

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUANA TABALIPA DE MEDEIROS

**Substituição parcial de farinha de trigo (*Triticum aestivum*) por  
farinhas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e maca (*Lepidium  
meyenii* Walp) na formulação de bolo de chocolate**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2015

LUANA TABALIPA DE MEDEIROS

**Substituição parcial de farinha de trigo (*Triticum aestivum*) por farinhas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e maca (*Lepidium meyenii* Walp) na formulação de bolo de chocolate**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Alimentos – DALIM– da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadores: Prof. Dra. Renata Hernandez Barros Fuchs  
Prof. Dr. Evandro Bona



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FARINHA DE TRIGO (*triticum aestivum*) POR FARINHAS DE YACON (*smallanthus sonchifolius*) E MACA (*lepidium meyenii* WALP) NA FORMULAÇÃO DE BOLO DE CHOCOLATE

POR

LUANA TABALIPA DE MEDEIROS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 24 de novembro de 2015 às 15 horas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Hernandez B. Fuchs  
Orientadora

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Evandro Bona  
Orientador

---

Profa. Dr<sup>a</sup>. Roberta de Souza Leone  
Membro da banca

---

Profa. Dr<sup>o</sup>. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo  
Membro da banca

---

**Nota:** O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR *Campus* Campo Mourão.

## RESUMO

MEDEIROS, Luana Tabalipa. **Substituição parcial de farinha de trigo (*Triticum aestivum*) por farinhas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e maca (*Lepidium meyenii* Walp.) na formulação de bolo de chocolate.** 2015. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento de Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

As farinhas de yacon e maca possuem propriedades funcionais que quando aplicadas em alimentos agregam mais que a simples função nutricional básica. O intuito do trabalho foi aplicar essas farinhas em uma substituição parcial da farinha de trigo na formulação de bolo de chocolate. O planejamento experimental foi desenvolvido sob o modelo *simplex-centroid*, com três variáveis de mistura (proporções das farinhas) e uma variável de processo (quantidade de água adicionada à massa). O teste de aceitação com escala hedônica de nove pontos foi utilizado para avaliar sensorialmente as formulações em relação à textura, sabor, cor e aceitação global. Os resultados do atributo sensorial de impressão global dos bolos foram segmentados pela técnica do *k-means* para modelagem por agrupamentos e otimização através do método *simplex sequencial*, de onde obteve-se formulações otimizadas com substituição parcial da farinha de trigo. A otimização do agrupamento 1 resultou em uma formulação com a presença das farinhas de trigo, maca e yacon, já a formulação otimizada para o Grupo 2 foi uma formulação presente no planejamento de misturas, porém, sem a presença da farinha de maca. Como a proposta deste trabalho é a substituição parcial das farinha de trigo pelas farinhas de yacon e maca e em um dos grupos a formulação otimizada não continha maca, foi feita uma segunda otimização com um valor mínimo de 0,25 na pseudocomponente de maca. As formulações obtidas possuem aceitação global prevista razoável, e podem ser consideradas uma boa opção de produto para o mercado.

**Palavras-chave:** planejamento de misturas, alimento funcional, yacon, maca.

## ABSTRACT

MEDEIROS, Luana Tabalipa. **Partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum*) by yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*) and maca flour (*Lepidium meyenii* Walp.) in chocolate cake formulation.** 2015. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento de Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

The yacon and maca flours have functional properties which, when applied in food providing more than just basic nutrition function. The aim of this work was to apply these flours on a partial substitution of wheat flour in chocolate cake formulation. The experimental design was developed under the simplex-centroid model, with three mixing variables (proportions of flour) and one process variable (the amount of water added to the batter). The acceptance test with a nine-point hedonic scale was used to sensory evaluation of the formulations in respect to texture, flavor, color and overall acceptability. The results of the sensory attribute overall impression of cakes was targeted by the k-means technique for modeling grouping and the optimization was through the sequential simplex method, where optimized formulations were obtained with partial replacement of wheat flour. Optimization of Group 1 resulted in a formulation with the presence of wheat flours, maca and yacon, already optimized formulation for Group 2 was a formulation present in the planning mixtures, but without the presence of maca flour. As the purpose of this work is the partial substitution of wheat flour by flour of yacon and maca and one of the groups optimized formulation contained no maca, a second optimization was done with a minimum value of 0.25 in the maca pseudocomponent. The obtained formulations have foreseen reasonable overall acceptability and can be considered a good product option for the market.

**Keywords:** Mixtures' planning, functional food, yacon, maca.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Planejamento <i>simplex-centroid</i> com restrição de mínimo para a farinha de trigo. ....	23
<b>Figura 2:</b> Ficha de avaliação.....	27
<b>Figura 3:</b> Resultados médios do teste de aceitação com um intervalo de confiança de 95%. ....	30
<b>Figura 4:</b> Efeito da quantidade de água na avaliação sensorial de (a) impressão global do bolo, (b) sabor, (c) cor e (d) textura.....	32
<b>Figura 5:</b> Agrupamento obtido pelo <i>k-means</i> representado no eixo das componentes principais. ....	34
<b>Figura 6:</b> Diagramas ternários da aceitação (impressão global) para o Grupo 1 (a), (b) e (c), e para o Grupo 2 (d), (e) e (f). ....	37
<b>Figura 7:</b> Gráfico médias do questionário sobre consumo de alimentos integrais....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planejamento experimental combinado.....	24
Tabela 2: Formulação padrão para bolo de chocolate. ....	25
Tabela 3: Agrupamento dos 56 provadores através do método <i>k-means</i> . ....	33
Tabela 4: Tabela da MANOVA para avaliar o efeito do agrupamento.....	33
Tabela 5: Teste t para médias globais e por grupos, para o atributo impressão global. .....	35
Tabela 6: Médias gerais e por grupo para os atributos sensoriais textura, sabor e cor. .....	39
Tabela 7: Formulações otimizadas para os Grupos 1 e 2. ....	40

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. OBJETIVOS .....	12
2.1. Objetivo Geral .....	12
2.2. Objetivos Específicos .....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3.1 Alimentos Funcionais .....	13
3.2 Yacon .....	14
3.3 Maca .....	15
3.4 Experimentos Com Misturas .....	16
3.4.1 Variáveis de mistura .....	16
3.4.2 Variáveis de processo.....	17
3.5 Análise Sensorial .....	18
3.5.1 Teste de aceitação.....	19
3.5.2 Segmentação dos consumidores.....	20
3.5.3 Otimização .....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
4.1 Material .....	22
4.2 Métodos .....	22
4.2.1 Delineamento experimental .....	22
4.2.2 Preparação dos bolos .....	25
4.2.3 Análises microbiológicas.....	26
4.2.4 Análises sensorial .....	26
4.2.5 Otimização .....	27
4.2.6 Implementação Computacional .....	28

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Análises Microbiológicas.....	29
5.1.1 Pesquisa de Coliformes a 35°C e a 45°C .....	29
5.1.2 Pesquisa de Salmonela sp .....	29
5.1.3 Pesquisa de Estafilococos coagulase-positiva .....	29
5.1.4 Pesquisa de Bacillus cereus .....	29
5.2 Análise sensorial.....	29
5.2.1 Análise de Segmentação dos Provadores .....	33
5.2.2 Correlação entre os atributos sensoriais.....	38
5.3 Otimização .....	40
6. CONCLUSÃO.....	41
7. REFERÊNCIAS.....	42

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a preocupação com uma melhor qualidade de vida tem aumentado, evidenciando os produtos chamados funcionais. A indústria alimentícia, em paralelo com essa demanda, investe em desenvolvimento de novos produtos, que proporcionem benefícios à saúde com características sensoriais e físico-químicas diferenciadas (CORTE, 2008). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária por meio da Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 define que o alimento com propriedades funcionais deve produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

Várias classes de substâncias presentes naturalmente nos alimentos, apresentam propriedades funcionais. Dentre os nutrientes com funções fisiológico-funcionais temos a fibra alimentar que estão incluídas na ampla categoria dos carboidratos. Elas podem ser classificadas como solúveis ou insolúveis e têm como ação sequestrar e aumentar a excreção de substâncias tóxicas, aumentar a excreção de ácidos biliares e estrógenos, aliviar a constipação, melhorar a qualidade da microbiota intestinal e diminuir a incidência do câncer de cólon (PACHECO, 2005).

Fibras como a inulina e fruto-oligossacarídeos são conhecidos como prebióticos por promover o crescimento de algumas bactérias da microbiota intestinal. Prebióticos são componentes alimentares não digeríveis, com atividade bifidogênica, ou seja, capazes de estimular o crescimento e/ou atividade de algumas bactérias presentes no intestino (BALDISSERA, et al., 2011).

Desde os anos 80 vem sendo observada a aplicação da inulina e os fruto-oligossacarídeos em diversos produtos alimentares. Segundo LEITÃO et al., 1984, esses carboidratos têm grande aceitação pelo mercado consumidor devido às suas características reológicas: produtos leves e facilmente mastigáveis; apresentam textura porosa que facilita a digestão e são normalmente muito saborosos o que facilita sua aplicabilidade, principalmente em produtos de padaria e confeitaria, como bolo.

Novas formulações em alimentos têm sido estudadas em busca de produtos que apresentem características funcionais importantes para uma alimentação mais saudável. Algumas plantas como o yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e a maca peruana (*Lepidium meyenii* Walp.), que são plantas andinas nativas, têm sido

utilizadas como suplementos em dietas no mundo inteiro, mais comumente na América do Sul (VALENTOVÁ et al., 2008).

De acordo com o descrito acima pode-se observar a existência de um amplo campo de pesquisa e desenvolvimento de produtos funcionais utilizando como ingredientes as farinhas de yacon e maca. Neste sentido uma boa maneira de agregar valor nutricional ao produto é a troca parcial de ingredientes, sendo esses substituídos por alimento com propriedades funcionais comprovadas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve por objetivo a aplicação de farinha yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e farinha maca (*Lepidium meyenii* Walp) em bolo de chocolate como substituição parcial da farinha de trigo (*Triticum aestivum*), visando o desenvolvimento de um produto funcional com boa aceitação global.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver formulações de bolo de chocolate com mistura do tipo *simplex-centroid* (mistura de farinhas de trigo, yacon e maca) com a inclusão de um parâmetro de processo (quantidade de água) conforme definido em delineamento experimental.
- Realizar análise microbiológica assegurando a inocuidade do produto.
- Avaliar sensorialmente as amostras de bolo de chocolate desenvolvidas através de testes de aceitação.
- Verificar a necessidade da segmentação dos provadores em subgrupos e em caso positivo, otimizar formulações para cada grupo encontrado.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Alimentos Funcionais

Alimentos funcionais são definidos amplamente como alimentos que fornecem mais do que simples função nutricional básica, eles são capazes de produzir efeitos metabólicos ou fisiológicos desejáveis na manutenção da saúde, porém não tem o propósito de serem destinados ao tratamento de doenças agudas (JONES, 2002).

