

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu*
Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

SIMONE LIMONGI

**INFLUÊNCIA DO TEMPO, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA
OBTENÇÃO DE MASSA DE PIZZA COM FERMENTAÇÃO REDUZIDA**

PONTA GROSSA
2010

SIMONE LIMONGI

**INFLUÊNCIA DO TEMPO, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA
OBTENÇÃO DE MASSA DE PIZZA COM FERMENTAÇÃO REDUZIDA**

Dissertação apresentada à banca examinadora
como requisito para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
no Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos da Universidade
Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate.

PONTA GROSSA
2010

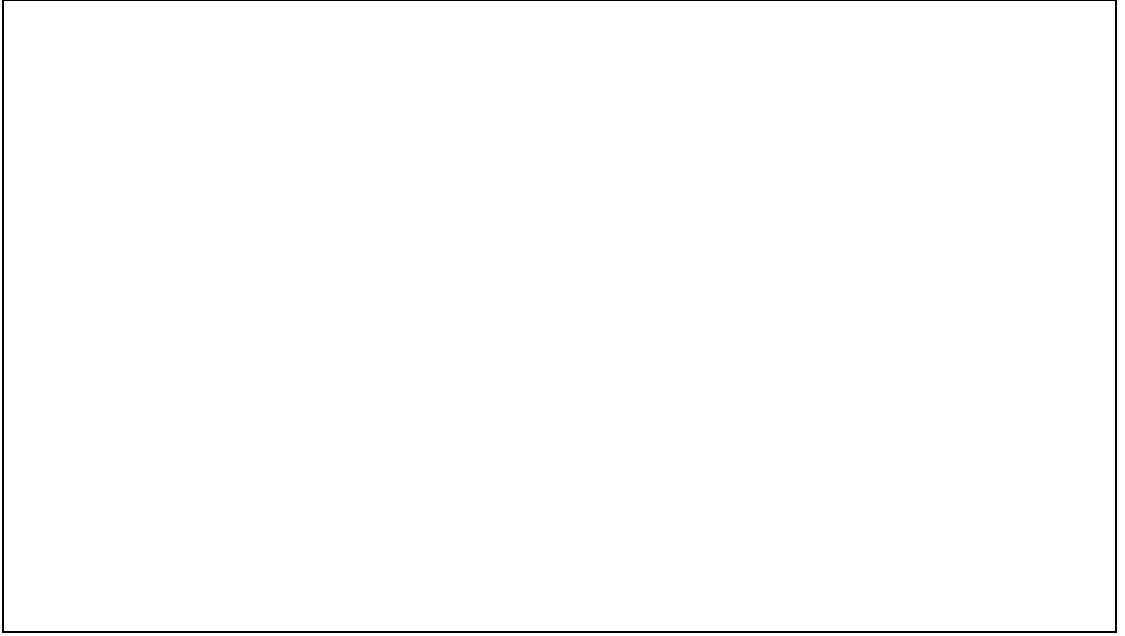
Ficha catalográfica elaborada pelo Setor Tratamento da Informação BICEN/UEPG

L734i Limongi, Simone
 Influência do tempo, temperatura e umidade relativa na obtenção
de massa de pizza com fermentação reduzida / Simone Limongi.
Ponta Grossa, 2010.
 107f.

 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos),
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
 Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate

 1. Planejamento experimental. 2. Volume. 3. Sensorial.
4. Reofermentômetro . I. Demiate, Ivo Mottin. II. T.

CDD : 644



TERMO DE APROVAÇÃO

SIMONE LIMONGI

INFLUÊNCIA DE TEMPO, TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA NA OBTENÇÃO DE MASSA DE PIZZA COM FERMENTAÇÃO REDUZIDA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador


Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate


Prof. Dr. Alessandro Nogueira (UEPG)


Profa. Dra. Deise Rosana Simões (UEPG)


Profa. Dra. Elisabete Aparecida Martins (Quality Solution)

Ponta Grossa, 10 de agosto de 2010

A meus pais
Ao meu marido
Ao meu irmão
A toda minha família
E a todos que fizeram que
este projeto se concretizasse

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dotar de persistência e força de vontade para atingir os objetivos, estando sempre presente em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais pelo apoio e por acreditar em mim, especialmente a minha mãe Lourdes pelas longas horas de correção de texto. E ao meu marido Jairo pela paciência nas ausências, apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate pela orientação, ensinamentos, incentivo, companheirismo, paciência e sugestões na orientação deste projeto, pois foram imprescindíveis para a conclusão do mesmo.

Ao Prof. Dr. Alessandro Nogueira pela participação na apresentação na elaboração do projeto, resultados parciais, qualificação e na banca com sugestões de melhoria do trabalho.

A Prof. Dra. Nelci Cattarina Chiquetto pela participação na apresentação do projeto, resultados parciais, qualificação e contribuições para o trabalho.

A Prof. Dra. Deise Rosana Simões pela grande ajuda na análise sensorial e participação da banca.

A Prof. Dra. Elisabete Aparecida Martins pela participação da banca e sugestões.

Ao Márcio Aurélio Bailoni pelo incentivo ao mestrado e pela imensurável ajuda na análise estatística e no planejamento experimental.

Ao meu irmão Renato pela força com a impressão da dissertação.

Ao Thiago Zarrilli pela ajuda com as análises reológicas no reofermentômetro.

A Danielle Sanson e Luciellen B. Auer pela grande colaboração na parte experimental.

Aos componentes da equipe sensorial, pela dedicação, empenho e disponibilidade, muito obrigada.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

Na fabricação de pizzas a produção da massa constitui uma etapa crucial para a qualidade do produto final. Fatores considerados relevantes, como aparência, sabor e textura, na identificação e aceitação pelo consumidor justificam a importância da verificação dos fatores que influenciam estas características. Em relação à escala industrial, as massas de pizza diferem em qualidade apesar da maioria dos métodos de fabricação ser semelhante. Fatores como a qualidade das farinhas usadas na formulação, processo de fermentação, temperaturas de forneamento e outros de ordem tecnológica são as principais causas da variação encontrada. Este trabalho teve como objetivo redução do tempo de fermentação de massa de pizza analisando-se o desenvolvimento por medição de volume e pelo emprego de reofermentômetro Chopin avaliando a influência das variáveis tempo, temperatura e umidade relativa do ar em um planejamento fatorial 2^3 com ponto central. A intenção foi produzir massa característica de pizza, com formação de bolhas, crocância nas bordas e maciez na massa verificando estes atributos pela metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Através de um modelo quadrático adequado constatou-se que para o aumento do volume da massa de pizza, os efeitos do tempo (t) e temperatura (T) influenciaram significativamente na resposta, porém a variável de umidade relativa do ar (UR_{ar}) não. Por intermédio da simulação em reofermentômetro, das condições de tempo e temperatura, conforme novo planejamento (2^2) confirmou-se a influência dessas variáveis na liberação de gás ($H'm$) mas não para o desenvolvimento da massa (Hm). As mesmas condições de fermentação de t e T do ponto central e dos vértices (-1,682 e +1,682) foram utilizadas para a produção de massa de pizza em processo industrial, as quais foram submetidas à análise descritiva quantitativa (A.D.Q.), aonde as amostras foram descritas por nove atributos. As amostras fermentadas a 30 ° C/36 min e 33 ° C/42 min apresentaram características desejadas de massa de pizza demonstradas pela análise de componentes principais (ACP), indicando um tempo de fermentação reduzido quando comparado ao processo convencional

Palavras-chave: planejamento experimental, volume, sensorial, reofermentômetro

ABSTRACT

In the manufacture of pizzas the production of the dough is a crucial step for the final product quality. Factors considered relevant, such as appearance, flavour and texture, identification and acceptance by consumers justify the importance of verification of the conditions that influence these characteristics. Regarding industrial scale, the pizza dough differs in quality even though most of the manufacturing methods are similar. Factors such as the quality of the flours in the formulation, fermentation, baking temperatures and other technological order are the main causes of the variation found. This study aimed to reduce the fermentation time for pizza dough analyzing development of volume measurement and the use of Chopin rheofermentometer evaluating the influence of the variables time, temperature and relative humidity in a 2^3 factorial design linear with central point. The intention was to produce characteristic dough of pizza, with bubbles, softness and crispness on the edges in the dough checking out these attributes by the method of Quantitative Descriptive Analysis (QDA). Through the appropriate quadratic model it was found that to increase the volume of pizza dough, the effects of time (t) and temperature (T) significantly influenced the response, but the variable relative humidity did not. Through simulation in a rheofermentometer, time and temperature conditions as a new experimental design (2^2), confirmed the influence of the variables time and temperature and gas release (H'm) and not for development of dough (Hm). The same fermentation conditions of the central point t and T and coding (-1.682 and +1.682) were used for the production of pizza dough's in industrial process, which were subjected to analysis of QDA, with the samples being described by nine attributes. The samples fermented at 30 ° C/36 min and 33 ° C/42 min showed the desired characteristics of pizza dough demonstrated by principal component analysis (PCA), indicating a reduced fermentation time compared to conventional process.

Keywords: experimental design, volume, sensory analysis, rheofermentometer

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Crescimento global do consumo de pratos preparados industrializados com demonstração da categoria de pizza congelada.....	19
FIGURA 2	Processo de transformação estrutural explicada pela hipótese da rede amido protéica.....	34
FIGURA 3	Mistura de ingredientes da massa.....	44
FIGURA 4	Massa após batimento em masseira.....	44
FIGURA 5	Massa homogênea e lisa após batimento.....	44
FIGURA 6	Verificação da formação de “véu” da massa.....	44
FIGURA 7	Massa inserida na proveta e pressionada com haste de vidro.....	45
FIGURA 8	Massa pressionada até 50 mL.....	45
FIGURA 9	Medição de volume após fermentação.....	45
FIGURA 10	Reofermetômetro F 3 CHOPIN.....	47
FIGURA 11	Curva típica de desenvolvimento da massa.....	49
FIGURA 12	Curva típica de liberação de gás carbônico na massa.....	50
FIGURA 13	Modelo de ficha de levantamento de atributos para aparência, odor, sabor e textura.....	51
FIGURA 14	Fatia de massa de pizza com 30 g apresentada aos provadores.....	52
FIGURA 15	Atributo aspecto de forno a lenha - pontos carbonizados.....	54
FIGURA 16	Atributo tamanho de bolha pequena (10x10mm).....	54
FIGURA 17	Atributo tamanho de bolha grande (30x30mm).....	54
FIGURA 18	Atributo porosidade da massa.....	54
FIGURA 19	Modelo da ficha de avaliação para análise descritiva quantitativa da massa de pizza.....	55
FIGURA 20	Massa após boleamento.....	57
FIGURA 21	Massa após fermentação.....	57
FIGURA 22	Massa alargada em forma de disco.....	57

FIGURA 23	Disco de massa com molho de tomate distribuído sobre superfície.....	57
FIGURA 24	Disco de massa de pizza assada e embalada em filme plástico.....	57
FIGURA 25	Processo de retirada do molho de tomate do disco de massa de pizza.....	58
FIGURA 26	Representação geométrica do planejamento da interação umidade x tempo.....	62
FIGURA 27	Representação geométrica do planejamento da interação umidade x temperatura.....	63
FIGURA 28	Valores estimados pelo modelo gerado comparado aos valores observados experimentalmente para o volume da pizza - modelo linear.....	64
FIGURA 29	Distribuição dos resíduos da diferença entre os valores estimados pelo modelo gerado e os valores observados experimentalmente para o volume da pizza - modelo linear.....	64
FIGURA 30	Valores estimados pelo modelo gerado comparado aos valores observados experimentalmente para o volume da pizza - modelo quadrático.....	67
FIGURA 31	Distribuição dos resíduos da diferença entre os valores estimados pelo modelo gerado e os valores observados experimentalmente para o volume da pizza - modelo quadrático.....	68
FIGURA 32	Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de temperatura x tempo.....	69
FIGURA 33	Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de umidade relativa x temperatura.....	70
FIGURA 34	Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de tempo x umidade relativa.....	71
FIGURA 35	Curva de desenvolvimento da massa.....	73
FIGURA 36	Curva de liberação de gás carbônica da massa.....	73
FIGURA 37	Perfil sensorial em gráfico tipo aranha das amostras de massa de pizza.....	81
FIGURA 38	Matriz de correlação dos dados das avaliações sensoriais.....	82
FIGURA 39	Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos sensoriais.....	84

