elaborado com frutas *in natura*; Esp.: espaguete; ⁺Preparações cruas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A8. Teste de normalidade S-W (p-valor) das amostras do $\sum P_b / n$ das preparações componentes do portfólio de cardápios do almoço e jantar (cardápios de A a T)

Pratos							
Cardápios	Prato Base		Proteína	Guarnição	Salada ⁺	Sobremesa	Refresco
Cardápio A	Arroz	Feijão	Bife de Panela	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Laranja
p-valor	0.45	0.80	0.74	0.4	0.59	0.50	0.83
Cardápio B	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Angu	Tomate	Banana	Caju
p-valor	0.23	0.46	0.97	0.39	0.65	0.20	0.25
Cardápio C	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Farofa de Cebola	Pepino	Laranja	Manga
p-valor	0.23	0.46	0.97	0.40	0.58	0.23	0.08
Cardápio D	Arroz	Feijão	Carne de Panela	Esp. ao Sugo	Cenoura	Maçã	Uva
p-valor	0.23	0.46	0.97	0.94	0.54	0.50	0.87
Cardápio E	Arroz	Feijão	Carne Moída	Batata Palha	Beterraba	Banana	Caju
p-valor	0.03	0.26	0.72	0.01	0.81	0.20	0.25
Cardápio F	Arroz	Feijão	Carne Moída	Angu	Alface	Laranja	Goiaba
p-valor	0.03	0.26	0.72	0.39	0.59	0.23	0.74
Cardápio G	Arroz	Feijão	Estrogonofe de Frango	Batata Palha	Tomate	Maçã	Uva
p-valor	0.01	0.50	0.98	0.01	0.65	0.50	0.87
Cardápio H	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Batata Doce	Beterraba	Banana	Maracujá
p-valor	0.78	0.81	0.72	0.18	0.81	0.20	0.36
Cardápio I	Arroz	Feijão	Frango ao Sugo	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
p-valor	0.78	0.81	0.72	0.40	0.59	0.23	0.87
Cardápio J	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Beterraba Cozida	Cenoura	Banana	Caju
p-valor	0.20	0.09	0.31	0.18	0.54	0.20	0.25
Cardápio K	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Esp. ao Sugo	Tomate	Laranja	Manga
p-valor	0.20	0.09	0.31	0.94	0.65	0.23	0.08
Cardápio L	Arroz	Feijão	Linguiça Assada	Creme de Ervilha	Beterraba	Maçã	Maracujá
p-valor	0.20	0.09	0.31	0.42	0.81	0.50	0.36
Cardápio M	Arroz	Feijão	Lombo Assado	Batata Doce	Alface	Banana	Caju
p-valor	0.88	0.05	0.98	0.40	0.59	0.20	0.25
Cardápio N	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Creme de Ervilha	Beterraba	Banana	Goiaba
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.42	0.81	0.20	0.74
Cardápio O	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Angu	Pepino	Laranja	Manga
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.39	0.58	0.23	0.08
Cardápio P	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Farofa de Cebola	Alface	Maçã	Maracujá
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.40	0.59	0.50	0.36
Cardápio Q	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Esp. ao Sugo	Tomate	Banana	Caju
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.94	0.65	0.20	0.25
Cardápio R	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Batata Doce	Cenoura	Maçã	Uva
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.18	0.54	0.50	0.87
Cardápio S	Arroz	Feijão	Paleta Suína	Purê de Batata	Pepino	Banana	Caju
p-valor	0.001	0.0005	0.03	0.06	0.58	0.04	0.25
Cardápio T	Arroz	Feijão	Sobrecoxa de Frango	Farofa de Cebola	Alface	Laranja	Uva
p-valor	0.93	0.33	0.51	0.40	0.59	0.23	0.87

Teste S-W com nível de significância de 0.05 (p valor ≤ 0.05). Esp.: espaguete.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A9. Estatística descritiva dos resultados da simulação de dados pelo MMC para energia, carboidratos, lipídios e proteínas, consumidos cumulativamente nas refeições desjejum, almoço e jantar (Simulação 1)