Os produtos funcionais podem abranger de nutrientes isolados, produtos de biotecnologia, suplementos dietéticos, produtos herbais e alimentos processados. As substâncias funcionais, fisiologicamente ativas, devem estar presentes nesses produtos, em quantidades suficientes e adequadas, para produzir o efeito fisiológico desejado (PACHECO, 2005; ANJO, 2004).

Os componentes biologicamente ativos encontrados nos alimentos com propriedades funcionais podem ser classificadas em grupos como os probióticos e prebióticos, alimentos sulfurados e nitrogenados, pigmentos e vitaminas, compostos fenólicos, ácidos graxos poliinsaturados e fibras (MORAES; COLLA, 2006).

Os prebióticos são elementos alimentares não digeríveis que beneficiam seu consumidor, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon. Os componentes prebióticos atuam mais frequentemente no intestino grosso, mas também podem ter algum impacto sobre os microrganismos do intestino delgado (SAAD, 2006).

Os fruto-oligossacarídeos (FOS), também considerados como prebióticos, são oligossacarídeos de ocorrência natural em produtos de origem vegetal. São denominados de açúcares não convencionais, não metabolizados pelo organismo humano e com valor calórico de 1,5 kcal/g. Promovem seletivamente o crescimento de probióticos como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. Essa característica faz com que os FOS promovam uma série de benefícios à saúde humana, desde a redução de colesterol sérico até o auxílio na prevenção de alguns tipos de câncer (PASSOS & PARK, 2003).

Os FOS por apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose, baixo valor calórico e não depender de insulina para ser captado pelas células, podem ser usados de modo seguro por diabéticos. Eles não são degradados durante a

maioria dos processos de aquecimento, podendo assim serem utilizados em uma variedade de produtos "funcionais" como em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, em barras de cereais, sucos e néctares frescos, produtos de confeitaria, molhos, etc. (BORNET et al., 2002).

### 3.2 Yacon

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma planta originária da Cordilheira dos Andes e foi introduzida no Brasil no início dos anos 90. Possui estocado em suas raízes tuberosas cerca de 90% de carboidratos (base seca), sendo 40 a 70% correspondente aos frutanos, principalmente fruto-oligossacarídeos e inulina. Diferente da maioria das raízes que armazenam carboidratos na forma de amido, o yacon e várias plantas da família Asteraceae armazenam os carboidratos na forma de frutano, que têm sido designados como prebióticos e fibras alimentares solúveis por sua não digestibilidade pelas enzimas do trato digestivo humano, estímulo seletivo do crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras de saúde, baixo valor calórico e a influência sobre a função intestinal e sobre os parâmetros lipídicos (GENTA et al., 2009; MOSCATTO, et al., 2004; PADILHA, et al., 2010; ROSA, et al., 2009).

Os frutanos são carboidratos de reserva na forma de polímeros de D-frutose, unidos por ligações tipo  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1), e apresentam uma glicose na extremidade da cadeia. Dependendo do comprimento da cadeia, definido pelo número de unidades de monossacarídeos, denominado grau de polimerização (DP), tem-se a inulina e os fruto-oligossacarídeos. O grau de polimerização da inulina varia entre 2 e 60 e dos fruto-oligossacarídeos entre 2 e 9 (GUSSO et al., 2015).

Atualmente são realizadas muitas pesquisas com o yacon devido seu efeito hipoglicemiante. Sabe-se que a maior parte dos açúcares solúveis na yacon são frutoses, e este monossacarídeo não é dependente de insulina para ser captado pelas células para sua utilização, não elevando dessa forma os níveis de glicose no sangue. Este fato faz do yacon uma raiz atraente para as pessoas que sofrem com a diabetes e também se torna um aliado no controle do peso, por sua aplicabilidade como um adoçante de valores calóricos relativamente baixos (GENTA et al., 2009; GUSSO et al., 2015).

### 3.3 Maca

A maca (*Lepidium meyenii* Walp.), é uma planta nativa da região dos Andes, a parte comestível da planta é a raiz. A parte subterrânea (hipocótilo) da maca contém as substâncias de reserva e constituintes químicos que justificam suas propriedades medicinais. Efeitos antioxidantes e metabólico estão relacionadas com a presença de fenóis e flavonoides. Na medicina tradicional peruana a maca é utilizada para aumentar a vitalidade, para promover a libido, aumentar a fertilidade e para aliviar o stress, no aumento da fertilidade e da performance sexual em homens e mulheres. No sexo masculino constatou-se que a maca aumenta o desejo sexual, a produção de espermatozoides e melhora a disfunção erétil de intensidade leve. No sexo feminino observou-se uma redução dos sintomas de desconforto da menopausa, assim como melhora da disfunção sexual associada ao climatério (OLIVEIRA, 2011; SANABRIA, 2005; WANG et al., 2007).

Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization*), a maca possui alto teor de cálcio e ferro, 258mg e 15,4mg em cada 100g do tubérculo, respectivamente. As raízes de maca fresca têm teor de água superior a 80 %. Já a raiz desidratada de maca possui 14% de proteínas e 78% de carboidratos, também é rico em amido, glicosídeos, alcalóides e taninos. O conteúdo de proteínas pode variar entre 10-14 %, dependendo das condições de fertilidade do solo e da variedade da planta.

Esta raiz também é conhecida por conter uma variedade de fitoquímicos com elevada capacidade antioxidante (RONDÁN-SANABRIA; FINARDI-FILHO, 2009; SANDOVAL et al., 2002; ZHA et al., 2014) exerce seu efeito por meio de um fitocomplexo (associação de princípios ativos). Desta forma, dois grupos farmacológicos (glucosinolatos e fitosteróis) coordenam o balanço hormonal e o vigor físico conferidos pelo extrato de Maca (OLIVEIRA, 2011).

Embora o consumo da maca, como suplemento, como farinha ou cápsulas seja difundido, uma busca nas bases de dados da literatura especializada não encontrou trabalhos sobre sua incorporação na alimentação como ingrediente de formulações.

### 3.4 Experimentos Com Misturas

#### 3.4.1 Variáveis de mistura

De uma maneira geral, experimentos com misturas tratam das proporções dos ingredientes de um produto que devem satisfazer duas restrições. Para  $q$  componentes,  $0 \leq x_i \leq 1$  para  $1 \leq i \leq q$  (onde  $x_i$  indica a proporção do  $i$ -ésimo componente) e  $x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1$ . Todas as combinações possíveis dos diferentes componentes constituem um espaço *simplex* de dimensão  $q - 1$ , sobre o qual uma superfície de resposta pode ser obtida para um determinado parâmetro de interesse. Em experimentos que envolvem a mistura de ingredientes, os atributos de interesse no produto dependem apenas da proporção dos componentes da combinação e não de seus valores absolutos (CORNELL, 2011). Uma abordagem intuitiva em experimentos de formulação é avaliar as respostas associadas a cada ingrediente separado, a cada par de ingredientes (em proporções iguais), a cada trio de ingredientes (também em proporções iguais); e assim, sucessivamente. Um planejamento experimental deste tipo é denominado de *simplex-centroid* (CORNELL; DENG, 1982; DUTCOSKY et al., 2006). Ou seja, no planejamento experimental *simplex-centroid*, a análise de uma mistura de  $q$  componentes é feita através de  $2^q - 1$  ensaios que correspondem a cada uma das  $q$  permutações de substâncias simples  $(1,0,0, \dots, 0)$ ; as  $\binom{q}{2}$  permutações  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \dots, 0)$  de misturas binárias; as  $\binom{q}{3}$  permutações  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \dots, 0)$  de misturas ternárias; assim sucessivamente, até a mistura  $q$ -nária  $(\frac{1}{q}, \frac{1}{q}, \frac{1}{q}, \dots, \frac{1}{q})$ , que é o ponto centroide (CORNELL, 2011).

Depois de se obter os resultados para os pontos experimentais do planejamento *simplex-centroid* é possível ajustar um polinômio de ordem  $q$  que modela a superfície de resposta. Para o caso específico de três componentes, são avaliadas apenas sete misturas distintas, assim, não há graus de liberdade suficientes para a construção de um modelo cúbico completo (são necessários 10 ensaios distintos) (BARROS NETO; SCARMINO; BRUNS, 2010). Portanto, a análise de regressão ficaria restrita a complexidade máxima do modelo cúbico especial conforme a Equação (1), onde  $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_q)$ .

$$y(\mathbf{x}) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (1)$$

O modelo da Eq. (1) pode ser demasiadamente complexo, mesmo para pequenos valores de  $q$ . Assim, é comum o emprego de modelos de ordem inferior cujo resíduo, de acordo com a ANOVA, seja aceitável (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

Muitas das vezes poderá ocorrer restrições adicionais, de valores máximos e/ou mínimos associados à cada componente da mistura. Ou seja, a região experimental não cobre todo o espaço *simplex*, mas apenas um subespaço do mesmo. Nestes casos, os componentes originais são representados através de pseudocomponentes ( $x'_i$ ) (CORNELL, 2011). Para misturas onde um ou mais componentes possuem limites inferiores ( $L_i$ ), tal que  $L_i \leq x_i \leq 1$ , com  $i = 1, 2, \dots, q$ , a transformação para pseudocomponentes é dada por

$$x'_i = \frac{x_i - L_i}{1 - L} \quad (2)$$

onde  $L = \sum_{i=1}^q L_i < 1$ .

### 3.4.2 Variáveis de processo

Diferentes variáveis que não sejam componentes da mistura, mas que influenciam nas propriedades da mesma, podem ser consideradas variáveis de processo (temperatura de cozimento, tempo de cozimento, quantidade de água adicionada, etc.). Para diferenciar as variáveis de processo daquelas de mistura é comum representá-las na forma codificada como  $z_i$ , com  $0 \leq i \leq r$ , sendo  $r$  o número de variáveis de processo. Quando a variável de processo for testada em dois níveis é possível ajustar um modelo de regressão linear, caso sejam testados três níveis, adota-se uma modelo quadrático conforme a Equação (3), onde  $\mathbf{z} = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_r)$  (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

$$w(\mathbf{z}) = \alpha_0 + \alpha_1 z_1 + \alpha_{11} z_1^2 \quad (3)$$

Igualmente o modelo das variáveis de mistura, o modelo da variável de processo, descrito na Eq. (3), pode ser truncado para um modelo de ordem inferior que ainda tenha boa representatividade dos efeitos (BARROS NETO; SCARMINO; BRUNS, 2010).