FIGURA 40	Gráfico de escores da avaliação dos provadores em relação às amostras.....	84
-----------	--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Planejamento fatorial 2^3 com ponto central – modelo linear.....	46
TABELA 2	Planejamento fatorial 2^3 com ponto central – modelo quadrático.	46
TABELA 3	Parâmetros fatorial 2^2 para ensaio no reofermentômetro.....	48
TABELA 4	Definições e referencias dos atributos sensoriais.....	53
TABELA 5	Parâmetros de t e T para fermentação da massa para análise de A.D.Q.....	55
TABELA 6	Volumes das massas de pizza após fermentação - modelo linear.....	60
TABELA 7	Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para ΔV de massa de pizza – modelo linear.....	61
TABELA 8	Análise de Variância (ANOVA) para fermentação de massa de pizza - modelo linear.....	63
TABELA 9	Volumes das massas de pizza após fermentação - modelo quadrático.....	65
TABELA 10	Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para ΔV de massa de pizza - modelo quadrático.....	66
TABELA 11	Análise de Variância (ANOVA) para fermentação de massa de pizza - modelo quadrático.....	66
TABELA 12	Resposta do reofermentômetro em relação ao volume durante a fermentação.....	72
TABELA 13	Resposta do reofermentômetro em relação ao volume durante a fermentação referente ao ensaio a 30 °C.....	74
TABELA 14	Resposta de desenvolvimento de massa (Hm).....	75
TABELA 15	Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para Hm.....	75
TABELA 16	Análise de Variância (ANOVA) para desenvolvimento de massa (Hm).....	76
TABELA 17	Resposta de desenvolvimento de massa (H'm).....	76
TABELA 18	Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para H'm.....	77
TABELA 19	Análise de Variância (ANOVA) para desenvolvimento de massa (H'm).....	78

TABELA 20	Tabela de valores de P_{provador} , Comparação valor F, valor- $P_{\text{interação}}$ da análise de variância por atributo e número de provadores consensuais.....	79
TABELA 21	Média dos atributos sensoriais para amostras de massa de pizza	80
TABELA 22	Correlação das variáveis com os fatores.....	83

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO I	Fermentação alcoólica.....	28
-----------	----------------------------	----

LISTA DE SIMBOLOS

Hm	Altura máxima de desenvolvimento da massa (mm)
H'm	Altura máxima da liberação de gás (mm)
L	Extensibilidade (mm)
P	Tenacidade (mm)
T	Temperatura (° C)
t	Tempo (min)
Tx	Tempo em que a massa começa a perder CO ₂ (min)
T1	Tempo correspondente à altura máxima desenvolvimento (min)
T'1	Tempo correspondente a altura máxima de liberação de gás (min)
UR _{ar}	Umidade relativa do ar (%)
W	Energia de deformação da massa (10 ⁻⁴ J)
Δ V	Variação de volume - diferença entre o volume final e final (mL)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	HISTÓRIA DA PIZZA.....	18
2.2	CRESCIMENTO DE MERCADO DE PIZZA NO BRASIL.....	19
2.3	PROCESSO DE PANIFICAÇÃO DA MASSA DE PIZZA.....	20
2.3.1	Formulação básica da pizza.....	20
2.3.2	Ingredientes que afetam a produção da massa de pizza.....	21
2.4	INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA FARINHA.....	23
2.5	FERMENTAÇÃO.....	28
2.6	TRANSFORMAÇÃO DA MASSA PELA FORMAÇÃO DE BOLHAS.....	30
2.7	MÉTODOS DE MEDIÇÃO DA EXPANSÃO DA MASSA.....	34
2.8	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA.....	35
2.9	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	39
3	OBJETIVOS.....	41
3.1	OBJETIVO GERAL.....	41
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	41
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.1	MATERIAL.....	42
4.1.1	Ingredientes.....	42
4.1.2	Equipamentos.....	42
4.2	MÉTODOS.....	43
4.2.1	Ensaio Preliminares.....	43
4.2.2	Preparo da massa.....	43
4.2.3	Medição de volume da massa.....	45
4.2.4	Planejamento Experimental.....	46
4.2.5	Análise da Reológica da massa durante a fermentação.....	47
4.2.6	Caracterização Sensorial pela Análise Descritiva Quantitativa.....	50
4.2.7	Análise Estatística.....	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1	RESULTADOS DE MEDIÇÃO DE VOLUME- MODELO LINEAR.....	60
5.2	RESULTADOS DE MEDIÇÃO DE VOLUME- MODELO QUADRÁTICO.....	65
5.3	RESULTADO DA AVALIAÇÃO REOLÓGICA COM REOFERMETÔMETRO.....	71
5.4	RESULTADO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ).....	79
6	CONCLUSÕES.....	85
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	Anexo A – Parecer de aprovação COEP.....	94
	Anexo B – Resultados analíticos dos ensaios do reofermentômetro.....	96
	Anexo C – Gráficos de tendência dos provadores por atributo.....	104

1. INTRODUÇÃO

A pizza consiste em um dos alimentos mais difundidos no mundo, consumida nas mais diversas formas, com significativa participação nas vendas dos segmentos “*fast-food*”, de conveniência e pratos prontos (COPPOLLA et al., 1998). Produto tradicionalmente consumido em países da Europa, notavelmente na Itália, apresenta expansão em países americanos, como Estados Unidos e Brasil (WANG et al., 2005).

A indústria alimentícia, percebendo essa oportunidade de bons negócios, tem estimulado os consumidores com produtos cada vez mais práticos e diversificados. De forma geral, o segmento de alimentos prontos, no qual a pizza congelada está incluída, tem demonstrado um aumento na demanda anual e com um número cada vez maior de empresas voltadas para esta área.

Por isso a indústria, além de inovações em lançamentos de novos sabores, produtos e formas de preparo, também busca conhecer e explorar cada vez mais atributos já existentes nos produtos e valorizados pelos consumidores. Nos últimos anos a produção de pizzas apresentou aumento devido à preferência e aceitação pelo consumidor, sendo assim importante para manter o mercado.

A massa da pizza constitui uma fração significativa do produto e atributos como aparência, textura e sabor são importantes para sua aceitação e identificação pelo consumidor (WANG et al., 2005). Estes aspectos tem grande interesse para a indústria (DELAHAYE et al., 2005) e evidenciam a importância da massa para as pizzas congeladas.

O sabor e a textura de uma massa dependem do processo de produção, principalmente dos tipos e quantidade de ingredientes utilizados (PINHO et al., 2001). O processo de fabricação de pizzas inclui etapas de pesagem e mistura dos

ingredientes, preparo, divisão e moldagem da massa, fermentação, laminação, alargamento ou estampamento, adição de polpa de tomate, assamento, adição dos recheios, adição do condimento (orégano ou manjericão), congelamento e embalagem.

Com a popularização da pizza, em relação a outros produtos de forno percebe-se que a qualidade de sua massa é caracterizada pela alta variabilidade apesar da maioria dos métodos de fabricação ser semelhante. Nota-se que esta é uma área que continua ainda pouco pesquisada (LARSEN et al., 1993; COPPOLA et al., 1998), havendo escassez de trabalhos publicados após os anos 90.

Em função da grande variabilidade da qualidade das massas de pizza congeladas e pelo interesse crescente das indústrias na produção de massa de pizza com qualidade diminuindo esta variabilidade e como todo processo industrial são continuamente otimizados para redução de custo ou tempo, este trabalho visa avaliar o processo de fermentação por intermédio da medição da variação de volume da massa de pizza, verificando a influência das variáveis de tempo, umidade relativa e temperatura, utilizando planejamento experimental tanto para medição volumétrica como simulação em reofermentômetro, com o intuito de redução de tempo de fermentação. Como resposta, objetiva-se obter uma massa característica de pizza, com formação de bolhas, crocância na borda e maciez na massa verificando-se estes atributos por intermédio de análise sensorial através do método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (STONE et al., 1974; DUTOSKY, 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA DA PIZZA

Em Nápoles, na Idade Média, acreditava-se nos valores nutritivos do *lagano*, massa de espessura muito fina, assada e cortada em tiras, que ao final era cozida com verduras. Embora se tratasse do antecessor do talharim, parece que as variações sobre o *lagano* originaram o conceito de “*picea*”, que indicava um disco de massa assada com recheio na parte superior, que era servida com ingredientes baratos, por ambulantes, e a receita tinha como “matar a fome” principalmente da parte mais pobre da população. Normalmente a massa de pão recebia como sua cobertura toucinho, peixes fritos e queijo. Não muito tempo depois apareceria, pela primeira vez, em Nápoles, a palavra *pizza*. Na verdade, no Sul da Itália até hoje a idéia de pizza abrange as massas fritas e recheadas. A verdadeira personalidade da pizza, porém, só surgiu depois que a Europa conheceu o tomate, oriundo da América, descobrindo suas ricas aplicações na culinária. Finalmente, no século XVII, Nápoles começa a produzir sua pizza, atizando a imaginação e a criatividade dos padeiros que enriqueciam o prato usando azeite, alho, mussarela, anchova e os pequenos peixes “*cicinielli*” (RAYMUNDO, 2001).

O primeiro pizzaiolo da história foi Don Raffaele Espósito, proprietário de uma famosa pizzeria de Nápoles. Don Raffaele ficou famoso em 1889, quando foi cozinhar no palácio Capodimonte para os soberanos, rei Humberto I e sua rainha Margherita de Sabóia, que estavam em visita à Cidade. O pizzaiolo, para prestar uma homenagem à rainha, fez uma pizza com as cores da bandeira italiana - branco vermelho e verde. A rainha gostou tanto da pizza que Don Raffaele a batizou com o seu nome – Margherita, daí surgiu o nome e a fama da pizza (RAYMUNDO, 2001).

2.2 CRESCIMENTO DO MERCADO DE PIZZA NO BRASIL

A pizza chegou ao Brasil no final do século XX, decorrente da imigração italiana, e é considerada um dos alimentos mais populares no país e de presença obrigatória nos cardápios de restaurantes, lanchonetes e nas casas de todas as regiões brasileiras (INMETRO, 2000).

Em pesquisa realizada pelo instituto de pesquisa AC Nielsen em mercados em crescimento ao redor do mundo em 2004, três categorias pertencentes à área de produtos alimentícios preparados têm registrado crescimentos superiores a 5 %. E uma destas categorias, com aumento de 6 %, inclui as pizzas congeladas conforme demonstrado na Figura 1, e no fechamento de 2007 a categoria de pizza congelada obteve um incremento em 7,9 % (AC NIELSEN, 2007).

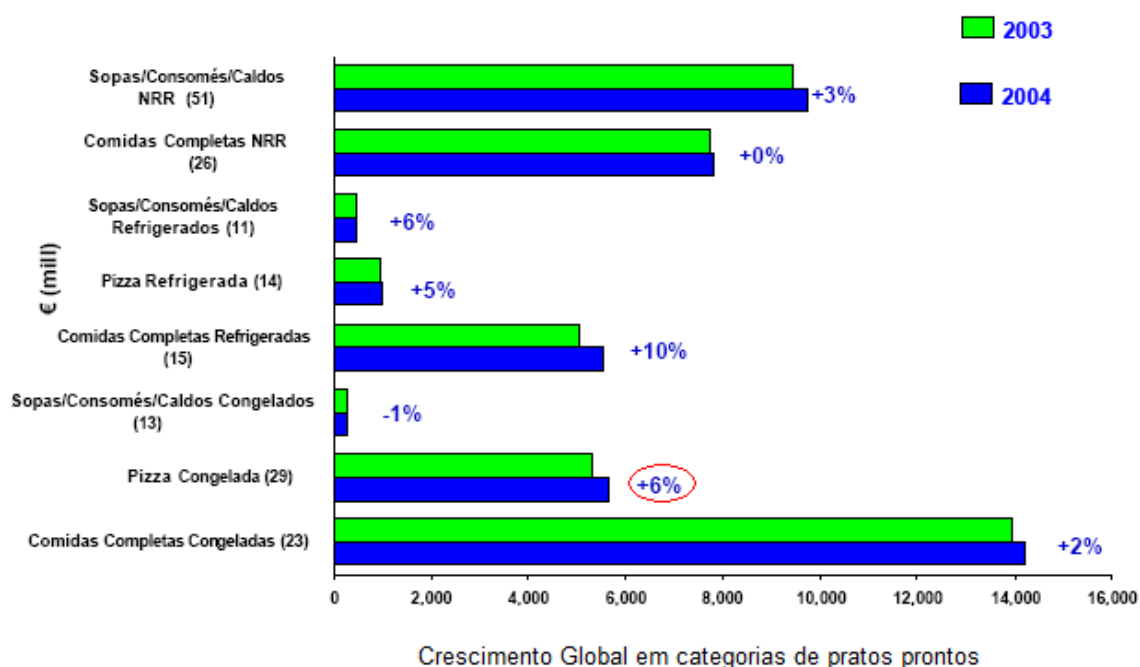


Figura 1. Crescimento global do consumo de pratos preparados industrializados com demonstração da categoria de pizza congelada. Fonte: AC Nielsen (2004)

O aumento deste consumo mundial se justifica por vários fatores, entre eles a praticidade do produto em relação ao preparo aliada ao baixo custo e sabor agradável (PINHO et al., 2001; WANG et al., 2005).