Carboidratos		Lipídios	
n (amostra)	50.000	n (amostra)	50.000
Média (\bar{x})	274 g	Média (\bar{x})	67.6 g
Moda	257 g	Moda	62.5 g
Desvio-padrão (s)	34 g	Desvio-padrão (s)	17.8 g
Máximo	404 g	Máximo	189 g
Mínimo	161g	Mínimo	29.6 g
Curtose	-0.186	Curtose	3.73
Erro padrão da curtose	0.0219	Erro padrão da curtose	0.0219
Kolmogorov-Smirnov	p ≤ 0.05	Kolmogorov-Smirnov	p ≤ 0.05
25º percentil	249 g	25º percentil	56.5 g
50º percentil	272 g	50º percentil	63.6 g
75º percentil	296 g	75º percentil	72.2 g

Proteínas		Energia (kcal)	
n (amostra)	50.000	n (amostra)	50.000
Média (\bar{x})	93.6 g	Média (\bar{x})	2074 cal.
Moda	97.2 g	Moda	1901 cal.
Desvio-padrão (s)	11.1 g	Desvio-padrão (s)	270 cal.
Máximo	138 g	Máximo	3554 cal.
Mínimo	52.6 g	Mínimo	1196 cal.
Curtose	-0.182	Curtose	0.432
Erro padrão da curtose	0.0219	Erro padrão da curtose	0.0219
Kolmogorov-Smirnov	p ≤ 0.05	Kolmogorov-Smirnov	p ≤ 0.05
25º percentil	85.9 g	25º percentil	1888 cal.
50º percentil	93.6 g	50º percentil	2056 cal.
75º percentil	101 g	75º percentil	2237 cal.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A10. Composição centesimal das preparações componentes do portfólio de cardápios do desjejum (cardápios de 1 a 4), conforme estruturas apresentadas na Tabela A6 do Apêndice A – Figura e Tabelas

Prato	CHO (g)	LIP (g)	PTN (g)	Fibra (g)	Sódio (g)	kcal	GS (g)	Açúcar Ad. (g)
Pão Careca	53.00	2.10	9.50	2.40	0.45	268.00	0.50	4.30
Bolo Branco	46.00	10.00	5.60	0.60	0.36	297.00	4.70	24.00
Bolo de Choc.	52.00	11.00	6.30	1.10	0.38	330.00	5.10	29.00
Margarina	0	81.70	0	0	0.08	723.00	0	0
Muçarela	3.00	25.00	24.00	0	0.43	333.00	16.00	0
Café em Pó*	65.80	11.90	14.70	51.20	0	419.00	5.30	0
Açúcar	99.98	0	0	0	0	387.00	0	0
Ach_po	95.00	0	0	0	0	380.00	0	95.00
Leite Int.	39.20	26.90	25.40	0	0.32	497.00	1.40	0

Choc.: chocolate; Café em pô: café em pó para preparo da bebida café e café com leite; Açúcar: açúcar utilizado para adoçar café e café com leite; Ach_po: achocolatado em pó utilizado para reconstituição em leite e preparo de bebida achocolatado. Leite_Int.: leite de vaca integral UHT componente das bebidas achocolatado e café com leite. GS: gordura saturada; Açúcar Ad.: açúcar adicionado.

*para o cálculo nutricional da bebida em infusão a 10%, multiplicar o $\sum P_b /n$ do ingrediente pelas respectivas taxas de absorção: carboidratos: 0.023; lipídios: 0.008; proteínas: 0.048; fibra alimentar: 0; sódio: 1; energia (kcal): 0,021; gordura saturada: 0 (Unicamp, 2011).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A11. Composição centesimal das preparações componentes do portfólio de cardápios do almoço e jantar (cardápios de A a T), conforme receituário-padrão do serviço (Tabela A5 do Apêndice A – Figura e Tabelas)