Como as variáveis de mistura são independentes das variáveis de processo, pode-se escrever a seguinte equação

$$\eta(\mathbf{x}, \mathbf{z}) = y(\mathbf{x})w(\mathbf{z}) \quad (4)$$

onde  $\eta(\mathbf{x}, \mathbf{z})$  representa o modelo de regressão em termos das variáveis de mistura e de processo (CORNELL, 2011).

Muitas vezes o planejamento de misturas é aplicado, no desenvolvimento de novos alimentos, ou de reformulações de alimentos existentes, com propriedades funcionais e/ou benefícios à saúde. DUTCOSKY et al., 2006 estudou a adição de proporções específicas de inulina, oligofrutoses e goma acácia na formulação de barras de cereais, concluindo que a quantidade de fibras não alterou negativamente suas características sensoriais, ao mesmo tempo conferiu propriedades prebióticas. A substituição de lipídeos pela inulina em sobremesas lácteas também apresentou benefícios à saúde e melhores características sensoriais, dependendo da proporção substituída (ARCIA; COSTELL; TÁRREGA, 2011).

### 3.5 Análise Sensorial

A qualidade do alimento compreende três aspectos fundamentais: nutricional, sensorial e microbiológico. Dentre estes, o aspecto de qualidade sensorial é o mais intimamente relacionado à escolha do produto alimentício pelo consumidor (DUTCOSKY, 2013). As indústrias de alimentos têm buscado identificar e atender os anseios dos consumidores em relação a seus produtos, pois só assim sobreviverão num mercado cada vez mais competitivo. A análise sensorial tem-se mostrado importante ferramenta neste processo, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial. É uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e

reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição (MINIM, 2010).

Os métodos afetivos, ou subjetivos, mensuram a avaliação da aceitabilidade de um produto por parte da população. Essas metodologias podem ser aplicadas na avaliação de um dado produto de maneira independente, ou comparativa a outros produtos. Métodos afetivos podem ser classificados como quantitativos ou qualitativos, dependendo da forma com que a avaliação é feita. Os métodos quantitativos permitem que uma maior gama de técnicas estatísticas seja aplicada na análise dos resultados. A análise sensorial é uma componente crucial no desenvolvimento de novos alimentos e/ou novas tecnologias de alimentos, seja no âmbito acadêmico ou industrial. Seus resultados pautam diretamente o sucesso comercial de qualquer produto alimentício no mercado (DUTCOSKY, 2013).

Dentre as aplicações mais comuns da análise sensorial destacam-se: desenvolvimento de novos produtos, melhoramento de produtos existentes, avaliação de processos de produção e controle de qualidade, avaliação da estabilidade de armazenamento (tempo de prateleira), bem como estudos sobre a própria aceitabilidade de uma população consumidora e a sua correlação com medidas instrumentais (SIMPSON; PIGGOT; WILLIAMS, 1995).

### **3.5.1 Teste de aceitação**

O teste de aceitação é um dos métodos utilizados para avaliar sensorialmente se os consumidores gostam ou desgostam do produto. A aceitação é uma escolha pessoal que pode ser determinada por um grande número de fatores que estão relacionados com os padrões de vida, base cultural e ao ambiente (DUTCOSKY, 2013; MORAES, 1993).

A avaliação sensorial da textura, sabor, cor e aceitação global podem ser quantificadas usando uma escala hedônica mista de nove pontos (9=gostei muitíssimo; 1=desgostei muitíssimo). A escala hedônica é facilmente compreendida pelos consumidores, e usada por muitas empresas e pesquisas, que obtiveram resultados válidos e confiáveis. (MEILGAARD, 1999; MINIM, 2010).

### 3.5.2 Segmentação dos consumidores

As diferenças pessoais dentro do universo de provadores que participam do teste de aceitação podem ter grande influência na análise dos resultados obtidos. Assim, uma análise mais fiel deve levar em conta a distribuição de grupos de provadores “semelhantes”. As similaridades da análise sensorial dentro de um grupo podem ser as mais variadas, como sexo, idade, diferenças de humor, etc. Os grupos são constituídos pelos provadores que apresentam coeficientes de preferência semelhantes (DUTCOSKY, 2013; MINIM, 2010). Na análise de segmentação, os grupos raramente estão bem definidos e com fronteiras claramente delineadas. Muitas vezes, faz-se necessário lançar mão de hipóteses da presença de dois ou mais grupos, com algum critério de agrupamento utilizado, e verificar a validade estatística dos resultados obtidos. A análise de componentes principais (ACP) pode ser usada na segmentação em si, porém indexar os grupos identificados sobre os eixos principais da ACP pode ser útil na corroboração e justificativa da escolha dos agrupamentos. Nesse contexto, é comum a utilização prévia do algoritmo *k-means* para distribuir as amostras de acordo com um número de grupos estabelecidos a priori. Neste método, o algoritmo converge para uma solução onde as amostras são agrupadas de forma a minimizar a norma euclidiana da amostra em relação ao centroide do seu grupo. Conforme já mencionado, os agrupamentos obtidos pelo *k-means* são comumente representados sobre os eixos principais da ACP (NAES; BROCKHOFF; TOMIC, 2010).

As técnicas de agrupamento, ou segmentação, de consumidores para melhor visualizar diferentes perfis de avaliação de produtos são largamente empregadas na análise de dados obtidos na análise sensorial, particularmente em testes de aceitação (WESTAD; HERSLETH; LEA, 2004).

### 3.5.3 Otimização

Os resultados da análise sensorial podem ser utilizados para obter superfícies de resposta das características sensoriais avaliadas, bem como de uma avaliação global do produto, em função das variáveis de mistura e de processo envolvidas. Essas superfícies de resposta modeladas possuem pontos extremos (máximos ou

mínimos) que podem representar formulações ótimas, sob algum critério, sob o prisma da aceitabilidade do produto.

Um método de otimização de uso bastante difundido é o método *simplex* sequencial, neste método, o *simplex* é um poliedro com faces planares que se desloca sobre a superfície de resposta, evitando regiões de resposta insatisfatória. Para uma superfície de resposta com  $n$  variáveis independentes, o *simplex* é um poliedro de  $n + 1$  vértices. Trata-se de um processo recursivo, onde, ao se aproximar de uma região ótima, o *simplex* converge sobre o ponto ótimo (BONA et al., 2000).

O método *simplex* sequencial pode ser empregado na busca de parâmetros relevantes em processos, como a desidratação osmótica de uma maçã (BORSATO et al., 2010), na salga de queijo prato (BONA et al., 2005), ou na otimização de misturas ternárias de proteínas (CASTRO et al., 2003).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

As farinhas integrais de yacon e maca foram gentilmente cedidas pela empresa Jasmine Comércio de Produtos Alimentícios Ltda, e os demais ingredientes adquiridos no comércio local.

### 4.2 Métodos

Para elaboração do bolo foram utilizados diferentes níveis de água, trigo, yacon e maca. Com os variados níveis de cada ingrediente foram obtidas 21 diferentes formulações, apresentada na Tabela 1.

#### 4.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o *simplex-centroid* para misturas de três componentes, foi aplicado para verificar possíveis efeitos das variáveis da mistura, trigo, yacon e maca. A análise de uma mistura de x componentes é feita através de  $2^x - 1$  ensaios. Portanto, para três componentes teremos sete ensaios distintos com proporções variadas das farinhas de trigo, yacon e maca. A mistura ternária (0,33; 0,33; 0,33) será preparada em duplicata para avaliar o erro experimental e permitir testar a falta de ajuste dos modelos obtidos.

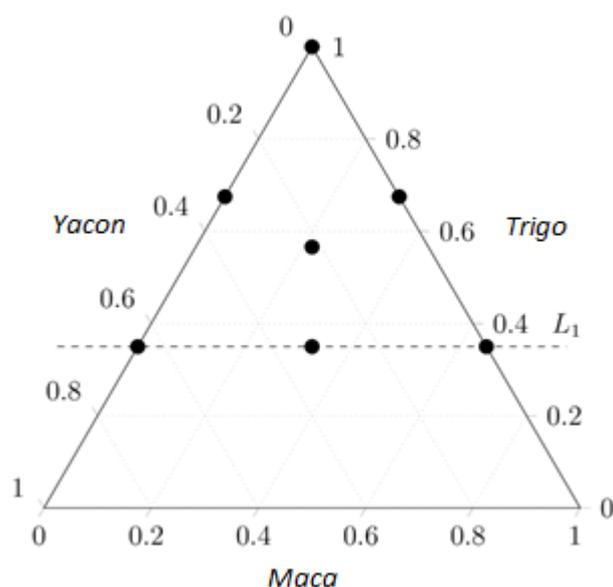
Teremos no mínimo 35% de trigo nas misturas de farinhas, pois, estudos preliminares mostraram que quantidades inferiores a 35% não produzem uma massa viável para o experimento. Isto se deve ao fato de as proteínas do glúten, que estão presentes na farinha de trigo, serem responsáveis pela formação da rede viscoelástica da massa (BUSHUK, 1985).

Para incorporar essa restrição de quantidade mínima de farinha de trigo e continuar utilizando o planejamento *simplex-centroid*, os componentes originais da mistura serão descritos em termos de pseudocomponentes. Deste ponto em diante, será adotado que as proporções da farinha de trigo, yacon e maca serão representadas como  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ , respectivamente.

Para incorporar essa restrição de quantidade mínima de farinha de trigo ( $L_1 = 0,35$ ,  $L_2 = 0$  e  $L_3 = 0$ ) e permitir a utilização do planejamento *simplex-centroid*, os componentes originais da mistura foram descritos em termos de pseudocomponentes (CALADO; MONTGOMERY, 2003; CORNELL, 2011) conforme a Equação (5).

$$x'_1 = \frac{x_1 - 0,35}{0,65} \quad x'_2 = \frac{x_2}{0,65} \quad x'_3 = \frac{x_3}{0,65} \quad (5)$$

A Figura 1 mostra os pontos experimentais, do planejamento *simplex-centroid*, com as restrições aplicadas.



**Figura 1:** Planejamento *simplex-centroid* com restrição de mínimo para a farinha de trigo.

A quantidade de água adicionada à mistura, embora não altere as proporções das farinhas, pode alterar as características do produto, sendo considerada então uma variável de processo. Neste trabalho, a quantidade de água foi a variável de processo avaliada em três níveis, sendo o mínimo de 120mL e o máximo de 180mL. Os valores codificados de acordo com a Equação (6), onde  $V_{H_2O}$  é o volume de água (em mL) e  $z_1$  representa a variável de processo.

$$z_1 = \frac{V_{H_2O} - 150}{30} \quad (6)$$

Tabela 1: Planejamento experimental combinado.