Por ser um prato que ganhou espaço na preferência do consumidor, deixando de ser exclusividade das pizzarias para ser comercializado em diversos estabelecimentos, o interesse das empresas neste mercado vem aumentando substancialmente principalmente no que se refere às pizzas congeladas. O fato desta preferência por pratos congelados se deve a escassez de tempo, conseqüente da vida moderna, que determina um número crescente de mulheres que trabalha fora e o aumento do poder aquisitivo da população, principalmente, das classes A e B. Sendo assim, o prato congelado ganhou mais espaço nos *freezers* das famílias brasileiras, em função, principalmente, de sua praticidade, pois os produtos já vêm prontos, bastando apenas fritá-los ou aquecê-los para que possam ser consumidos (INMETRO, 2000). Pesquisas mais recente indicam que cerca de 60 % do público consumidor de pizzas prontas situa-se na faixa de 13 a 25 anos e 53 % pertence à classe C devido à expansão deste mercado e do aumento do poder aquisitivo (AMIS, 2007).

2.3 PROCESSO DE PANIFICAÇÃO DA MASSA DE PIZZA

2.3.1 Formulação básica da pizza

A pizza compõe-se basicamente de uma massa de farinha fermentada biologicamente, coberta por molho de tomate, queijos e óleo, com adição ou não de outros ingredientes e orégano (LOCCI et al., 2008). O preparo da massa básica inclui ingredientes como a farinha, água, sal, açúcar e levedura (PINHO et al., 2001).

2.3.2 Ingredientes que afetam a produção da massa de pizza

Os ingredientes empregados na fabricação de uma pizza podem ser divididos em dois grandes grupos: essenciais (farinha de trigo, água, fermento biológico e sal) e não essenciais (açúcar, gordura).

- **Farinha:** Considerada como componente estrutural, é um ingrediente essencial para obtenção da massa de pizza. A farinha consiste de proteína, amido e outros carboidratos, cinzas, fibras, lipídios e uma pequena quantidade de vitaminas e enzimas (GINANNOU et al., 2003). A farinha de trigo tem proteínas - a gliadina e a glutenina - com características funcionais únicas, capazes de formar uma rede - o glúten - com propriedades viscoelásticas, e que retém o gás formado durante a fermentação. A qualidade da farinha pode interferir no produto final devido às suas propriedades, como a composição, cor, qualidade e quantidade de proteínas, capacidade de absorção da água, concentração de proteases, concentração de amilases e o tamanho dos grânulos (CETEC, 2007).
- **Água:** Ingrediente imprescindível na formação da massa, sendo que a quantidade adicionada afeta a consistência da massa. A água hidrata as proteínas da farinha de trigo tornando possível a formação da rede de glúten (BORTOLOTTI, 2009), controla a temperatura da massa, dissolve o sal e os açúcares, auxilia na dispersão das células de leveduras e atua como solvente e plastificante, permitindo que, durante o processo de cozimento da massa, ocorra o fenômeno de gelatinização do amido e “salto de forno” pela evaporação (GIANNOU et al., 2003). Em relação à qualidade da água para panificação deve-se cuidar para que seja limpa, inodora, incolor e potável com dureza intermediária (50 – 100 ppm), pH neutro a ligeiramente ácido (5,0 - 6,0) e livre de cloro, pois a presença do mesmo retarda o tempo de fermentação (QUAGLIA, 1991).

- Fermento: *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura mais comum usada em panificação. Tem como papel principal a conversão de açúcares fermentáveis (glucose, frutose, sacarose e maltose) provenientes da farinha em gás carbônico e etanol sob condições anaeróbias (GIANNOU et al., 2003). Além de produzir CO₂, gás responsável pelo crescimento da massa, o fermento exerce influência sobre suas propriedades, tornando-a mais elástica e porosa (BORTOLOTTI, 2009). A expansão do volume da massa proporciona crosta mais leve e macia e melhora o sabor, devido à produção de ácidos com o processo de fermentação (CETEC, 2007).
- Sal: Indispensável em qualquer formulação de pizza, o sal exerce duas funções principais, contribuindo para o aroma e sabor e favorecendo a ação das amilases para manter um suprimento de maltose para levedura (GIANNOU et al., 2003). Uma outra função do sal relaciona-se com as propriedades reológicas da massa, pois o sal faz com que a massa fique mais forte, ou seja, o sal aumenta a resistência à extensão do glúten, controla a ação da levedura e o volume da massa (MONDAL; DATTA, 2008).
- Açúcar: Usado pelas leveduras nos estágios iniciais da fermentação, serve como fonte de carboidratos fermentáveis, o que altera a taxa de fermentação e produz uma textura mais suave na parte interna da massa da pizza. O açúcar contribui para melhorar o sabor e o aroma da massa, reduz o tempo para escurecimento da massa e aumenta a durabilidade do produto (CETEC, 2007).
- Óleo: Os lipídios exercem nas massas uma ação física por exibirem a capacidade de se posicionarem entre camadas realizando um efeito lubrificante levando a uma maior extensibilidade da massa, facilitando sua manipulação (CETEC, 2007; BORTOLOTTI, 2009). Devido a esta capacidade os mesmos interagem com as

proteínas durante a mistura contribuindo com a viscoelasticidade do glúten auxiliando a retenção e expansão do gás durante o crescimento da massa levando a um aumento do volume, uma massa com maior maciez, umidade e crocância da borda (GIANNOU et al., 2003).

Além dos ingredientes acima, pode-se utilizar leite, que eleva o valor nutricional da pizza, aumenta a tolerância à fermentação, cria uma crosta mais clara e macia na massa e adiciona sabor ao produto. Da mesma forma, a adição de ovos proporciona liga à massa e não deixa que a mesma fique quebradiça, além de aumentar a maciez.

2.4 INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA FARINHA

A qualidade do trigo e de sua farinha depende do parâmetro de quem avalia. Para o moageiro, a qualidade significa matéria prima uniforme em tamanho e forma, alto peso específico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial. Para o panificador, a farinha de boa qualidade deve possuir alta capacidade de absorção de água, boa tolerância à mistura, glúten bem balanceado e alta porcentagem de proteínas. Para o consumidor, o trigo de boa qualidade tem capacidade de produzir pães de grande volume, com textura interna e externa adequada, miolo com cor clara e alto valor nutritivo (GUTKOSKI; JACOBSEN NETO, 2002).

A qualidade do grão de trigo pode ser definida pelos componentes genéticos das diversas variedades (QUAGLIA, 1991), como também resultado da interação que a cultura sofre no campo, pelo efeito das condições de solo, fertilização do solo, clima, da incidência de pragas, manejo da cultura, da cultivar, bem como das

operações de colheita, secagem, armazenamento, moagem e, por fim, do uso industrial a ser dado à farinha (GUTKOSKI; JACOBSEN NETO, 2002).

A farinha de trigo apresenta vários tipos de compostos, entre eles o amido (65 %), as proteínas (12 %), água e lipídios (2 %) (BORTOLOTTI, 2009).

O amido constitui-se por cadeias macromoleculares homo-poliméricas de glucose, sendo que algumas dessas macromoléculas são ramificadas - a amilopectina - e outras lineares - a amilose. Estas cadeias formam uma estrutura semicristalina, bem resistente, que se denomina grânulo (BORTOLOTTI, 2009).

O amido representa a chave para a formação da massa da pizza. Ele promove a estrutura do produto, responsável pela textura crocante da massa, e também, como resultado da ação de amilases na parcial ruptura dos grânulos, fornece açúcares para a fermentação (CORRELL, 2002).

A habilidade da farinha em formar uma massa viscoelástica, requerida para panificação, depende amplamente das propriedades físico químicas de suas proteínas, ou seja, das complexas interações entre as proteínas de reserva monoméricas (gliadinas) e as poliméricas e agregadas (gluteninas) formadoras do glúten (CAMARGO et al., 1997). A glutenina tem responsabilidade pela característica de extensibilidade e gliadina pela coesão e elasticidade da massa.

Entretanto estudos demonstram que a diferença na qualidade de panificação entre farinhas de trigo está ligada aos constituintes da farinha, pois farinhas contendo a mesma quantidade de proteína podem se distinguir na qualidade de panificação devido a alterações na proporção dos grupos de proteínas do glúten (CAMARGO et al., 1997).

O glúten formado por uma rede tridimensional proporciona as características físicas e reológicas de plasticidade, viscosidade e elasticidade importantes para a

massa (WIESIR, 2007; COSTA et al., 2008). Farinhas com baixos teores de glúten podem propiciar a obtenção de uma massa com menor absorção de água. A quantidade e qualidade do glúten determinam uma forte absorção de água e uma elevada elasticidade, sendo favorável para a retenção do dióxido de carbono durante o processo de fermentação de massas de produtos de panificação (SALES; VITTI, 1987; COSTA et al., 2008).

As propriedades desta estrutura do glúten durante a fermentação e cozimento influenciam no produto final. Há necessidade que ocorra extensibilidade suficiente para expandir sob a influência do dióxido de carbono formado durante a fermentação, dando volume à massa, e também obter um grau de resistência à extensão para permitir a retenção de sua forma. A resistência à extensão muito pequena resulta em uma massa que não retém o dióxido de carbono e o volume, enquanto o excesso resulta um volume pequeno porque a pressão do CO₂ torna-se insuficiente para expandir a massa a um volume adequado (EL-DASH, 1982; BORTOLOTTI, 2009).

Grãos de trigo com elevados teores de glúten úmido tendem a produzir as farinhas denominadas fortes, enquanto que os grãos de trigo com baixos teores de glúten úmido proporcionam a obtenção de farinhas denominadas fracas, as quais apresentam baixa elasticidade e baixo teor de proteínas, sendo utilizadas principalmente na elaboração de biscoitos e doces (FARONI et al., 2002; WIESIR, 2007; COSTA et al., 2008).

Na classificação italiana, o conteúdo protéico recomendado varia de 11 a 12 % e o glúten entre 9,5 a 11 % em base seca (FORMATTO; PEPE, 2005). Segundo Correll (2002) no preparo de produtos de panificação por fermentação de leveduras,

como massa de pizza, são utilizados farinhas com percentual de proteína de moderado a alto entre 11,0 a 14,5 % de glúten seco.

A expressão “força de farinha” (valor W) designa a maior ou menor capacidade de uma farinha em manter as características reológicas da massa, ao receber um tratamento mecânico quando misturada à água e associa-se a maior ou menor capacidade de absorver água pelas proteínas formadoras do glúten. (GUTKOSKI; JACOBSEN NETO, 2002).

Esta propriedade pode ser estudada por intermédio de um teste reológico que avalia a força ou o trabalho mecânico necessário para expandir a massa, denominado alveografia, no qual conjuntamente analisam-se características de tenacidade e extensibilidade da farinha. Os parâmetros utilizados são P e L e W (força geral do glúten), em que o P (tenacidade) indica a resistência que a massa oferece ao ser esticada, e a extensibilidade (L) demonstra a capacidade da massa em se esticar. Para os valores de P e L, deve existir uma proporcionalidade (P/L) para, associados ao valor W, expressarem um potencial adequado de panificação (GRANOTEC DO BRASIL, 2002 citado por BORTOLOTTI, 2009).

Segundo Sensidoni [200-] um valor de W alto (> 350) gera uma massa de malha glutinosa grossa e forte, e um W baixo (<250) uma massa mais fraca e frágil. Portanto, para uma massa equilibrada valor de W fica entre 250 a 350 (10^{-4} J).