Prato	CHO (g)	LIP (g)	PTN (g)	Fibra (g)	Sódio (g)	kcal	GS (g)	Açúcar Ad. (g)
Arroz	79.01	4.51	7.25	1.65	0.59	396.17	0.74	0
Feijão	59.90	3.29	21.62	22.00	0.81	347.60	0.52	0
Bife de Panela	0.22	10.96	21.66	0.05	0.21	191.95	3.88	0
Carne de Panela	2.66	8.10	21.16	0.24	0.19	173.35	2.84	0
Carne Moída	1.41	7.36	21.05	0.28	0.20	160.88	2.99	0
Est. de Frango	3.19	6.12	22.10	0.34	0.18	160.56	2.63	0
Ling. Assada	0	15	15	0	0.68	196.00	5.20	0
Lombo Assado	0.22	9.84	22.66	0.05	0.22	186.17	3.46	0
Paleta Suína	0.22	12.62	20.16	0.05	0.30	200.41	0.23	0
Sobrecoxa	0.22	21.84	15.56	0.05	0.20	264.29	6.64	0
F. de Cebola	90.55	42.17	2.11	7.06	0.35	724.73	12.69	0
Angu	28.96	10.28	6.69	3.98	1.3	225.19	1.87	0
Esp. ao Sugo	84.83	5.40	11.12	4.20	0.56	434.68	0.61	0
Batata Palha	47.00	38.00	5.10	4.80	0.38	560.00	16.00	0
Batata Doce	79.34	13.69	7.20	1.60	0.21	478.46	2.14	0
Bet. Cozida	11.10	0.10	19	3.40	0.01	49.00	0	0
C. Ervilha	13.75	3.92	4.71	5.11	0.94	106.00	1.48	0
Purê de Batata	14.91	5.28	1.86	1.18	0.15	110.60	1.59	0
Alface ⁺	2.90	0.20	1.40	1.30	0.03	15	0	0
Tomate ⁺	5.10	0	0.80	2.30	0	21	0	0
Pepino ⁺	2.00	0	0.90	1.10	0	10.00	0	0
Cenoura ⁺	7.70	0.20	1.30	3.20	0	34.00	0	0
Beterraba ⁺	11.10	0.10	19.00	3.40	0.01	49.00	0	0
Maçã	15.00	0	0.30	1.30	0	56.00	0	0
Banana	26.00	0.10	1.30	2.00	0	98.00	0	0
Laranja	8.90	0.10	1.00	0.80	0	37.00	0	0
Ref. Laranja	32.89	0.19	1.79	1.85	0	120.22	0	14.23
Ref. Caju	9.62	0	0.10	0	0	37.83	0	8.22
Ref. Manga	14.94	0	0	0	0	58.63	0	12.44
Ref. Uva	14.45	0	0	0	0	54.94	0	9.80
Ref. Goiaba	13.82	0	0	0	0.01	49.74	0	11.82
Ref. Maracujá	23.60	0	0	0	0	92.32	0	16.10

Est.: estrogonofe; kcal: energia em calorias; Ling.: linguiça; F.: farofa; Bet.: beterraba; C.: creme; ⁺Preparações cruas; Ref.: refresco de.; GS: gordura saturada; Açúcar Ad.: açúcar adicionado.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela A12. Consumo médio (\bar{x}) de energia e nutrientes por adolescentes brasileiros da presente pesquisa e do Brasil
(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2011)

Amostra	CHO (g)	LIP (g)	PTN (g)	Fibras (g)	Sódio (g)	kcal	GS (g)
Adolescentes da presente pesquisa (masculino e feminino)	273.52	67.59	93.60	21.48	2.62	2.074	15.93
Adolescentes do Brasil (masculino)	320.10	71.30	91.50	23.4	3.70	2.289	24.60
Adolescentes do Brasil (feminino)	274.40	60.50	73.00	18.50	2.91	1.930	21.10

CHO: carboidratos; LIP: lipídios; PTN: proteínas; GS: gordura saturada.

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.