Código	Variáveis de Mistura						Variável de Processo	
	Componentes originais			Pseudocomponentes			Original	Codificada
	Trigo	Yacon	Maca	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$	Água (mL)	$z_1$
T(-)	1	0	0	1	0	0	120	-1
TY+(-)	0,35	0,65	0	0	1	0	120	-1
TM+(-)	0,35	0	0,65	0	0	1	120	-1
T+Y(-)	0,675	0,325	0	0,5	0,5	0	120	-1
T+M(-)	0,675	0	0,325	0,5	0	0,5	120	-1
TYM(-)	0,35	0,325	0,325	0	0,5	0,5	120	-1
T+YM(-)	0,566	0,217	0,217	0,33	0,33	0,33	120	-1
T(0)	1	0	0	1	0	0	150	0
TY+(0)	0,35	0,65	0	0	1	0	150	0
TM+(0)	0,35	0	0,65	0	0	1	150	0
T+Y(0)	0,675	0,325	0	0,5	0,5	0	150	0
T+M(0)	0,675	0	0,325	0,5	0	0,5	150	0
TYM(0)	0,35	0,325	0,325	0	0,5	0,5	150	0
T+YM(0)	0,566	0,217	0,217	0,33	0,33	0,33	150	0
T(+)	1	0	0	1	0	0	180	1
TY+(+)	0,35	0,65	0	0	1	0	180	1
TM+(+)	0,35	0	0,65	0	0	1	180	1
T+Y(+)	0,675	0,325	0	0,5	0,5	0	180	1
T+M(+)	0,675	0	0,325	0,5	0	0,5	180	1
TYM(+)	0,35	0,325	0,325	0	0,5	0,5	180	1
T+YM(+)	0,566	0,217	0,217	0,33	0,33	0,33	180	1

A presença das farinhas de trigo (T), yacon (Y) e maca (M), conforme o valor das respectivas proporções percentuais foi usado como a base do código

identificador. Um sinal “+” foi posto após a farinha de maior proporção, quando for necessário indicar a diferença. À cada código foi adicionado um sufixo entre parênteses, com o nível da variável de processo  $z_1$ .

#### 4.2.2 Preparação dos bolos

As claras foram batidas durante cinco minutos em batedeira doméstica Britânia Bellagio, com potência de 170 watt, em velocidade alta. As gemas, o açúcar e a margarina foram misturados em batedeira por dois minutos, em velocidade média. Em seguida, adicionou-se o achocolatado, a mistura das farinhas e a água, homogeneizando-se por três minutos nas mesmas condições. O fermento em pó foi misturado às claras e estes foram incorporados à massa manualmente. A massa foi acondicionada em forma de alumínio revestida com *teflon*, previamente untada, e levada ao forno industrial preaquecido por quinze minutos, a 180°C, e assada por vinte minutos.

Os ingredientes e as respectivas quantidades utilizadas na formulação do bolo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Formulação padrão para bolo de chocolate.

Ingredientes	Quantidade
Ovos	4 unidades
Açúcar refinado	100 g
Margarina (60% de lipídios)	60 g
Achocolatado em pó	40 g
Farinha <sup>1</sup>	200 g
Água <sup>2</sup>	120 – 180 mL
Fermento químico <sup>3</sup>	10 g

<sup>1,2</sup> : As quantidades específicas das farinhas de trigo, maca, yacon e a quantidade exata de água, encontram-se na **Tabela 1**.

<sup>3</sup>: Princípios ativos: pirofosfato ácido de sódio, bicarbonato de sódio e fosfato monocálcico.

### 4.2.3 Análises microbiológicas

Pesquisa de coliformes a 45°C, contagem de *Estafilococos coagulase-positiva*, *Bacillus cereus* e *Salmonella sp* foram realizadas segundo a instrução normativa nº 62 (BRASIL, 2003), no intuito de averiguar o cumprimento das condições sanitárias cabíveis ao preparo de alimentos para consumo humano e garantir a inocuidade do alimento a ser submetido à análise sensorial.

A análise foi realizada em um bolo contendo as farinhas de trigo, yacon e maca. Tais farinhas foram utilizadas na fabricação de todos os bolos. Foi escolhido uma amostra ternária pois seria inviável a realização das análises microbiológicas nas vinte e uma formulações.

### 4.2.4 Análises sensorial

#### 4.2.4 Teste de aceitação

Para análise sensorial o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) sob a inscrição do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 42532915.8.0000.5547, com o número de comprovante 015238/2015, de forma a possibilitar os testes com provadores humanos.

No teste de aceitação, foi utilizada a escala hedônica de 9 pontos para quantificar os atributos textura, sabor, cor e impressão global dos bolos produzidos. Um total de 56 provadores participaram deste teste. Os provadores participantes foram voluntários do Câmpus Campo Mourão da UTFPR, recrutados ao acaso, com idade entre 18 e 40 anos, de ambos os sexos. As amostras foram servidas em copos descartáveis, codificados com três dígitos aleatórios, contendo pequenos pedaços de bolo de aproximadamente 3 g. As amostras foram apresentadas de forma monádica aos provadores, ou seja, uma amostra de cada vez, juntamente com uma ficha individual para preenchimento (Figura 2). Foi solicitado aos provadores que expressassem o quanto gostaram ou desgostaram dos produtos, nos critérios apresentados na ficha. Foi fornecido água em temperatura ambiente, em copos descartáveis, para que os provadores limpassem o palato a cada nova amostra testada.

Nome: _____	Data: _____	
<p>Você está recebendo três amostras codificadas. Avalie globalmente cada uma segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo.</p>		
<p>(9) gostei extremamente  (8) gostei moderadamente  (7) gostei regularmente  (6) gostei ligeiramente  (5) não gostei, nem desgostei  (4) desgostei ligeiramente  (3) desgostei regularmente  (2) desgostei moderadamente  (1) desgostei extremamente</p>		
	Amostra nº	Valor
O que você achou da textura do bolo?	_____	_____
O que você achou do sabor do bolo?	_____	_____
O que você achou da cor do bolo?	_____	_____
O que você achou do produto de maneira geral?	_____	_____
Comentários:		

**Figura 2:** Ficha de avaliação.

Os provadores foram segmentados de acordo com a nota para a aceitabilidade global usando o algoritmo do *k-means*. A significância dos grupamentos formados foi avaliada através da MANOVA, que é utilizada para abranger os casos em que exista mais de uma variável dependente, teste de média para as notas dos grupos nas diferentes formulações e gráfico dos membros de cada grupo nas primeiras componentes principais da análise de componentes principais (ACP).

#### 4.2.5 Otimização

O processo de otimização simplex sequencial é feito através de uma versão do algoritmo de Nelder-Mead (BONA et al., 2000; GAO; HAN, 2012). Neste, a otimização em  $n$  dimensões (variáveis independentes) é feita através de um poliedro com  $n+1$  vértices. O objetivo é encontrar um conjunto de vértices que represente um ponto ótimo da superfície de resposta.

#### **4.2.6 Implementação Computacional**

As análises dos resultados foram realizadas no Statistica<sup>®</sup> 7.1 e Matlab<sup>®</sup> R2008b.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Análises Microbiológicas**

#### **5.1.1 Pesquisa de Coliformes a 35°C e a 45°C**

Foi analisada uma única amostra contendo uma mistura ternária das farinhas, que apresentou valores de coliformes à 45°C, <3,0 NMP/g com intervalo de confiança de 95% (inferior 0,0 NMP/g; superior 9,5 NMP/g), comprovando que as condições higiênico-sanitárias de preparo foram satisfatórias. Segundo a Resolução RDC nº12 o máximo permitido é de 100 NMP/g para coliformes a 45°C (BRASIL, 2001).

#### **5.1.2 Pesquisa de Salmonela sp**

A amostra analisada apresentou ausência da bactéria Salmonela sp, estando assim dentro do padrão estabelecido pela Resolução RDC nº12 (BRASIL, 2001).

#### **5.1.3 Pesquisa de Estafilococos coagulase-positiva**

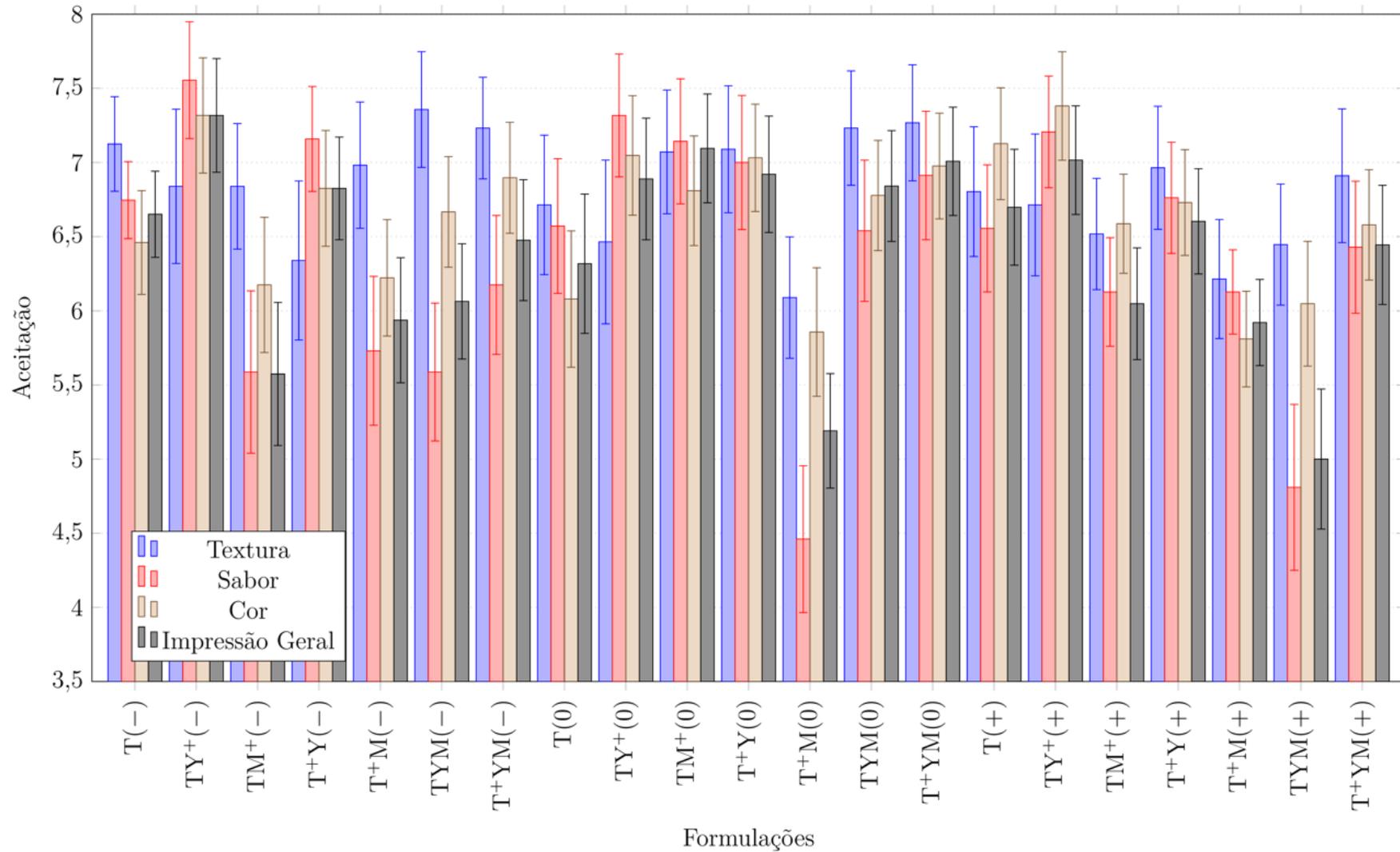
A análise microbiológica apresentou resultado negativo para pesquisa de Estafilococos coagulase-positiva.