Alguns autores reportam uma relação direta entre o valor de glúten úmido e o número de queda apresentado por um cereal ou farinha dele obtida (PIROZI e GERMANI, 1998; WIESIR, 2007; XU et al, 2007; COSTA et al., 2008). O número de queda, também chamado de *falling number*, avalia o efeito/atividade de alfa-amilase, bem como fornece informações sobre as propriedades viscoelásticas do amido gelatinizado de uma suspensão farinácea durante o processo de aquecimento.

O método de determinação mede liquefação do amido gelatinizado de uma suspensão de farinha aquecida em banho de água fervente. Por ação da alfa amilase, este amido se liquefaz segundo a atividade que a farinha apresenta (GRANOTEC, 1998). A estrutura do amido quando está fisicamente danificado torna-se mais susceptível à ação de amilases, tendo como consequência uma diminuição da viscosidade máxima, na gelatinização do amido, durante o aquecimento (AL-MAHANESH; RABABAH, 2007; XU et al., 2007; COSTA et al., 2008).

Os valores mais elevados de glúten úmido e número de queda encontrado para as farinhas obtidas de grãos de trigo são dois parâmetros de grande importância na caracterização da qualidade destes produtos (COSTA et al., 2008). Um valor aceitável de *falling number* de farinha para pizza situa-se em torno de 250 s [SENSIDONI, A., 200-] e conforme citado por Sanchez (2009) uma farinha panificável apresenta um *falling number* neste valor. Valores abaixo de 200 s tornam a massa excessivamente macia e pegajosa.

Conforme sugestão de Granotec do Brasil (1998) a especificação da farinha para massa de pizza deve incluir as características: glúten úmido de 25 a 30 %, glúten seco de 8 a 10 %, *falling number* entre 225 a 275 s, P/L entre 0,5 e 0,9 e W entre 150 e 200 (10^{-4} J).

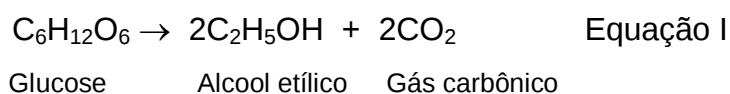
Pesquisas demonstram que farinhas de trigo importadas (classificadas como trigo melhorador) apresentam características apropriadas para utilização na fabricação de massas alimentícias, *crackers*, bem como em uma mescla com o trigo brando para a panificação. De outra forma, as amostras de farinhas nacionais (classificadas como trigo pão e brando) apresentaram propriedades tecnológicas

próprias para aplicação na fabricação de biscoitos, produtos de confeitaria, pizzas, massas caseiras e/ou de uso doméstico (COSTA et al., 2008).

2.5 FERMENTAÇÃO

Os fermentos freqüentemente usados em panificação são as leveduras prensadas comerciais que contêm cerca de 70 % de umidade e sendo altamente perecíveis se não forem mantidas sob refrigeração (GIANNOU et al., 2003). Para conseguirem energia as células de leveduras metabolizam açúcares fermentáveis da farinha, que contém 1 a 2 % desses carboidratos sendo a composição de 60 – 75 % de rafinose e glicofrutosanas e os outros carboidratos são a glucose (0,01%), frutose (0,02 %), sacarose (0,1 %) e maltose (0,07 %) (BECKER e HANNERS, 1991; OURA et al., 1982, citados por RACCACH et al., 2004), produzindo assim dióxido de carbono.

Resumidamente a fermentação alcoólica pode ser expressa na equação I (QUAGLIA,1991):



A fermentação produz também pequenas quantidades de ésteres voláteis e aldeídos que realçam o aroma e sabor da massa após o assamento (CORRELL, 2002). Durante a fermentação acontece mudança no pH da massa, sendo que para a fermentação alcoólica a massa de panificação encontra suas condições ótimas a um pH de aproximadamente 5,0 (QUAGLIA, 1991).

A temperatura exerce uma grande influência sobre a fermentação da massa sendo considerada por Therdhai et al. (2007) como um dos parâmetros chaves que afetam a atividade das leveduras e para que esta atividade seja mantida durante

todo processo de fermentação há necessidade de uma temperatura adequada. Conforme citado pelos autores, em outros estudos o processo de fermentação foi conduzido em diferentes temperaturas, de 27 a 40 °C, e indicavam que temperaturas baixas tornavam a atividade das leveduras mais lenta, resultando em uma redução na produção de gás.

Temperaturas acima dos 28 ° C são usadas para fermentações curtas de 1h - 1h 30 minutos (QUAGLIA, 1991). Autores como Siffring e Bruinsma (1993) indicam temperaturas ótimas para desenvolvimento da massa de panificação entre 30 - 46 °C com um tempo de 63 minutos, sendo que a umidade relativa também deve ser considerada, e Pyler (1973) citado por estes autores relata que tipicamente utiliza-se a faixa de 75 a 90 %. Baixa umidade relativa (UR_{ar}) produz uma superfície seca e dura na massa fermentada e alta umidade relativa (>90%) pode causar condensação resultado um superfície manchada e com descoloração.

A massa para pizza usualmente preparada com levedura prensada como “starter” (COPPOLA et. al, 1998) tem o processo de fermentação baseado em uma temperatura de 23 a 26 ° C até que o volume dobre de tamanho inicial (CORREL, 2000). Há indicações da fermentação com temperatura de 35 ° C por um período de 60 min e umidade relativa de 77 % (CLARKE e FARREL, 2000), 23 ° C com um tempo de 5 a 6 horas (COPPOLA et. al, 1998), 25 °C com um tempo de 6 a 8 horas (FORMATO e PEPE, 2005) e Wang et. al (2005) recomendam um tempo menor de fermentação, de 40 minutos, a temperatura de 25 ° C em uma massa de pizza pré-cozida por extrusão de farinha de trigo e soja.

De acordo com QUAGLIA (1991) a ação das leveduras na fermentação da massa tem três funções:

- Gerar gás carbônico em quantidade suficiente e no tempo certo para inchar a massa e torná-la macia;
- Produzir um conjunto de compostos químicos que possibilitam aos produtos de panificação aroma e sabor característico;
- Facilitar as trocas sobre a estrutura do glúten, que se conhece como maturação da massa.

2.6 TRANSFORMAÇÃO DA MASSA PELA FORMAÇÃO DE BOLHAS

O trigo é fundamental para a panificação devido à habilidade da massa produzida, a partir de sua farinha, reter gás e resultar em expansão (GAN et al., 1995). A quantidade e o volume dos alvéolos estão diretamente relacionados com a formulação e os processos utilizados (ESTELLER et al., 2005).

As etapas de processo responsáveis pela retenção de gás, pelo volume e estrutura da massa são: mistura e formação da massa, divisão e moldagem, fermentação, laminação e assamento. Estas etapas têm a finalidade de promover o desenvolvimento da massa, formação da estrutura tipo esponja na massa e estabilização da estrutura porosa pela alteração da configuração molecular de compostos poliméricos das paredes dos alvéolos pela aplicação de calor (SCANLON; ZGHAL, 2001).

A mistura promove essencialmente o contato físico entre as moléculas do glúten e os outros ingredientes da farinha, e estes adicionados a massa, levam a

energia requerida para a formação da rede de glúten e incorporação de ar (EL-DASH, 1978). Após esta etapa, a massa contém células de gás oclusas cujos diâmetros estão na escala de 10 -100 μm . O número e o tamanho das bolhas de gás têm um efeito importante no caráter final da massa, tendo grande influência os misturadores. As masseiras com baixa velocidade, tipo espiral, usadas para panificação, ocluem mais ar resultando em distribuição de poros com tamanho desigual (AUTIO; LAURIKAINEN, 1997). A fase aquosa proveniente desta etapa existe como uma dispersão discreta de alvéolos de gás em um volume semi-sólido de massa compreendido de amido, glúten e outros componentes menores (GAN et al., 1995).

A divisão e moldagem da massa modificam a estrutura do alvéolo de gás fazendo com que alvéolos pequenos estourem e unam-se com maiores. A laminação da massa é uma operação importante na produção de pães, pizzas, massas e *cookies*, pois promove distribuição dos alvéolos determinando a qualidade final da massa. Estudos de microestrutura mostraram que a laminação resulta na organização de rede da proteína da massa (AUTIO; LAURIKAINEN, 1997).

A fermentação promove a característica aerada (DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003) e para isto gera o dióxido de carbono na fase aquosa da massa que difunde da fase aquosa para o alvéolo de gás gerando assim um excesso de pressão interna que leva a força para expansão. O CO_2 não pode se difundir para fora do alvéolo porque a fase aquosa ao redor dele está saturada e esta saturação mantém-se porque a levedura continua produzindo gás carbônico (GAN et al., 1995.) O crescimento da bolha de ar depende em parte do tamanho do alvéolo. Uma maior pressão é necessária para expandir um alvéolo pequeno do que um maior, e é possível que bolhas menores não expandam completamente. Bolhas

que tenham diâmetros de apenas alguns micrômetros estão localizadas entre as bolhas grandes na matriz da massa. A estabilização do alvéolo de gás e a retenção do mesmo determinam a estrutura do miolo e o volume da massa de panificação (AUTIO; LAURIKAINEM, 1997).

Gan et al. (1995) indicaram que a integridade dos alvéolos de gás carbônico permanece pela existência de uma película líquida na interface de gás/líquido entre os alvéolos de gás carbônico, e são estabilizadas pela película líquida. Neste ponto, o filme líquido desempenha papel importante na retenção do gás carbônico. As células de gás permanecem discretas no primeiro estágio até o desenvolvimento descontínuo da matriz amido - proteína e o grau destas discontinuidades ocorrem devido às proteínas do glúten. Com aumento do tempo da fermentação, a superfície da área da película líquida aumentará.

O assamento é a última e a etapa chave na qual uma massa crua se transforma em uma massa porosa, clara, digestível e saborosa influenciada pelo aquecimento (THERDTAHI et al., 2002). Uma série de mudanças físicas, químicas, bioquímicas ocorre nesta fase como expansão do volume, evaporação da água, formação da estrutura porosa, desnaturação da proteína, gelatinização do amido, formação da casca e reação de escurecimento, *crosslinking* da proteína, derretimentos dos cristais de gordura e sua incorporação para a superfície dos alvéolos de ar, ruptura dos alvéolos de gás carbônico, fragmentações de algumas paredes das células e inativação da levedura (MONDAL; DATTA, 2008; GIANNOU et al., 2003; AUTIO; LAURIKAINEM, 1997). Estas mudanças dependem da umidade, temperatura e duração do assamento. A mudança mais relevante ao nível macroscópico refere-se à expansão das células de gás para uma rede aberta de poros (AUTIO; LAURIKAINEM, 1997). No início do aquecimento as leveduras

continuam a produção de CO₂ até sua inativação a 55 ° C (ZHANG et al., 2007, THERDTHAI et al., 2007) e este CO₂ estocado e dissolvido nas membranas da massa responsável pela expansão inicial mantêm-se na fase inicial de assamento (temperatura abaixo de 60 ° C); a expansão ainda é complementada pela evaporação da água a altas temperaturas no forno (LUCAS et al., 2007). Esta expansão termina na formação da estrutura do miolo (devido a gelatinização do amido e desnaturação da proteína) e/ou com a ruptura da membrana, transformando em uma estrutura porosa aberta (LUCAS et al., 2007).

Todo o processo de transformação estrutural da massa pode ser exemplificado na Figura 2, sendo que no final da mistura a estrutura da massa que é representada por pequenas células de ar se dispersa em uma contínua rede amido protéica. Cada discreta célula expande em resposta a produção de CO₂ durante a fermentação, e a estrutura de espuma mantêm-se por finas membranas separadas das células adjacentes no final da fermentação. Durante o assamento a gelatinização do amido induz o aumento da viscosidade de massa, resultando um acréscimo da resistência a tração na membrana, iniciando a ruptura da membrana convertendo espuma em esponja (GAN et al., 1995).