#### **5.1.4 Pesquisa de Bacillus cereus**

No ensaio microbiológico a contagem foi de <1,0x10<sup>1</sup> UFC/g, estando assim dentro do padrão estabelecido pela Resolução RDC nº12 (BRASIL, 2001).

### **5.2 Análise sensorial**

Os 56 provadores participantes da análise sensorial foram recrutados ao acaso e possuíam idade entre 18 e 40 anos, de ambos os sexos. Os resultados do teste de aceitação estão representados na Figura 3 como a média das respostas e um intervalo de confiança de 95%.



**Figura 3:** Resultados médios do teste de aceitação com um intervalo de confiança de 95%.

A análise da Figura 3 mostra que houve uma expressiva variabilidade nas notas de todos os atributos que pode ser constatada através da amplitude dos intervalos de confiança. Ainda assim é possível observar que a formulação TYM(+), que é a formulação de mistura ternária e com maior quantidade de água, possui o menor valor no quesito impressão global. Porém, devido ao alto intervalo de variância, essa formulação não difere da formulação TM<sup>+</sup>(-) e T<sup>+</sup>M(0). A formulação com maior pico no valor médio em relação a impressão global é a formulação TY<sup>+</sup>(-), essa formulação também obteve o maior valor no quesito sabor, isso porque o yacon proporciona um sabor mais doce ao alimento devido a presença da inulina e os fruto-oligossacarídeos em sua composição. Essa observação pode ser comprovada notando que os maiores picos em relação ao sabor são das formulações com maiores proporções de yacon.

O atributo sabor teve seu menor pico de resultado médio na formulação T<sup>+</sup>M(0), e maior pico na formulação TY<sup>+</sup>(-) como já citado anteriormente.

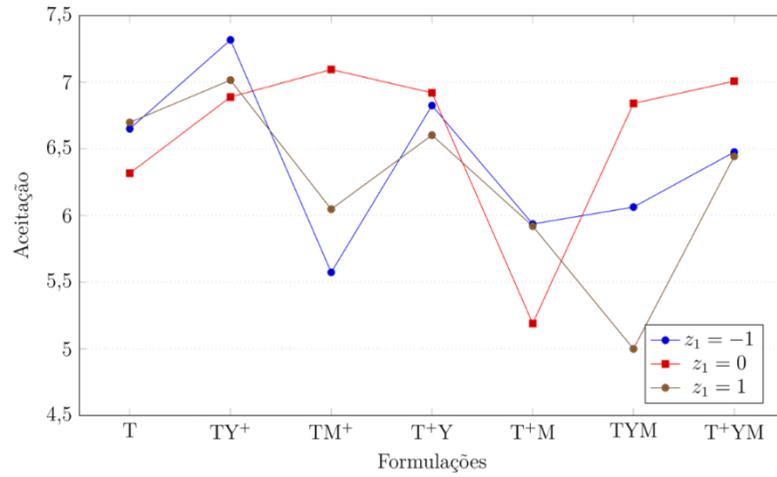
Em relação a cor a formulação com maior pico nos resultados é a TY<sup>+</sup>(+), enquanto a formulação com o menor pico é a T<sup>+</sup>M(0).

O maior pico para a textura foi na formulação TYM(-), e menor pico na formulação T<sup>+</sup>M(0).

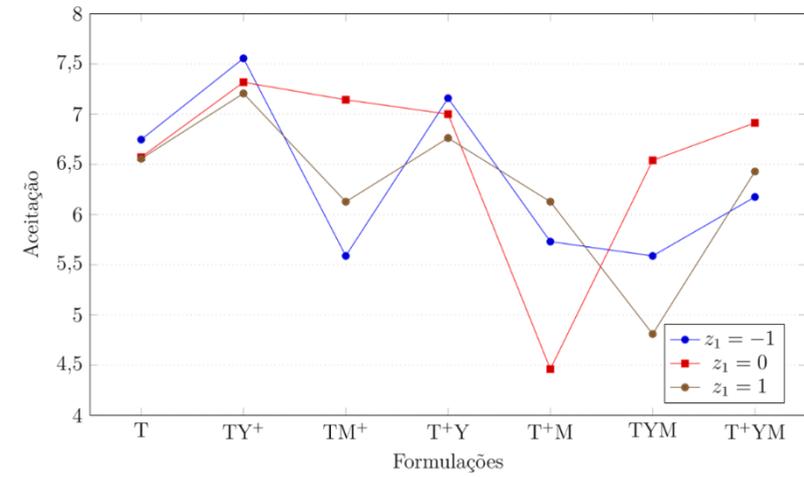
A formulação T<sup>+</sup>M(0) obteve os menores picos para textura, sabor e cor, sendo assim de maneira geral a pior formulação. Porém, deve-se considerar que essa formulação obteve valores médios de seus atributos amplos, não diferenciando significativamente de outras amostras.

Comentários dos participantes da análise como sabor forte, gosto estranho, sabor de queimado e aroma ruim estão relacionados com a presença da maca nas formulações. Por se um ingrediente exótico e pouco utilizado, a maca, não é bem aceita sensorialmente.

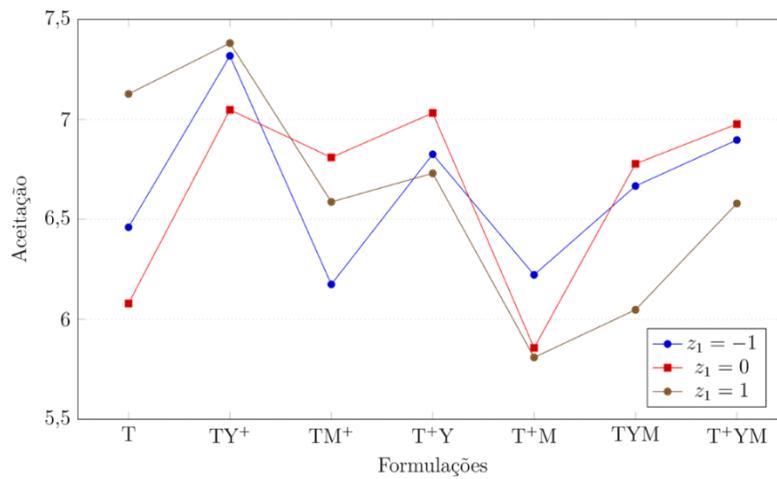
A quantidade de água sobre o efeito sensorial de cada atributo está representada na Figura 4. Como pode ser observado, a relação entre os parâmetros analisados e a variável de processo  $z_1$  não pode ser uma função linear (não é possível relacioná-la à um efeito monotônico crescente ou decrescente nos atributos avaliados), pois há cruzamento das curvas para diferentes valores de  $z_1$ . Isto confirma o uso de um modelo quadrático para avaliar o efeito da variável de processo sobre a aceitação dos bolos.



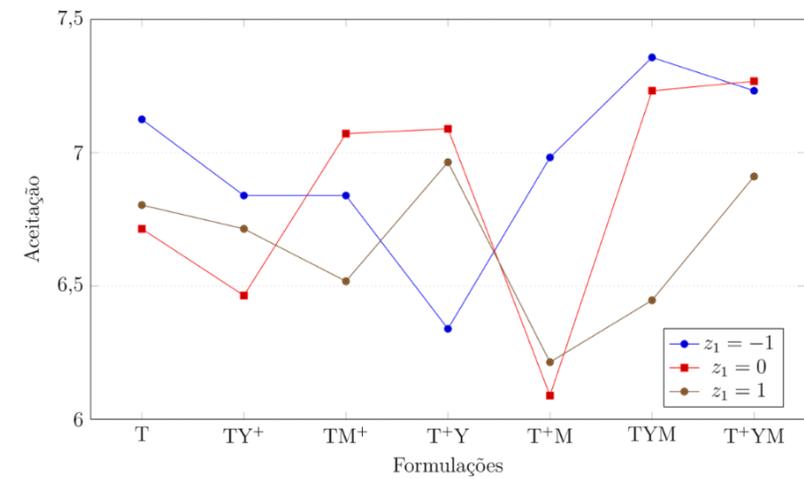
(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 4:** Efeito da quantidade de água na avaliação sensorial de (a) impressão global do bolo, (b) sabor, (c) cor e (d) textura.

### 5.2.1 Análise de Segmentação dos Provedores

De acordo com as notas de aceitação global, cada provedor pode ser representado por um vetor com 21 dimensões, onde cada dimensão representa a nota atribuída para cada formulação. Portanto, para avaliar o comportamento de cada provedor nesse espaço hiperdimensional é necessária a utilização de um método multivariado. Dessa forma, foi aplicado o método *k-means*, usando a distância Euclidiana como métrica de similaridade, para avaliar o agrupamento dos provedores em função da aceitabilidade global.

A análise de agrupamento *k-means* identificou dois agrupamentos estatisticamente relevantes dentro do universo de provedores. A disposição dos provedores de (codificados como P1 até P56) nos grupos 1 e 2 está apresentada na Tabela 3. O grupo 1 foi formado por 30 provedores (53,5%) e o grupo 2 por 26 provedores (46,43%).

Tabela 3: Agrupamento dos 56 provedores através do método *k-means*.

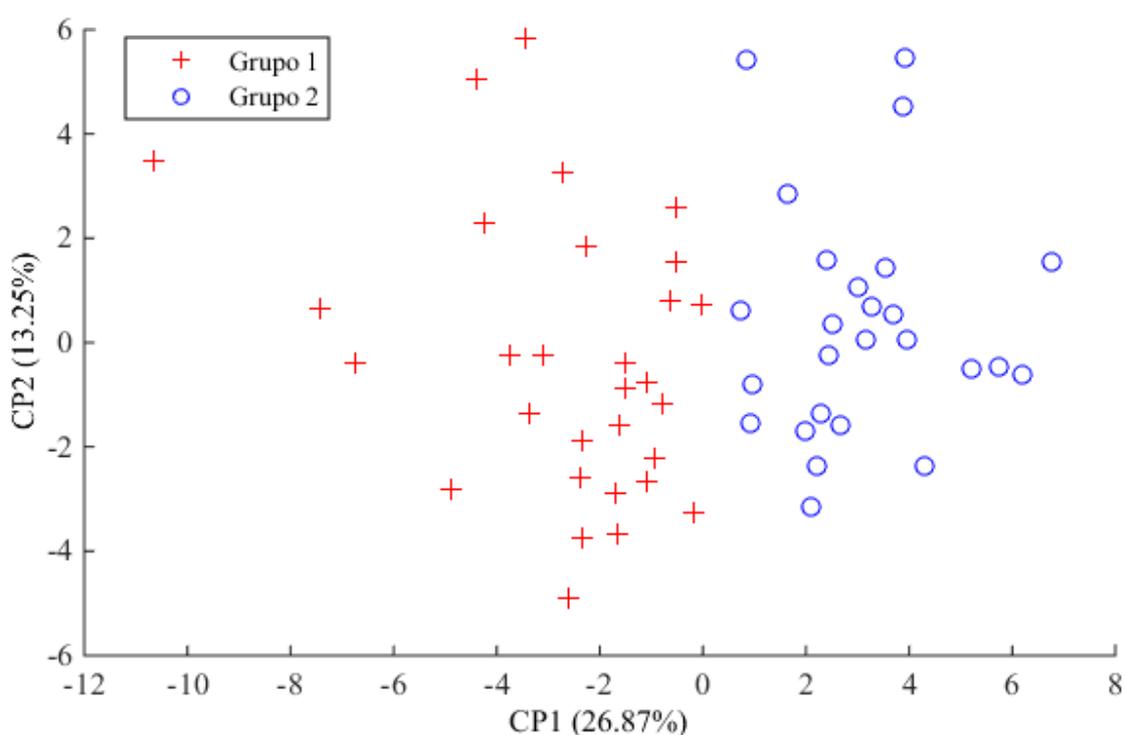
Grupo 1						Grupo 2					
P1	P2	P4	P5	P8	P10	P3	P6	P7	P9	P17	P18
P11	P12	P13	P14	P15	P16	P19	P21	P25	P27	P30	P31
P20	P22	P23	P24	P26	P28	P34	P35	P36	P37	P39	P40
P29	P32	P33	P38	P41	P46	P42	P43	P44	P45	P48	P50
P47	P49	P51	P52	P55	P56	P53	P54				

Os resultados da MANOVA para os agrupamentos (Tabela 4) mostram que o agrupamento obtido é estatisticamente significativo, pois a interação grupo\*produto possui  $p = 0,021$  (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

Tabela 4: Tabela da MANOVA para avaliar o efeito do agrupamento.

Fonte	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F	p
Produto	427,94	20	21,40	11,62	$2,88 \times 10^{-34}$
Grupo	412,80	1	412,80	224,18	$2,20 \times 10^{-46}$
Produto*Grupo	64,78	20	3,24	1,76	0,021
Resíduo	2088,12	1134	1,84		
Total	3000,32	1175			

Na Figura 5, os eixos sobre os quais os provedores são representados correspondem às duas primeiras componentes da análise de componentes principais (ACP), com uma variância total de 40,12%. Nesse gráfico fica clara a separação entre os provedores, sendo que aqueles pertencentes ao grupo 2 estão localizados no quadrante positivo e aqueles do grupo 1 no quadrante negativo da Componente Principal 1 (CP1).



**Figura 5:** Agrupamento obtido pelo *k-means* representado no eixo das componentes principais.

O método *k-means* parte de um número de grupos definidos a priori e calcula pontos que representam os centros destes grupos e que são espalhados de forma homogênea no conjunto de respostas obtidas e movidos, até alcançar equilíbrio estático.

Com a segmentação dos provedores em dois grupos, foi possível realizar o ajuste de modelos mais precisos em relação à uma análise usando a média geral. A segmentação em dois grupos também pode ser justificada pela diferença estatística entre as notas médias atribuídas para as diferentes formulações (Tabela 5). A Tabela

5 apresenta uma análise das notas médias de cada formulação, utilizando o teste de t de Student usando a segmentação dos provadores baseada na aceitação global (Tabela 3). Destaca-se que poucas formulações tiveram notas estatisticamente iguais para os dois grupos (T(-), T+Y(-), TYM(-), T+M(+)).

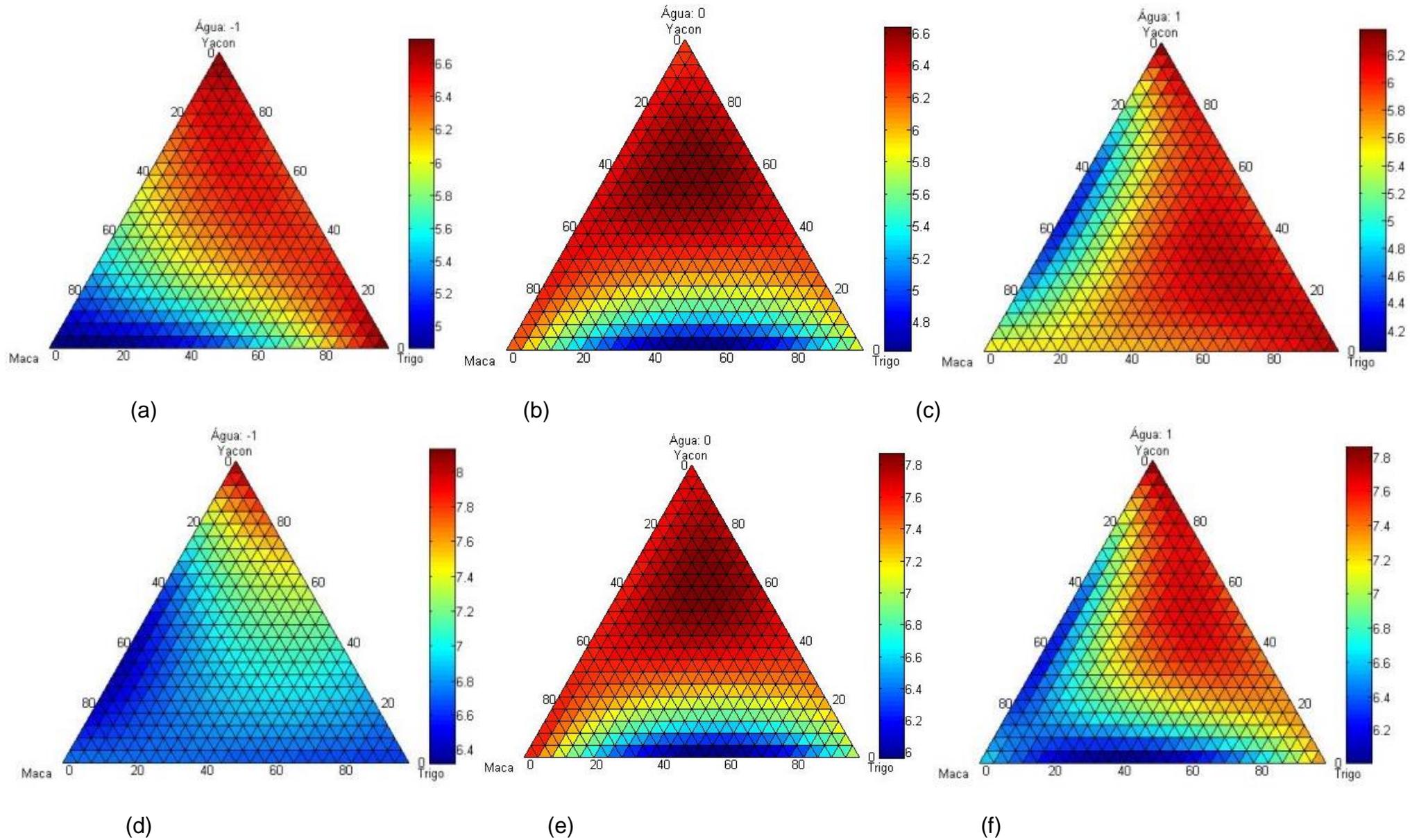
Tabela 5: Teste t para médias globais e por grupos, para o atributo impressão global.

Formulação	Geral	Experimental		Previsto	
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
T(-)	6,66 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	6,74	6,64
TY+(-)	7,36 <sup>b</sup>	6,70 <sup>c</sup>	8,12 <sup>a</sup>	6,74	8,13
TM+(-)	5,71 <sup>b</sup>	4,87 <sup>c</sup>	6,69 <sup>a</sup>	4,88	6,73
T+Y(-)	6,84 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	6,37	7,25
T+M(-)	5,95 <sup>b</sup>	5,27 <sup>b</sup>	6,73 <sup>a</sup>	5,24	6,71
TYM(-)	6,16 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	6,46 <sup>a</sup>	5,87	6,44
T+YM(-)	6,46 <sup>ab</sup>	6,10 <sup>b</sup>	6,88 <sup>a</sup>	6,17	6,92
T(0)	6,36 <sup>ab</sup>	5,80 <sup>b</sup>	7,00 <sup>a</sup>	5,78	6,98
TY+(0)	6,89 <sup>ab</sup>	6,27 <sup>b</sup>	7,62 <sup>a</sup>	6,21	7,61
TM+(0)	7,11 <sup>b</sup>	6,50 <sup>b</sup>	7,81 <sup>a</sup>	6,44	7,80
T+Y(0)	6,96 <sup>b</sup>	6,37 <sup>b</sup>	7,65 <sup>a</sup>	6,43	7,68
T+M(0)	5,21 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>	5,96 <sup>a</sup>	4,63	5,99
TYM(0)	6,77 <sup>b</sup>	6,17 <sup>b</sup>	7,46 <sup>a</sup>	6,32	7,49
T+YM(0)	7,02 <sup>b</sup>	6,48 <sup>c</sup>	7,63 <sup>a</sup>	6,33	7,56
T(+)	6,75 <sup>ab</sup>	6,27 <sup>b</sup>	7,31 <sup>a</sup>	6,24	7,32
TY+(+)	7,07 <sup>b</sup>	6,40 <sup>c</sup>	7,85 <sup>a</sup>	6,37	7,85
TM+(+)	6,07 <sup>b</sup>	5,47 <sup>b</sup>	6,77 <sup>a</sup>	5,48	6,73
T+Y(+)	6,63 <sup>b</sup>	5,90 <sup>c</sup>	7,46 <sup>a</sup>	5,94	7,45
T+M(+)	5,89 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>	5,70	6,06
TYM(+)	5,02 <sup>b</sup>	4,10 <sup>c</sup>	6,08 <sup>a</sup>	4,07	6,06
T+YM(+)	6,47 <sup>b</sup>	5,77 <sup>c</sup>	7,29 <sup>a</sup>	5,84	7,33
<b>Média</b>	<b>6,45</b>	<b>5,89</b>	<b>7,08</b>	<b>5,90</b>	<b>7,08</b>
<b>Trigo</b>	<b>6,59</b>	<b>6,26</b>	<b>6,97</b>	<b>6,26</b>	<b>6,98</b>
<b>Trigo + Yacon</b>	<b>6,96</b>	<b>6,35</b>	<b>7,66</b>	<b>6,34</b>	<b>7,66</b>
<b>Trigo + Maca</b>	<b>5,99</b>	<b>5,40</b>	<b>6,67</b>	<b>5,39</b>	<b>6,67</b>
<b>T + Y + M</b>	<b>6,32</b>	<b>5,75</b>	<b>6,97</b>	<b>5,77</b>	<b>6,97</b>