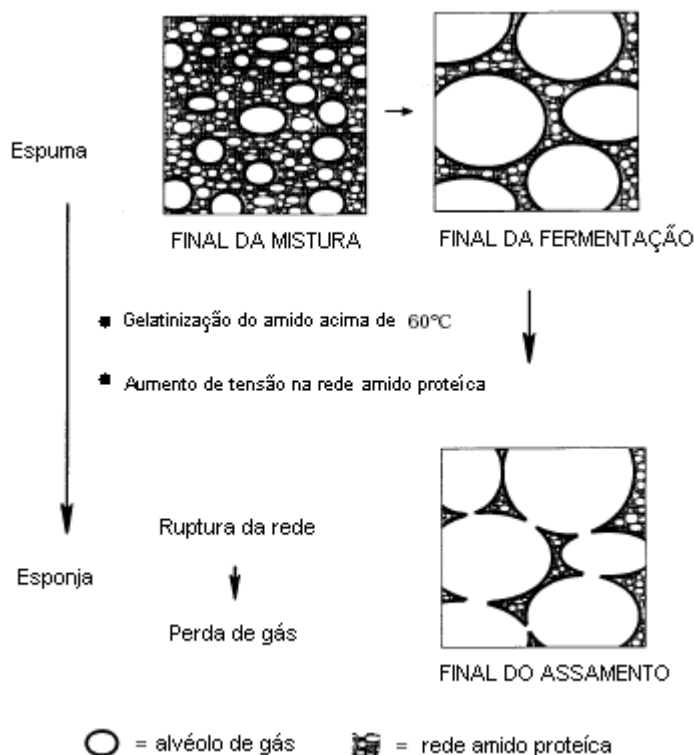


Figura 2. Processo de transformação estrutural explicada pela hipótese da rede amido proteica. Fonte: Gan et al. (1995).

2.7 MÉTODOS DE MEDIÇÃO DA EXPANSÃO DA MASSA

O método mais usado na medição de expansão da massa é a análise de volume.

Borzani (2004) determinou o volume através de um erlenmeyer de 250 mL com 120 mL da água destilada, adicionando 1,0 g de fermento prensado (partículas c/ diâmetro entre 2 - 3 milímetros) previamente desagregado. O frasco foi agitado por 5 minutos para dispersar células de leveduras do fermento. A suspensão de levedura foi lentamente adicionada a um béquer de 500 mL contendo 120 g de farinha de trigo sendo a mistura agitada por 5 minutos para obter uma massa de pão fina. Cinquenta mL da massa de pão foram colocados em uma proveta graduada de 100 mL, e então incubada a 30 ° C e o volume da massa foi medido em intervalos do tempo de 15 - 30 minutos e expressos em mL.

Gutkoski et al. (2005) utilizaram porções de massa (50 g) que foram colocadas em proveta esterilizada de 1000 mL e sobre a porção foi posicionado um peso de 3,3 g, em uma câmara de fermentação regulada na temperatura de 32 ° C e 80 % de umidade relativa do ar, realizado de acordo Rouillé et al (2000). O aumento de volume após os tempos 60, 120 e 180 minutos foi considerado como volume da massa, expresso em mL.

Peressini e Sensidoni (2009) realizaram medições da expansão da massa fermentada através de porções de 100 g de massa colocadas em provetas de vidro de 500 mL em cabine com temperatura de 37 ° C e umidade relativa de 75 % por 150 - 250 min. O volume da massa (mL) foi medido a cada 30 min até que ocorresse redução de volume.

2.8 ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (STONE et al., 1974; DUTOSKY, 2007) fornece descrições quantitativas de produtos baseadas nas percepções de indivíduos qualificados e se apresenta como uma metodologia que proporciona a obtenção de uma completa descrição das propriedades sensoriais do produto, tais como aparência, odor, sabor e textura (BATTOCHIO et al., 2006), além de contribuir para a determinação dos atributos sensoriais importantes na aceitação do produto (STONE e SIDEL,1992).

De acordo com a NBR 14140 este teste apresenta as vantagens de fornecer um perfil sensorial completo de um produto e de permitir análise estatística dos dados (ABNT, 1998).

Possui inúmeras aplicações, podendo-se citar o acompanhamento de produtos concorrentes, testes de armazenamento para verificar vida de prateleira, industrializados, entre outros (BATTOCHIO et al., 2006).

A Análise Descritiva Quantitativa permite traçar o perfil sensorial dos produtos avaliados, identificando quais as características sensoriais e em que intensidades estão presentes e como diferem entre si (BATTOCHIO et al., 2006).

Segundo Stone et al. (1974); Stone e Sidel (1992); Dutcosky (2007) e a NBR 14140 (ABNT,1998) as etapas da análise descritiva quantitativa (ADQ) envolvem:

- a. descrição de todas as propriedades sensoriais do produto;
- b. número limitado de provadores: envolve poucos participantes (10 a 12), pelo fato destes participantes serem pessoas qualificadas para a participação, baseada em suas habilidades sensoriais pelas quais foram selecionados;
- c. provadores qualificados: a seleção ocorre, preferencialmente, entre consumidores ou consumidor potencial do produto e pode ser realizada utilizando-se testes de reconhecimento dos gostos básicos, de estímulos de odor e discriminativos e com a habilidade de verbalizar as sensações. Recomenda-se uma média de 25 candidatos.
- d. habilidade de avaliar vários produtos: a avaliação de mais que um produto no teste potencializa a habilidade do provador em realizar julgamentos comparativos com alto grau de precisão;
- e. desenvolvimento da terminologia descritiva sem envolvimento do líder: geralmente os provadores trabalham em grupo, sob a direção de um líder, para assegurar que os atributos estão suficientemente entendidos por todos e que todas as características do produto foram levadas em consideração. No levantamento dos descritores e desenvolvimento da terminologia os provadores avaliam o produto e descrevem as sensações percebidas com objetivo do levantamento dos descritores

que caracterizam as amostras. Nesta etapa pode-se utilizar o método tradicional o qual oferece o produto ao provador para que o mesmo faça uma lista completa dos atributos que o caracterizam e a seguir ocorre uma discussão em grupo sob a supervisão de um líder para compor a ficha de análise que contém os termos descritores. Outro método a ser utilizado se refere ao método de rede, no qual as amostras são apresentadas aos pares ao julgador com intuito de serem listadas as diferenças e similaridades entre elas e depois se abre a discussão dos termos descritores mais utilizados para descrever as semelhanças e análises que compõem a ficha de análise.

f. treinamento realizado com os próprios produtos a serem avaliados e com os materiais de referência com apresentação de amostras representativas dos extremos da escala para cada atributo sensorial e a definição e especificação da metodologia de análise para cada atributo sensorial.

g. teste sensorial deve ser conduzido garantindo a individualidade dos atributos.

h. validade estatística e confiança dos resultados: provém do uso de técnica de avaliação apropriada (escala não estruturada) e de repetições dos julgamentos. A escala linear, ou não estruturada, fornece ao provador um número infinito de possibilidades para indicar a intensidade relativa do atributo, além de não utilizar números evitando os erros psicológicos. A utilização de repetições permite determinar a coerência do julgamento de cada provador e da equipe.

i. sistema de análise de dados: a análise de variância (ANOVA) é considerada o modelo de procedimento estatístico mais apropriado para a análise de dados descritivos, além dos testes de comparação de média, normalmente o teste de Tukey, para comparação dos resultados. Os resultados podem ser representados por intermédio de gráfico aranha e podem ser utilizadas também análise

discriminante por passos (AD), análise fatorial e análise de componentes principais (DAMÁSIO; COSTELL, 1991).

A magnitude de diferença entre produtos e a repetibilidade das notas de intensidade é obtida pela ANOVA, considerando-se o valor F e o valor p correspondente. Quanto menor o valor de p (probabilidade) das amostras, maior a diferença entre os produtos. Da mesma forma, os valores F e p dos provadores são utilizados para determinar sua capacidade discriminatória e repetibilidade. (BARNABÉ, 2006).

Stone et al. (1974) consideram que o provador contribui para a discriminação entre as amostras, em relação a determinado atributo, quando a probabilidade do valor F (p) é $< 0,05$ para este atributo.

Provadores que apresentam valor de F não significativo ($p_{F_{\text{repetições}}} \geq 0,05$) para o efeito das repetições possuem boa reprodutibilidade nos julgamentos e para valor F significativo ($p_{F_{\text{amostras}}} \leq 0,05$) apresentam poder discriminativo segundo metodologia proposta por Damásio e Costell (1991) e citado por Santana et al (2006). A capacidade discriminatória e a reprodutibilidade são características muito relacionadas; provadores com dificuldade para discriminar as amostras dificilmente terão um julgamento repetitivo. Por outro lado, provadores com boa capacidade discriminatória nem sempre são capazes de julgamentos repetitivos (DAMÁSIO; COSTELL; 1991; STONE; SIDEL; 1992). Além de capacidade discriminatória e reprodutibilidade os provadores devem apresentar concordância com os dados da equipe ($P_{\text{provadores}} \leq 0,05$) (BARNABÉ, 2006).

Os dados da ADQ são analisados através da ANOVA com três fontes de variação: amostra, provador e interação amostra-provador. Valores significativos da interação indicam que os provadores interpretaram ou avaliaram determinado

atributo de maneiras diferentes. Contudo, a ocorrência da interação é aceita, principalmente, quando as amostras são semelhantes (STONE et al., 1974; STONE; SIDEL; 1992). Há dois tipos de interação: *crossover* e de magnitude. Na interação *crossover* o provador avalia a amostra de forma oposta à equipe e este comportamento pode refletir diferença na percepção ou confusão no uso da escala pelo provador. A interação do tipo magnitude ocorre quando o provador avalia a amostra em concordância com a equipe, porém numa maior ou menor magnitude de intensidade, esta é uma interação de menores conseqüências que reflete diferenças na sensibilidade do provador e/ou uso da escala (STONE; SIDEL; 1992).

As vantagens da ADQ sobre os outros métodos de avaliações consistem na confiança no julgamento de uma equipe composta por provadores treinados, ao invés de alguns poucos especialistas; no desenvolvimento de uma linguagem descritiva objetiva mais próxima do consumidor; no desenvolvimento consensual da terminologia descritiva com implicação de maior concordância de julgamento entre provadores; e no fato de que os produtos são analisados com repetições por todos provadores e os resultados estatisticamente analisados (BEHRENS e SILVA, 2000).

2.9 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (ACP) explica a correlação ou a covariância entre um conjunto de variáveis em termos de um número limitado de variáveis latentes; e demonstra as relações existentes entre as amostras e os atributos que mais as caracterizam (FARIA e YOTSUYANAGI, 2008).

Os gráficos gerados pela combinação dos componentes principais possibilitam a visualização das relações entre os atributos e entre as amostras. Nesta

representação gráfica cada eixo explica uma porcentagem da variação total que existe entre as amostras. O primeiro eixo explica a maior parte da variabilidade entre as amostras, seguida do segundo eixo, e em vista disto, geralmente só se analisam os dois primeiros eixos (FARIA e YOTSUYANAGI, 2008).

Amostras próximas entre si são similares com relação aos atributos julgados, enquanto amostras distantes umas das outras apresentam alta dissimilaridade entre elas. Cabe ressaltar que cada amostra se localiza próxima ao descritor (vetor) que a caracteriza, ou seja, ao descritor que se apresenta em maior intensidade na amostra (MUÑOZ et al., 1996; BARNABÉ, 2006).

Guinard e Cliff (1987) citados por Barnabé (2006) descrevem que quanto menor o ângulo formado pelo vetor do atributo e o componente principal, mais o atributo contribui para a diferenciação da amostra. A repetibilidade dos provadores pode ser verificada no gráfico da ACP de acordo com a disposição das amostras.

Segundo Vannier et al. (1999) para que a repetibilidade para uma amostra seja considerada aceitável é necessário que a disposição dos pontos que representam esta amostra estejam próximos e que a superfície delimitada pelos pontos seja menor que 25 % da superfície total do gráfico.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a influência das variáveis de temperatura, umidade relativa do ar e tempo de fermentação, por intermédio de um planejamento fatorial, visando a redução do período de fermentação alcoólica na produção e qualidade de massa de pizza.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a influência das variáveis de temperatura, umidade relativa e tempo no processo de fermentação e seus efeitos através da medição de volume.
- Realizar planejamento fatorial linear e quadrático para avaliar as influências das variáveis.
- Utilizar metodologia de superfície de resposta do processo de fermentação em função das variáveis de temperatura, umidade e tempo.
- Simular as condições determinadas após avaliação do planejamento fatorial do modelo quadrático dos parâmetros de fermentação em um reofermentômetro utilizando novo planejamento experimental.
- Realizar análise sensorial para caracterização da massa de pizza através do método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para avaliar a massa de pizza característica com tempo de fermentação reduzido.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Ingredientes

Os ingredientes para elaboração da massa utilizados foram: farinha de trigo tipo 1 fortificada com ferro e ácido fólico com especificação para glúten base seca de 9,5 a 10 %, *falling number* entre 250 a 280 s, relação P/L no intervalo de 0,4 a 0,6 e W com o valor de 150 a 200 10^{-4} J, água potável filtrada com carvão ativo, fermento biológico fresco comercial, óleo de soja, sal refinado e açúcar cristal. E para o molho de tomate utilizou-se molho de tomate pronto tradicional de marca comercial.