Sobrescritos iguais na mesma linha indicam médias sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

Observa-se que a avaliação dos bolos de trigo entre os Grupos 1 e 2 são bastante próximas, enquanto diferenças apreciáveis são notadas nas formulações com maca e yacon. Os provadores do Grupo 2 mostraram, particularmente, uma maior tolerância à presença da maca, cuja influência global nos bolos foi de uma menor aceitabilidade. Outra observação, de grande relevância neste estudo, é o efeito que a

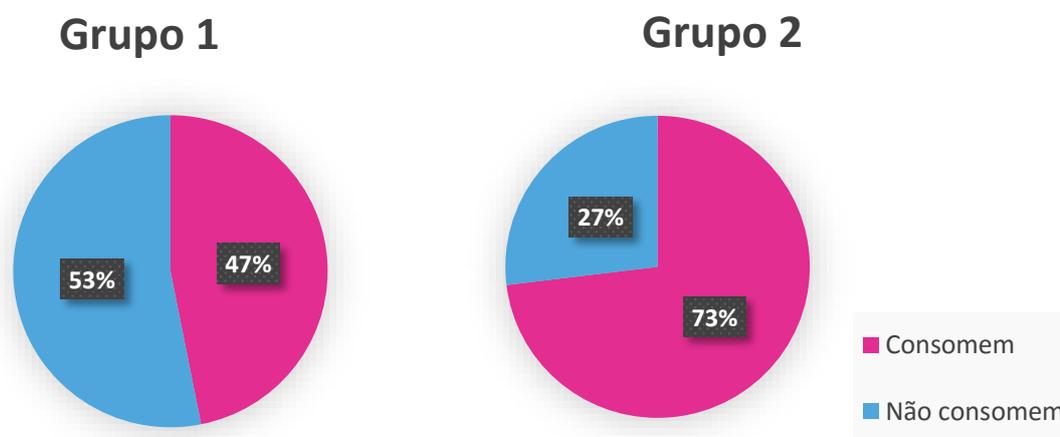
presença do yacon tem sobre a avaliação sensorial dos bolos. Não só a adição do yacon tornou os bolos mais aceitáveis, como também aumentou a tolerância à presença da maca nas composições. A influência positiva do yacon sobre a análise sensorial pode ser atribuída ao seu conteúdo de inulina e outros fruto-oligossacarídeos, cuja adição em outros tipos de alimentos gera resultados análogos aos aqui observados (GUGGISBERG et al., 2009; MENDOZA et al., 2001).



**Figura 6:** Diagramas ternários da aceitação (impressão global) para o Grupo 1 (a), (b) e (c), e para o Grupo 2 (d), (e) e (f).

A Figura 6 representa a superfície de respostas da aceitação (impressão global) para o Grupo 1, e para o Grupo 2. Analisando os diagramas observa-se que o Grupo 2 atribuiu maiores notas para as formulações contendo maca quando comparados ao Grupo 1. Os valores mínimos das escalas do Grupo 2 são maiores nos três níveis de água analisado.

A maior tolerância a maca dos integrantes do Grupo 2 pode estar relacionada ao consumo regular de alimentos integrais. Durante as análises sensoriais aplicou-se um questionário com o intuito de saber se os provadores costumavam consumir alimentos integrais. Como pode ser observado na Figura 7, 47% dos participantes do Grupo 1 responderam que sim, enquanto 73% dos integrantes do Grupo 2 afirmaram que consomem alimentos integrais regularmente. A maca tem um sabor muito característico e diferenciado e talvez por isso tenha sido mais tolerada pelo grupo 2, que tem maior adeptos ao consumo de alimentos integrais.



**Figura 7:** Gráfico médias do questionário sobre consumo de alimentos integrais.

### 5.2.2 Correlação entre os atributos sensoriais

Para compreender quais características tornam um bolo mais ou menos agradável sensorialmente foi realizada uma análise das notas médias de cada formulação (Tabela 6) usando a segmentação dos provadores baseada na aceitação global (Tabela 3).

Tabela 6: Médias gerais e por grupo para os atributos sensoriais textura, sabor e cor.

Formulação	Textura			Sabor			Cor		
	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Geral	Grupo 1	Grupo 2	Geral	Grupo 1	Grupo 2
T(-)	7,12 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,04 <sup>a</sup>	6,66 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>	6,50 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	6,20 <sup>a</sup>	6,73 <sup>a</sup>
TY+(-)	6,84 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	7,77 <sup>a</sup>	7,97 <sup>a</sup>	7,54 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	7,47 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>
TM+(-)	6,84 <sup>b</sup>	6,30 <sup>c</sup>	7,46 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>	5,07 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	6,36 <sup>b</sup>	5,77 <sup>c</sup>	7,04 <sup>a</sup>
T+Y(-)	6,34 <sup>a</sup>	6,33 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	7,18 <sup>a</sup>	7,13 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>
T+M(-)	6,98 <sup>b</sup>	6,47 <sup>c</sup>	7,58 <sup>a</sup>	5,50 <sup>a</sup>	5,47 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	5,93 <sup>a</sup>	6,65 <sup>a</sup>
TYM(-)	7,36 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	4,96 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	6,90 <sup>a</sup>	6,77 <sup>a</sup>
T+YM(-)	7,23 <sup>b</sup>	6,93 <sup>c</sup>	7,58 <sup>a</sup>	6,84 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	7,08 <sup>a</sup>	6,95 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>	7,12 <sup>a</sup>
T(0)	6,71 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	7,08 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,47 <sup>a</sup>	5,12 <sup>a</sup>	6,93 <sup>a</sup>	6,67 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>
TY+(0)	6,46 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,54 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	6,81 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>
TM+(0)	7,07 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	7,47 <sup>a</sup>	7,42 <sup>a</sup>	7,07 <sup>a</sup>	6,87 <sup>a</sup>	7,31 <sup>a</sup>
T+Y(0)	7,09 <sup>a</sup>	6,73 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,16 <sup>a</sup>	6,83 <sup>a</sup>	7,54 <sup>a</sup>	6,78 <sup>b</sup>	6,33 <sup>c</sup>	7,31 <sup>a</sup>
T+M(0)	6,09 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	6,12 <sup>a</sup>	6,89 <sup>b</sup>	6,37 <sup>c</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,09 <sup>b</sup>	6,63 <sup>c</sup>	7,62 <sup>a</sup>
TYM(0)	7,23 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	4,50 <sup>a</sup>	4,31 <sup>a</sup>	5,96 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>
T+YM(0)	7,27 <sup>a</sup>	7,15 <sup>a</sup>	7,40 <sup>a</sup>	6,41 <sup>a</sup>	6,17 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,70 <sup>b</sup>	6,33 <sup>c</sup>	7,12 <sup>a</sup>
T(+)	6,80 <sup>a</sup>	6,73 <sup>a</sup>	6,88 <sup>a</sup>	7,09 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>
TY+(+)	6,71 <sup>a</sup>	6,90 <sup>a</sup>	6,50 <sup>a</sup>	6,71 <sup>b</sup>	6,23 <sup>c</sup>	7,27 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	7,04 <sup>a</sup>
TM+(+)	6,52 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,65 <sup>a</sup>	6,50 <sup>a</sup>	6,33 <sup>a</sup>	6,69 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>
T+Y(+)	6,96 <sup>a</sup>	6,73 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	7,48 <sup>a</sup>	7,47 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>
T+M(+)	6,21 <sup>a</sup>	6,10 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	6,12 <sup>b</sup>	5,73 <sup>c</sup>	6,58 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>	6,47 <sup>a</sup>	6,92 <sup>a</sup>
TYM(+)	6,45 <sup>b</sup>	6,00 <sup>c</sup>	6,96 <sup>a</sup>	6,68 <sup>b</sup>	6,27 <sup>c</sup>	7,15 <sup>a</sup>	6,77 <sup>b</sup>	6,40 <sup>c</sup>	7,19 <sup>a</sup>
T+YM(+)	6,91 <sup>b</sup>	6,48 <sup>c</sup>	7,40 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	6,08 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,62 <sup>a</sup>
<b>Média</b>	<b>6,82</b>	<b>6,66</b>	<b>7,00</b>	<b>6,36</b>	<b>6,22</b>	<b>6,52</b>	<b>6,71</b>	<b>6,50</b>	<b>6,94</b>
<b>Trigo</b>	<b>6,82</b>	<b>6,66</b>	<b>7,00</b>	<b>6,44</b>	<b>6,32</b>	<b>6,58</b>	<b>6,74</b>	<b>6,56</b>	<b>6,96</b>
<b>Trigo + Yacon</b>	<b>6,88</b>	<b>6,78</b>	<b>7,00</b>	<b>6,35</b>	<b>6,42</b>	<b>6,27</b>	<b>6,88</b>	<b>6,68</b>	<b>7,11</b>
<b>Trigo + Maca</b>	<b>6,73</b>	<b>6,69</b>	<b>6,79</b>	<b>7,09</b>	<b>6,93</b>	<b>7,27</b>	<b>6,88</b>	<b>6,76</b>	<b>7,01</b>
<b>T + Y + M</b>	<b>6,62</b>	<b>6,36</b>	<b>6,92</b>	<b>6,31</b>	<b>6,07</b>	<b>6,58</b>	<b>6,78</b>	<b>6,48</b>	<b>7,13</b>

Sobrescritos iguais na mesma linha, para o mesmo atributo, indicam médias sem diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

Conforme verificado na Tabela 6 poucas formulações obtiveram notas estatisticamente diferentes. Para a textura foram 5 formulações (TM+(-), T+M(-), T+YM(-), TYM(+), T+YM(+)), para o sabor foram 4 (T+M(0), TY+(+), T+M(+), TYM(+)) e para cor foram 5 também (TM+(-), T+Y(0), T+M(0), T+YM(0), TYM(+)). Diferentemente da aceitação global, o efeito da segmentação não foi muito importante

para os atributos textura, cor e sabor. Assim, para as análises posteriores serão consideradas apenas as médias gerais para esses atributos.

### 5.3 Otimização

Foi realizada a otimização das formulações de bolo de chocolate utilizando o método *simplex* sequencial. Na Tabela 7 a Formulação 1 (F1) foi a de melhor aceitação para o Grupo 1, já a Formulação 2 (F2) foi a de melhor aceitação para o Grupo 2. Como objetivo desse projeto foi a incorporação da maca em bolos de chocolate, foi proposta a Formulação 3 (F3) que é uma alternativa com maior teor de maca e de razoável aceitação para os Grupos 1 e 2.

Tabela 7: Formulações otimizadas para os Grupos 1 e 2.

<b>Componente</b>	<b>Formulação 1</b>	<b>Formulação 2</b>	<b>Formulação 3</b>
Trigo (%)	49,0	35,0	43,0
Yacon (%)	37,0	65,0	25,0
Maca (%)	14,0	0,0	32,0
Água (mL)	140,0	120,0	150,4
<b>Segmento</b>	<b>Nota Prevista*</b>		
Grupo 1	6,34 – 7,04	6,21 – 7,27	6,13 – 6,75
Grupo 2	7,63 – 7,87	7,96 – 8,30	7,52 – 7,78

\* Intervalo de confiança de 95% para a nota prevista.

## 6. CONCLUSÃO

O planejamento experimental proposto, no modelo *simplex-centroid*, se mostrou bastante eficiente, com as 21 formulações testadas, foi possível obter proporções otimizadas das farinhas de trigo, yacon e maca, bem como da quantidade de água adicionada à massa.

Por meio da análise microbiológica realizada foi possível averiguar o cumprimento das condições sanitárias, o que comprova que os bolos produzidos estavam próprios para o consumo humano.

No decorrer do trabalho, foi verificado a necessidade da segmentação dos provadores em dois subgrupos devido a grande variabilidade das notas obtidas na aceitação global.

Com a otimização sobre o atributo de impressão global para o Grupo 1 e Grupo 2, obteve-se duas formulações contendo as farinhas de yacon e trigo, com quantidades de água que colaboraram para a boa aceitação global dessas formulações.

Como em um dos grupos a formulação otimizada não continha maca, foi feita uma segunda otimização com um valor mínimo de 0,25 na pseudocomponente de maca, uma vez que a proposta deste trabalho é a avaliação de bolos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de yacon e maca.

Os resultados permitiram concluir que a substituição parcial da farinha de trigo por farinhas de yacon e maca na formulação de bolo de chocolate é viável. As formulações obtidas no trabalho poderão ser utilizadas em estudos futuros para desenvolvimento de um novo produto com aceitação global razoável e que forneça ao consumidor o benefício de estar ingerindo um produto que contenha ingredientes com propriedades funcionais.

## 7. REFERÊNCIAS

ANJO, D. L. C. **Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular**. Porto Alegre: Jornal Vascular Brasileiro. v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ARCIA, P. L.; COSTELL, E.; TÁRREGA, A. **Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: optimization by response surface methodology**. Journal of Dairy Science, v. 94, n. 5, p. 2192–200, maio 2011.

BALDISSERA, Ana Carolina; BETTA, Fabiana D.; PENNA, Ana Lúcia Barretto P.; LINDNER, Juliano Dea; **Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1497-1512, out./dez. 2011.

BARROS NETO, B. DE; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BONA, E. et al. **Aplicativo para otimização empregando o método simplex seqüencial**. Acta Scientiarum. Technology, v. 22, n. 5, p. 1201–1206, 2000.

BONA, E. et al. **Difusão multicomponente durante a salga mista de queijo prato**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 2, p. 394–400, jun. 2005.

BORNET, F.R.; BROUNSL, J. F.; TASHIRO, Y.; DUVILLIER, V. **Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications**. Digest Liver Dis. Supp1.21:S111-20, 2002.

BORSATO, D. et al. **Simulation of the multicomponent diffusion during the osmotic dehydration of apple: determination of the diffusion coefficients by the simplex method**. Semina-Ciencias Agrarias, v. 31, n. 2, p. 391–403, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 12**, de dois de janeiro de 2001, que aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/451\\_97.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/451_97.htm)>.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução nº 18**, de 30 de abril de 1999. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO\\_18\\_1999.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/815ada0047458a7293e3d73fbc4c6735/RESOLUCAO_18_1999.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em: 14 out. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária (Dispoa). **Instrução Normativa nº 62**, de 26 de agosto de 2003, Diário Oficial da União, 18 de setembro de 2003 Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=6078>> Acesso em: 14 out. 2015.

BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. *Cereal Foods World*, v. 30, n. 7, p. 447–451, 1985.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de Experimentos usando o Statistica**. Rio de Janeiro: E-papers, 2003.

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

CORNELL, J. A.; DENG, J. C. **Combining Process Variables and Ingredient Components in Mixing Experiments**. *Journal of Food Science*, v. 47, n. 3, p. 836–843, maio 1982.

CORNELL, J. A. **A Primer on Experiments with Mixtures**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

CORTE, Fabiane. F. D. **Desenvolvimento de *frozen yogurt* com propriedades funcionais**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

DUTCOSKY, S. D. et al. **Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments**. Food Chemistry, v. 98, n. 4, p. 630–638, jan. 2006.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2013.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Neglected crops 1492 from a different perspective. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/t0646e/t0646e.pdf>> Acesso em: 05 out. 2015.

GAO, F.; HAN, L. **Implementing the Nelder-Mead simplex algorithm with adaptive parameters**. Computational Optimization and Applications, v. 51, n. 1, p. 259–277, jan. 2012.

GENTA, S. et al. **Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans**. Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland), v. 28, n. 2, p. 182–7, abr. 2009.

GUGGISBERG, D. et al. **Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition**. International Dairy Journal, v. 19, n. 2, p. 107–115, fev. 2009.

GUSSO, Ana Paula; MATTANNA, Paula; RICHARDS, Neila. **Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas**. Cienc. Rural [online], vol.45, n.5, pp. 912-919, 2015.

JONES, P. J. **Clinical nutrition: 7. Functional foods - more than just nutrition**. Clinical Basics, Montreal, v. 166, n. 12, p. 1555-1563, 2002.

LEITÃO, R. F. F. et al. **Estudos de duas culturas de triticales e sua aplicação em produtos de massas alimentícias (macarrão, biscoito e bolos)**. Boletim ITAL, v. 21, n. 3, p. 325–334, 1984.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. New York: CRC, 1999. 281 p.

MENDOZA, E. et al. **Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages**. Meat Science, v. 57, n. 4, p. 387–393, abr. 2001.

MINIM, V.P.R. **Análise sensorial: estudo com consumidores**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2010. 308 p.

MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 8°.ed. Campinas: UNICAMP, 1993. 93p.

MORAES, Fernanda. P.; COLLA, Luciane. M. **Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde**. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 3, n. 2, p. 109-122. 2006.

MOSCATTO, Janaína A.; FERREIRA, Sandra H. P.; HAULY, Maria Celia O. **Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate**. Ciências Tecnológica de Alimentos. Campinas, 24(4), p. 634-640, out.-dez. 2004.

NAES, T.; BROCKHOFF, P. B.; TOMIC, O. **Statistics for Sensory and Consumer Science**. Primeira e ed. Chippenhams: John Wiley & Sons, 2010.

OLIVEIRA, Jonaina C. **Abordagem Farmacológica e Terapêutica da *Lepidium meyenii* Walp. (MACA): Uma revisão de literatura**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado profissional em farmacologia clínica) - Programa de Pós-Graduação em Farmacologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

PACHECO, Maria Teresa Bertoldo; SGARBIERI, Valdemiro Carlos. **Alimentos Funcionais**. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas – SP, 2005.

PADILHA, Vivianne M; ROLIM, Priscilla M.; SALGADO, Silvana M.; LIVERA, Alda Souza; ANDRADE, Samara A. C.; GUERRA, Nonete B. **Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. Ciências Tecnológica de Alimentos, Campinas, 30(3), p. 735-740, jul.-set. 2010.

PASSOS, Luciana M.L.; PARK, Yong K.; **Frutooligossacarídeos: Implicações na saúde humana e utilização em alimentos**, Ciência Rural, Santa Maria, vol.33, n.2, 385-390, 2003.

RONDÁN-SANABRIA, G. G.; FINARDI-FILHO, F. **Physical–chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers)**. Food Chemistry, v. 114, n. 2, p. 492–498, 15 maio 2009.

ROSA, Claudia S; OLIVEIRA, Viviani R.; VIERA, Vanessa B.; GRESSLER, Camila; VIEGA, Suelem. **Elaboração de bolo com farinha de Yacon**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.6, p.1869-1872, set, 2009.

SAAD, Susana M. I. **Probióticos e prebióticos: o estado da arte**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, vol. 42, n. 1, jan./mar., Departamento de Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

SANABRIA, Gerby G. R. **Caracterização parcial de carboidratos, morfologia do grão de amido e composição centesimal de raízes de maca (*Lepidium meyenii* Walp)**. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade de São Paulo, 2005.

SANDOVAL, M. et al. **Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*)**. Food Chemistry, v. 79, n. 2, p. 207–213, nov. 2002.

SIMPSON, S. J.; PIGGOT, J. R.; WILLIAMS, S. A. R. **Sensory analysis. International**. Journal of Food and Agriculture, v. 67, n. 1, p. 61–67, 1995.

VALENTOVÁ, K. et al. **Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: in vivo safety assessment.** Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, v. 46, n. 3, p. 1006–13, mar. 2008.

WANG, Y. et al. **Maca: An Andean crop with multi-pharmacological functions.** Food Research International, v. 40, n. 7, p. 783–792, ago. 2007.

WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P. **Strategies for consumer segmentation with applications on preference data.** Food Quality and Preference, v. 15, n. 7-8, p. 681–687, 2004.

ZHA, S. et al. **Extraction, purification and antioxidant activities of the polysaccharides from maca (*Lepidium meyenii*).** Carbohydrate polymers, v. 111, p. 584–587, 13 out. 2014.