4.1.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para o batimento da massa foram a masseira com haste tipo gancho piloto marca MFitaly (Marano Vecentino, Vicenza, Itália) com capacidade de 2 quilogramas para o experimento de medição de volume por proveta, masseira tipo AM 12 marca FAMAG Brasil (Santo André, SP) para os experimentos com o reofermentômetro e a masseira .industrial marca San Cassiano (Piedmont, Itália) para amostras de massa de pizza para avaliação sensorial.

Para a realização da fermentação foi utilizado à estufa Incubadora B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com controle de temperatura modelo MA 415 - marca Marconi (Piracicaba, SP) no caso do experimento laboratorial e o fermentador contínuo com temperatura e umidade controlada para as amostras de escala industrial. Para o assamento da massa utilizou forno contínuo com pedra refratária e o túnel de congelamento contínuo para congelamento.

Para simulação do processo de fermentação foi usado o reofermentômetro CHOPIN F3 (Tripette & Renaud, França). E para as medições de temperatura, umidade relativa e pesagens empregou-se o termômetro portátil tipo espeto modelo AK 6 marca AKSO (São Leopoldo, RS), termohigrômetro modelo AK 20 marca AKSO (São Leopoldo, RS) e as balanças eletrônica de precisão marca Marte capacidade 2 Kg (Santa Rita do Sapucaí, MG) e marca Toledo capacidade 3 Kg (São Bernardo do Campo, SP).

4.2. MÉTODOS

4.2.1 Ensaios Preliminares

Foram realizados testes em laboratório com os métodos para medição de volumes observados na revisão de literatura para avaliar as vidrarias que apresentavam melhor leitura de volume levando em consideração a praticidade.

4.2.2 Preparo da Massa

Os ingredientes da massa foram estabelecidos com base no peso da farinha (100 %). A formulação usada foi de 100 g farinha tipo 1 fortificada com ferro e ácido fólico (100 %), açúcar cristal (4 %), sal refinado (2 %), óleo de soja (3 %), fermento biológico fresco (2 %) e água potável filtrada com carvão ativo (60 - 70 %) entre 4 a 5 °C (GIANNOU et al., 2003), com algumas modificações na adição de açúcar, fermento e água. Os ingredientes foram pesados, em balança de precisão capacidade 2000 g, e adicionados conforme a Figura 3 e misturados em masseira (com exceção da água) com haste tipo gancho, marca MFItaly (Marano Vicentino, Vicenza - Italia), por 1 min em velocidade baixa para a mistura, homogeneização dos ingredientes secos e após incorporação da água ocorre o batimento da massa

com a velocidade alta por 6 a 7 minutos (LARSEN et al., 1993), até a obtenção de uma massa homogênea, lisa (Figura 4 e 5), com completo desenvolvimento do glúten, sendo avaliado ao final do batimento por intermédio da capacidade de formação, a qual pode ser observada através do alargamento da massa nas mãos até a formação de uma fina camada que não se rompe, lembrando um “véu”, conforme Figura 6. A temperatura final da massa obtida após o batimento foi registrada ao redor de 28 ° C em todas as repetições com termômetro portátil tipo espeto.



Figura 3. Mistura dos ingredientes da massa.



Figura 4. Massa após batimento em masseira.



Figura 5. Massa homogênea após batimento.



Figura 6. Verificação da formação de “véu” da massa.

4.2.3 Medição de volume da massa

As análises de medições de volume de massa foram realizadas conforme adaptação da metodologia indicada por Peressini e Sensidoni (2009) na qual foi alterado o peso da porção de massa para 50 g ao invés de 100g e volume da proveta de vidro de 500 mL para 250 mL. A massa foi dividida em porções de 50 g, moldada e colocada em proveta graduada plástica de 250 mL, depois pressionada com uma haste de vidro conectada a um disco de PVC (Figura 7) até atingir a marca de 50 mL (Figura 8). Logo em seguida a proveta foi levada para fermentação em estufa de incubadora marca Marconi com temperatura controlada. A UR_{ar} foi controlada através de termohigrômetro - ASKO e mantida pelo uso de pote plástico com 250 mL de água no interior da estufa. O volume após o tempo de fermentação foi determinado pela medição do ponto mais alto da massa (Figura 9). Os ensaios foram realizados conforme planejamento experimental que constam na Tabela 1 (modelo linear) e 2 (modelo quadrático) descritos no item 4.2.4. O resultado obtido foi a diferença do volume final em relação ao volume inicial, denominado como ΔV , indicando assim o aumento causado pela fermentação.



Figura 7. Massa inserida na proveta e pressionada com haste de vidro.



Figura 8. Massa pressionada até 50 mL.

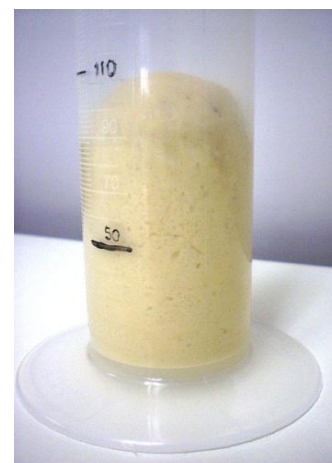


Figura 9. Medição de volume após fermentação.

4.2.4 Planejamento Experimental

Foi realizado um planejamento fatorial 2^3 com níveis de -1 e + 1 com três pontos centrais (BARROS NETO et al., 2002), no intuito de avaliar a condição mais adequada de fermentação da massa sendo a umidade relativa, o tempo e a temperatura as variáveis independentes do processo conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Planejamento fatorial 2^3 com ponto central - modelo linear.

Codificação	T (°C)	UR _{ar} (%)	t (min)
-1	28	50	32
0	30	55	36
+1	32	60	40

Com o objetivo de se obter informações mais precisas, foi realizada ampliação para o modelo quadrático utilizando a construção do planejamento em estrela, acrescentando-se ao planejamento inicial um idêntico, com novos pontos a uma distância de 1,682 unidades codificadas do ponto central, demonstrados na Tabela 2. A resposta do planejamento linear e do quadrático (variável dependente) foi o aumento do volume (ΔV) expresso em mL.

Tabela 2. Planejamento fatorial 2^3 com ponto central - modelo quadrático.

Codificação	T (°C)	UR _{ar} (%)	t (min)
-1	28	50	32
0	30	55	36
+1	32	60	40
- 1,682	27	47	30
+ 1,682	33	63	42

4.2.5 Análise Reológica da massa durante a fermentação

A reologia da massa durante a fermentação foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Czuchajowska e Pomeranz (1993); Erdogdu_Arnonoczky et al (1996) e Rossel e Collar (2009) utilizando um reofermentômetro F3 CHOPIN (Tripette & Renaud, França) (Figura 10).

As análises foram realizadas na Bunge Alimentos S.A. no laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Gaspar, SC.



Figura 10. Reofermetômetro F 3 CHOPIN.

O equipamento consiste em uma unidade gasométrica e um registrador. A unidade gasométrica compreende uma cavidade que se torna hermeticamente fechada e possui um controlador de temperatura; uma tampa com sensores ópticos, que em função do deslocamento dos pesos avalia-se o aumento do volume da massa; uma cuba móvel perfurada, que recebe a massa e permite condução dos gases formados para o sensor de pressão o qual mede a pressão produzida pelos mesmos; um suporte para quatro discos removíveis de 500 g cada, um programador eletrônico que determina as seqüências de pressão devido a um conjunto de quatro eletroválvulas (SANCHEZ, 2009).

A massa de pizza foi preparada conforme método descrito em 4.2.2, com exceção de que para o batimento da massa utilizou-se a masseira em espiral marca FAMAG. Uma porção de 315 g foi pesada, em balança de precisão com capacidade para 3000 g, e colocada na cuba móvel perfurada de fermentação, inserida na cavidade e fechada com a tampa com o sensor óptico. A temperatura e o tempo de fermentação foram escolhidos após análise estatística dos dados do modelo quadrático, e, baseando-se nestes dados foi realizado outro planejamento fatorial 2^2 com ponto central conforme a Tabela 3. A análise foi encerrada no tempo determinado conforme tabela antes do término do ponto máximo de desenvolvimento da massa e produção de gás.

Tabela 3. Planejamento fatorial 2^2 com ponto central para ensaio no reofermentômetro.

Ensaio	Codificação	t (min)	T (°C)
A	-1	30	27
B	0	36	30
C	1	42	33

Para acompanhamento do ponto máximo destes parâmetros foi realizado um experimento de 1 h e 30 min com a variável temperatura do ponto central (30 °C) para visualização das curvas obtidas pelo equipamento.

Conforme especificação do equipamento foi aplicada compressão da massa com peso de dois quilogramas com a utilização de quatro discos removíveis de 500 g. O reofermentômetro realizou medições a cada seis minutos registrando graficamente os parâmetros do desenvolvimento da massa e liberação de gás, ou seja, a produção ou a retenção de gás. As análises foram realizadas em duplicata em dias diferentes.

Os parâmetros obtidos pelo reofermentômetro foram Hm que representa a altura máxima (mm) de desenvolvimento da massa, H'm altura máxima (mm) de

liberação de gás, volume da massa total (mL), volume de retenção de CO_2 (mL) até o final do teste, volume de CO_2 perdido (mL) e o coeficiente de retenção de gás (%). Para cada ensaio, foram obtidas duas curvas: a primeira denominada como curva de desenvolvimento da massa a qual indica a altura máxima da massa obtida durante o ensaio (Hm); a segunda denominada como curva de retenção gasosa na qual é medida a pressão do gás carbônico produzido (H'm) durante o ensaio (SANCHEZ, 2009).

A Figura 11 ilustra um exemplo de curva de desenvolvimento da massa, onde constam os parâmetros altura máxima da massa em mm (Hm) e o tempo em minutos correspondente para se atingir o ponto máximo (T1).

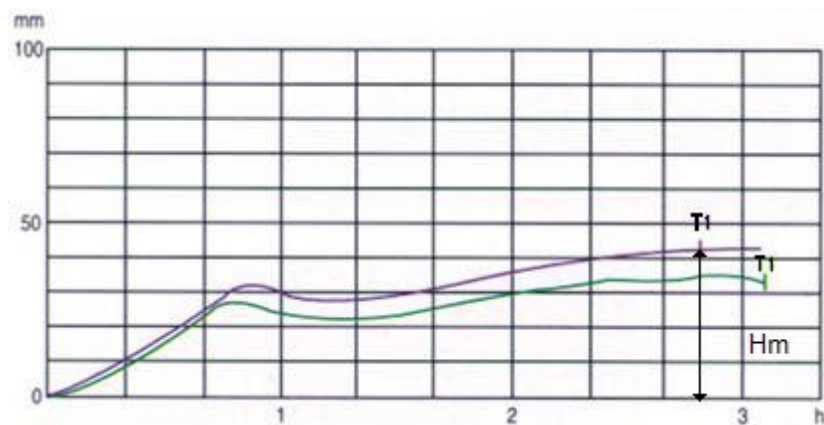


Figura 11. Curva típica de desenvolvimento da massa.

Na Figura 12 há um exemplo de curva de retenção ou liberação gasosa na qual se indica a altura relativa à pressão máxima ou altura máxima de liberação de gás carbônico em mm (H'm) da massa, o tempo correspondente (T'1) em min e o tempo em que a massa começa a perder CO_2 (Tx) em min.

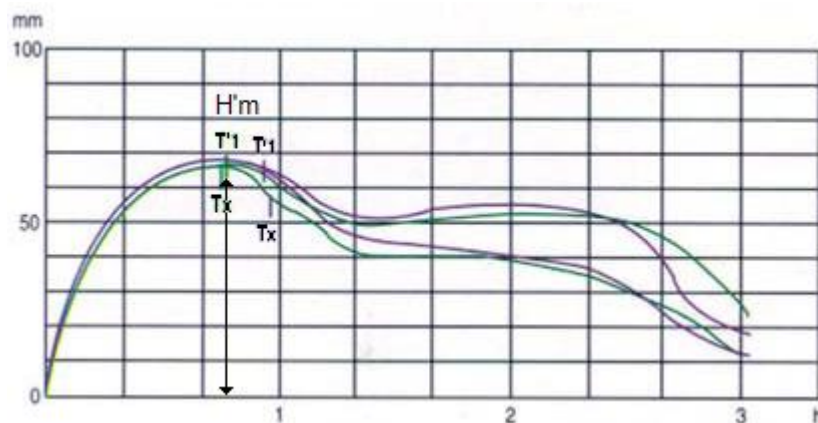


Figura 12. Curva típica de liberação de gás carbônico na massa.

O Coeficiente de retenção de CO_2 (%) é obtido pelo cálculo da razão entre o volume retido e o total realizado pelo equipamento (SANCHEZ, 2009).

As respostas do planejamento experimental 2^2 para análise estatística baseiam-se no desenvolvimento da massa (H_m) e liberação de gás ($H'm$) e os resultados das análises foram avaliados pela verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0,05$), análise de variância (ANOVA).

4.2.6 Caracterização Sensorial pela Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Para a avaliação sensorial dos produtos em estudo foi aplicado o método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) descrita por Stone et al. (1974) e pela ABNT (1998), visando identificar, descrever e medir a intensidade das principais sensações relativas à aparência, aroma, sabor e textura percebidas nas amostras (BATTOCHIO et al., 2006).

Para o desenvolvimento deste projeto houve análise e emissão de parecer favorável de Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Ponta Grossa com parecer nº 003/09 de protocolo nº 16083/08 (anexo A).

- Equipe de provadores

A avaliação sensorial da massa de pizza foi realizada por provadores previamente selecionados em equipes sensoriais, considerando seu desempenho em testes de reconhecimento de odor e gostos básicos e que já realizam análise sensorial do produto. A equipe empregada foi formada por dez pessoas sendo três homens e sete mulheres com idades variando de 22 a 44 anos.

- Desenvolvimento de terminologia descritiva.

A lista dos termos descritivos sensoriais da massa de pizza foi gerada pelo método de rede tradicional (DUTCOSKY, 2007), através de modelo de ficha de levantamento de atributos (Figura 14) (GARRUTI et. al, 2003), e foram realizadas duas sessões para caracterização das amostras.

FICHA DE LEVANTAMENTO DE ATRIBUTO	
Nome:	_____ Data: __/__/__ .
Você está recebendo uma amostra para analisar Aparência, Odor, Sabor e Textura,. Descreva as características que você percebe no produto:	
APARÊNCIA:	
ODOR:	
SABOR:	
TEXTURA:	

Figura 13. Modelo de ficha de levantamento de atributos para aparência, odor, sabor e textura.

Os provadores receberam amostras de massa de pizza para descrever perfil das amostras com relação à aparência, odor, sabor e textura. As porções de massa para cada ensaio foram aquecidas em forno convencional a 200 ° C por 10 minutos e servidas em porções de 30 gramas em prato de cerâmica, conforme a Figura 14, em cabines individuais.



Figura 14. Fatia de massa de pizza com 30 g apresentada aos provadores.

As amostras foram apresentadas aos provadores na forma monádica, sendo solicitado que avaliassem as amostras descrevendo todas as características percebidas em cada amostra. Após cada um ter gerado seus próprios termos, uma discussão em grupo sob a supervisão de um líder foi realizada, com o objetivo de agrupar os termos descritivos semelhantes escolhidos em consenso pela equipe sensorial (SANTANA et al, 2006).

Nesta etapa foi elaborada uma lista de definições dos termos descritivos (atributos) para caracterizar as amostras, bem como suas definições e referências para determinar as extremidades mínimas e máximas de cada uma das escalas conforme a Tabela 1. Foram definidos nove atributos para descrever o produto: aspecto de forno a lenha, cor da superfície da borda, presença de bolha, tamanho de bolha, porosidade da massa, odor da massa, sabor da massa, maciez da massa e crocância da borda. As intensidades foram obtidas pelo consenso da equipe através da avaliação de amostras e simulações de intensidade.

Tabela 4. Definições e referências dos atributos sensoriais de massa de pizza.

Atributos sensoriais	Definições	Referência
Aparência		
1. Aspecto de forno a lenha	Presença de pontos carbonizados na borda e verso da massa	Pouco= pouca qtde de pontos carbonizados Muito= muitos pontos carbonizados - pizza assada 2 vezes no forno industrial
2. Cor da superfície da borda	Intensidade da cor caramelo/dourada na superfície da borda	Clara= cor caramelo claro - pizza pouco assada Escura= cor caramelo escuro - pizza assada 2 vezes no forno a lenha industrial
3. Presença de bolha na borda	Elevação de ar na borda da massa	Ausente= ausência de bolhas de ar na borda da massa - massa de pizza sem bolhas Muito= presença de muitas bolhas de ar na borda da massa – massa de pizza com presença de mais de 10 bolhas na borda
4. Tamanho de bolha na borda	Predomínio do tamanho das bolhas (altura x largura) na maior parte da pizza	Pequenas = bolhas de 10 x 10 mm Grandes = bolhas de 30 x 30 mm
5. Porosidade da massa	Estrutura de poros do miolo da massa e borda (Figura 18)	Desuniforme = poros aleatórios de diversos tamanhos - pão italiano Uniforme = densa estrutura de poros - mini-pizza resfriada marca Amábile
Odor		
6. Odor da massa	Intensidade de odor característico de massa de pão (farinha+fermento)	Crua= massa com odor de massa - massa crua fermentada Assada= massa com sabor de assado - massa pré-assada e assada em forno doméstico a 200°C por 10 min
Sabor		
7. Sabor da massa	Intensidade de sabor característico de massa de pão (farinha+fermento)	Crua= massa com sabor de massa - massa crua fermentada Assada= massa com sabor de assado - massa pré-assada e assada em forno doméstico a 200°C por 10 min
Textura		
8. Maciez da massa	Sensação de leveza ao morder	Pouco= pouca leveza ao morder - pão sírio Muito= muita leveza ao morder - pão de forma marca Nutrella
9. Crocância da borda	Sensação crocante da borda ao morder	Ausente= sem sensação crocante ao morder - massa pré-assada. Muito= muita crocância ao morder - massa assada no forno doméstico a 200°C por 15 min.

As Figuras 15 a 18 exemplificam os atributos de aspecto de forno a lenha, tamanho de bolha e porosidade da massa citados na Tabela 4.

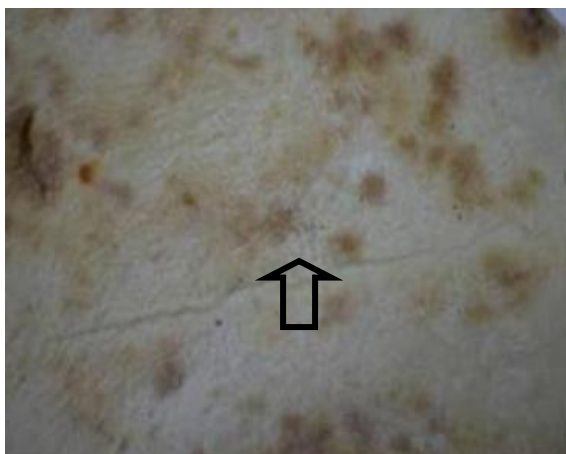


Figura 15. Atributo aspecto de forno a lenha - pontos carbonizados.



Figura 16. Atributo tamanho de bolha pequena (10x10mm).



Figura 17. Atributo tamanho de bolha grande (30x30mm).

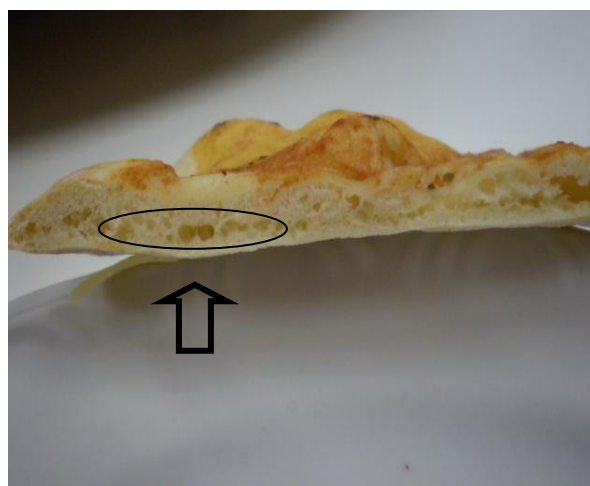


Figura 18. Atributo porosidade da massa.

Em conjunto com a tabela de definições foi elaborada a ficha de avaliação sensorial que contemplava as características sensoriais escolhidas da massa avaliada. A escala empregada foi não estruturada de 9 cm ancorada nos extremos com termos que expressam intensidade (0: menor intensidade; 9: maior intensidade) para aparência, odor, sabor e textura da massa de pizza (LARSEN et al., 1993), conforme a Figura 19.

FICHA DE AVALIAÇÃO	
Nome: _____	Data: : __/__/__ .
Código: _____.	
Por favor, avalie um dos atributos abaixo, indicando com traço vertical, o ponto de escala que melhor quantifique a intensidade de cada atributo	
APARÊNCIA	
1. Aspecto de Forno a lenha	
 pouco	 muito
2. Cor da superfície da borda	
 clara	 escura
3. Presença de bolha na borda	
 pouco	 muito
4. Tamanho de bolha na borda	
 pequena	 grande
5. Porosidade da massa	
 Desuniforme	 uniforme
ODOR	
6. Odor da massa	
 crua	 assada
SABOR	
7. Sabor da massa	
 crua	 assada
TEXTURA	
8. Maciez da massa	
 pouco	 muito
9. Crocância da borda	
 ausência	 muito
COMENTÁRIOS:	

Figura 19. Modelo da ficha de avaliação para análise descritiva quantitativa da massa de pizza.

- Treinamento dos provadores

Os dez provadores foram submetidos a cinco sessões de treinamento nos extremos das escalas para cada atributo. As massas de pizza foram apresentadas juntamente com a ficha de avaliação, cujo modelo está demonstrado na figura 19.

- Preparo da massa de pizza

A massa foi preparada conforme descrito no item 4.2.2 utilizando masseira com haste tipo gancho industrial marca San Cassiano, e depois dividida em porções com peso aproximado de 250 gramas, “boleada” (Figura 20) e fermentada em fermentador contínuo conforme a Tabela 5 baseado no ponto central e nos pontos codificados do modelo quadrático.

Tabela 5. Parâmetros de t e T para fermentação da massa para análise de A.D.Q.

Ensaio	t (min)	T (°C)
A	42	27
B	36	30
C	42	33

Depois de fermentada (Figura 21) a massa foi aberta na espessura de 0,5 cm e alargada até atingir o diâmetro de 25 cm (Figura 22), em seguida adicionado 50 gramas de molho de tomate, o qual foi espalhado, no meio da pizza (Figura 23). O molho de tomate deve ser distribuído na superfície da massa antes do assamento com o objetivo de que a mesma não infle no forno e não fique semelhante a um pão sírio. Posteriormente foi levada a um processo de pré-assamento em forno contínuo a gás, em base de pedra refratária a uma temperatura de 300 ° C. Após assamento passou por congelamento em túnel de congelamento contínuo por 35 minutos até o atingir a temperatura de -12 ° C como em um processo industrial, sendo embalada e selada em filme plástico (Figura 24), e posteriormente as amostras foram estocadas a -18 °C em freezer até o momento da análise.



Figura 20. Massa misturada após boleamento.



Figura 21. Massa após fermentação.



Figura 22. Massa alargada em forma de disco.



Figura 23. Disco de massa com molho de tomate distribuído sobre superfície.



Figura 24. Disco de massa de pizza assada e embalada em filme plástico.

- Preparo das amostras

As amostras foram descongeladas por 10 minutos antes de serem preparadas. Após descongelamento, o molho de tomate foi retirado da superfície da massa com uma colher conforme Figura 25, com o intuito de diminuir a influência nos atributos odor e sabor de massa assada.



Figura 25. Processo de retirada do molho de tomate do disco de massa de pizza.

A amostra foi primeiramente avaliada inteira após descongelamento em relação ao item aparência, sendo que para os itens odor, sabor e textura foram avaliados após assamento em forno convencional com o tempo de preparo de 10 minutos a 200 ° C. A definição desta avaliação foi baseada no fato que a aparência deveria ser avaliada antes do assamento em forno convencional para que estes atributos não fossem alterados por esta etapa.

Após assamento em forno convencional marca Dako, o disco de massa foi cortado em pedaços com o peso aproximado de 30 gramas, servidos em pratos cerâmicos aos provadores dentro de 15 a 20 minutos, devido à rápida mudança que ocorre nas características de textura após a saída do forno (LARSEN et al., 1993).

- Avaliação das amostras

Todas as sessões de análise sensorial foram realizadas em cabines individuais, sob temperatura controlada (25 ± 1 ° C) e luz branca. Foi utilizado o delineamento em blocos completos, usando-se a técnica de apresentação monádica, ou seja, uma de cada vez. A ordem de apresentação foi alternada, de forma a evitar vício nos resultados (DUTCOSKY, 2007). Aos provadores foi solicitado que avaliassem as amostras de acordo com a escala proposta no modelo de ficha de avaliação. As amostras foram avaliadas em três sessões.

4.2.7 Análise Estatística

Os resultados dos ensaios foram avaliados pela verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0,05$), análise de variância (ANOVA) utilizando as planilhas para cálculo de planejamentos experimentais disponibilizadas no site <http://lqta.iqm.unicamp.br/portugues/downloads.html> e os gráficos de superfície de resposta pelo programa Statistica 7.0 (StatSoft[®], USA).

Os resultados da ADQ foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando-se o programa Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Corporation, USA) - Análise de Dados, conforme descrito por Ferreira et al. (2000), Teste de Tukey a 5% de significância para a comparação entre as médias e Análise de Componentes Principais (ACP) realizada através do programa Statistica 7.0 (Statsoft[®], USA). Para facilitar a visualização do perfil das amostras foi construído um gráfico tipo "aranha" para comparação dos ensaios (SANTANA et al., 2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DE MEDIÇÃO DE VOLUME - MODELO LINEAR

Os resultados de variação de volume (ΔV) na panificação são influenciados pela farinha utilizada e para minimizar esta influência foi utilizada a mesma farinha para o grupo de experimentos.

Na Tabela 6 é apresentada a média dos resultados obtidos, em duplicata, para o volume das massas a partir dos experimentos realizados com a combinação dos fatores tempo, temperatura e umidade relativa do ar.

Tabela 6. Volumes das massas de pizza após fermentação - modelo linear.

Planejamento				Resposta	Estimada
Ensaio	t (min)	Ur _{ar} (%)	T (°C)	Δv Média (mL) y	$\hat{y}$
1	-1	-1	-1	56,0	55,4
2	1	-1	-1	70,0	69,4
3	-1	1	-1	72,0	71,4
4	1	1	-1	77,0	76,4
5	-1	-1	1	68,0	67,4
6	1	-1	1	85,0	84,4
7	-1	1	1	64,0	63,4
8	1	1	1	69,0	68,4
9	0	0	0	68,0	69,5
10	0	0	0	69,0	69,5
11	0	0	0	67,0	69,5

Na Tabela 7 são apresentados os efeitos lineares dos parâmetros e suas interações na avaliação do volume da massa; os valores com asterisco indicam que o fator ou interação é significativo para um nível de confiança de 95 % ($p \leq 0,05$).

Segundo Lopes et al. (2007) o efeito estimado indica o quanto cada fator influi na resposta estudada, pois quanto maior o seu valor em módulo, maior é a sua influência. Um efeito positivo indica que o aumento da variável provoca um aumento na resposta, e o negativo indica que para o aumento da variável ocorre uma diminuição da resposta.

Tabela 7. Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para ΔV de massa de pizza - modelo linear.

Variáveis		Efeitos	Erro	p
	Média	69,545 ±	0,302	2E-05
Tempo t*	1	10,250 ±	0,701	0,005
Umidade UR	2	0,750 ±	0,701	0,400
Temperatura T	3	2,750 ±	0,701	0,060
Interação t x UR*	12	-5,250 ±	0,701	0,0187
Interação t x T	13	0,750 ±	0,701	0,400
Interação UR x T*	23	-10,750 ±	0,701	0,004
Interação t x UR x T	123	-0,750 ±	0,701	0,400
Nível de significância (α)				0,05

$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$ onde $x_1 = t$, $x_2 = UR_{ar}$, $x_3 = T$
 (t) tempo (min) e (T) temperatura (°C)
 (*) Significativo para $p \leq 0,05$

Diante disto, pode-se observar que, para o aumento do volume de massa de pizza, que o efeito linear do tempo (t) influenciou significativa e positivamente na resposta, porém as variáveis de umidade (UR_{ar}) e temperatura (T) não apresentou influência significativa. Resultado semelhante, para massa de pão de forma, foi obtido por Gutkoski et al. (2005) no qual o tempo de fermentação influenciou a produção de gás de forma crescente. Outros termos significativos foram as interações de tempo (t) x umidade (UR_{ar}) e umidade (UR_{ar}) x temperatura (T) que afetaram negativamente o aumento de volume. Resultado oposto ao obtido por Therdthai et al. (2007) que realizaram estudo com massa baseada em farinha de arroz e obtiveram um crescimento mais rápido com o aumento da umidade relativa (UR_{ar}) de 70 para 90 % indicando que o tempo de fermentação poderia ser reduzido entre 13 a 17 minutos dependendo do nível de UR_{ar} , porém a faixa utilizada foi diferente da estudada neste trabalho.

Como existem efeitos de interações significativos, os efeitos principais devem ser analisados conjuntamente para uma melhor visualização (BARROS NETO et al., 2002) para isto foi realizada uma interpretação geométrica das interações conforme demonstrado nas Figuras 26 e 27.

Examinando a representação gráfica da Figura 26 conclui-se que, aumentando o tempo obtém-se um aumento de volume, maior quando utilizada a umidade relativa do ar de 50 % do que a 60 % (+15,5 contra +5). O acréscimo da umidade sob um mesmo tempo leva a um menor aumento de volume da massa (ΔV); no ensaio de 32 min e com o tempo de 40 minutos o efeito foi negativo, levando a uma diminuição de volume.

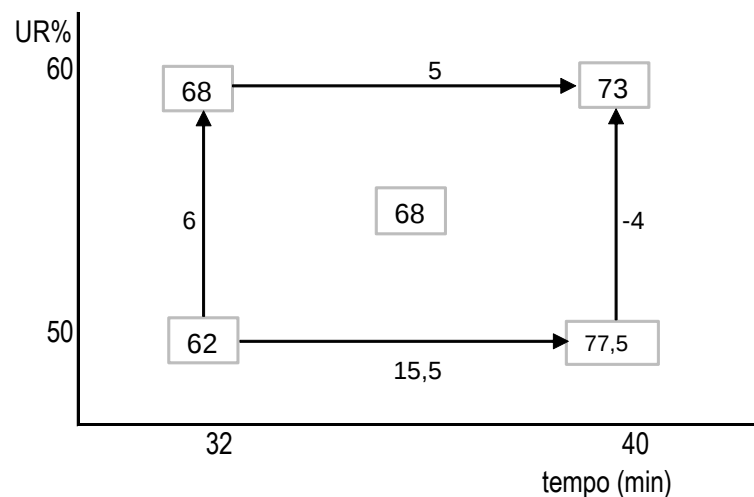


Figura 26. Representação geométrica do planejamento da interação UR x t.

Verificando-se a representação gráfica da Figura 27 conclui-se que aumentando a temperatura em 4 ° C obteve-se um acréscimo de volume (+11,5) quando utilizada a umidade relativa do ar de 50 %. O aumento da umidade relativa do ar leva a um acréscimo significativo de volume da massa na temperatura de 28 °C (+13,5) e no caso de uma temperatura de 32 ° C o efeito foi negativo (-8).

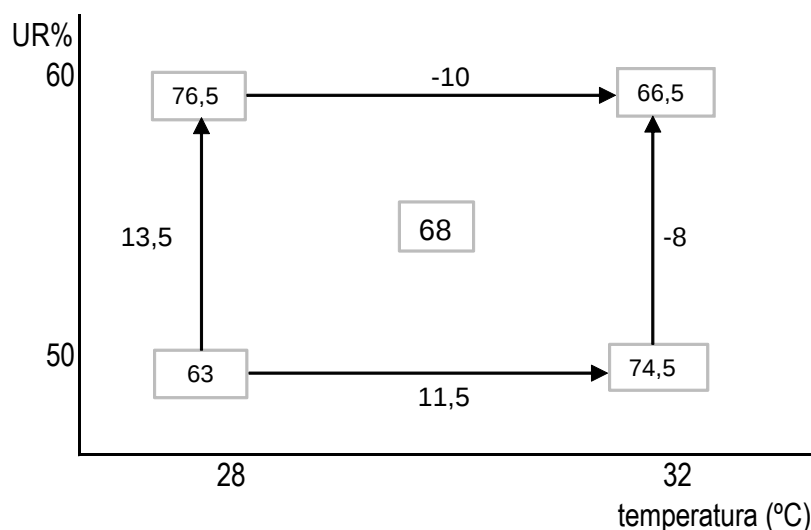


Figura 27. Representação geométrica do planejamento da interação UR x T.

Uma orientação a ser tomada por ambas as representações geométricas é que, se fixada a umidade relativa do ar em 50 % com variação de tempo e temperatura de -1 para +1, será obtido o maior ΔV possível, sendo confirmado pelo ensaio nº 6, que consta da Tabela 6.

A Análise de Variância mostrada na Tabela 8 indica que o modelo de regressão gerado foi significativo em nível de confiança de 95 % ($F_{\text{calculado}}$ para regressão maior que o F_{tabelado} , e ainda $F_{\text{calculado}} = 2,09 \times F_{\text{tabelado}}$) e com R^2 igual a 0,977, evidenciando que o modelo explicou 97,7 % dos dados experimentais. A falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ para falta de ajuste menor que o F_{tabelado}), conforme Teófilo e Ferreira (2006), e isto demonstra que o modelo está bem ajustado aos dados experimentais.

Tabela 8. Análise de Variância (ANOVA) para fermentação de massa de pizza - modelo linear.

FV	SQ	GL	MQ	Fcalc.	Ftab	p
Regressão *	514,88	7	73,55	18,618	8,89	0,018
Resíduos	11,852	3	3,951			
F. Ajuste	9,852	1	9,852	9,852	18,51	0,088
Erro Puro	2	2	1			
Total	471,16	10				
% variação explicada				0,977	R^2	
% máx. de variação explicável				99,62		

(*) Significativo para $p \leq 0,05$

Na Figura 28 consta à correlação entres os valores estimados pelo modelo e os valores observados como resposta dos ensaios.

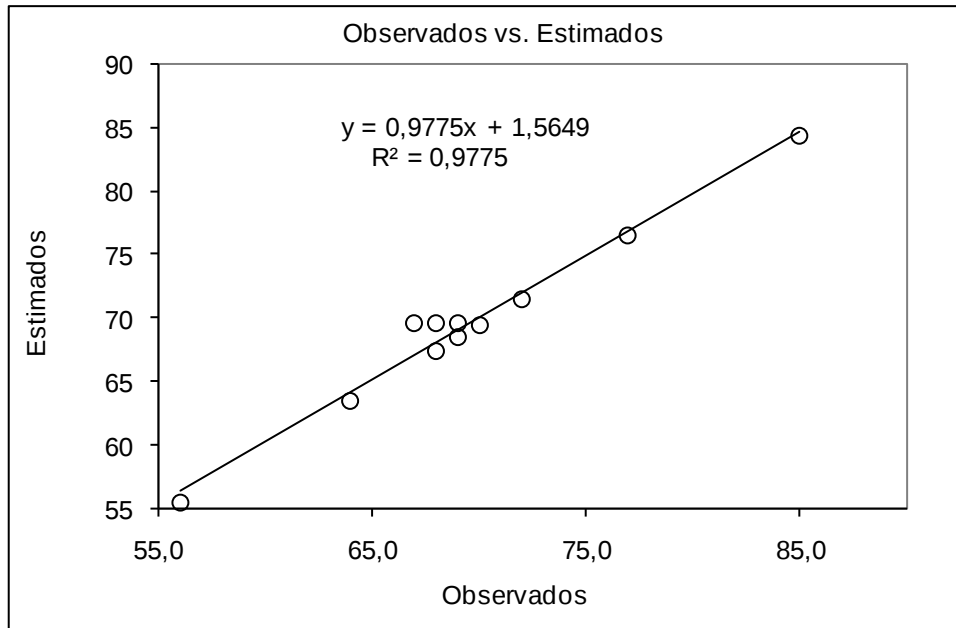


Figura 28. Valores estimados pelo modelo gerado comparado aos valores observados experimentalmente para o volume da pizza – modelo linear.

A Figura 29 disponibiliza a distribuição de resíduos em relação a resposta dos itens observados.

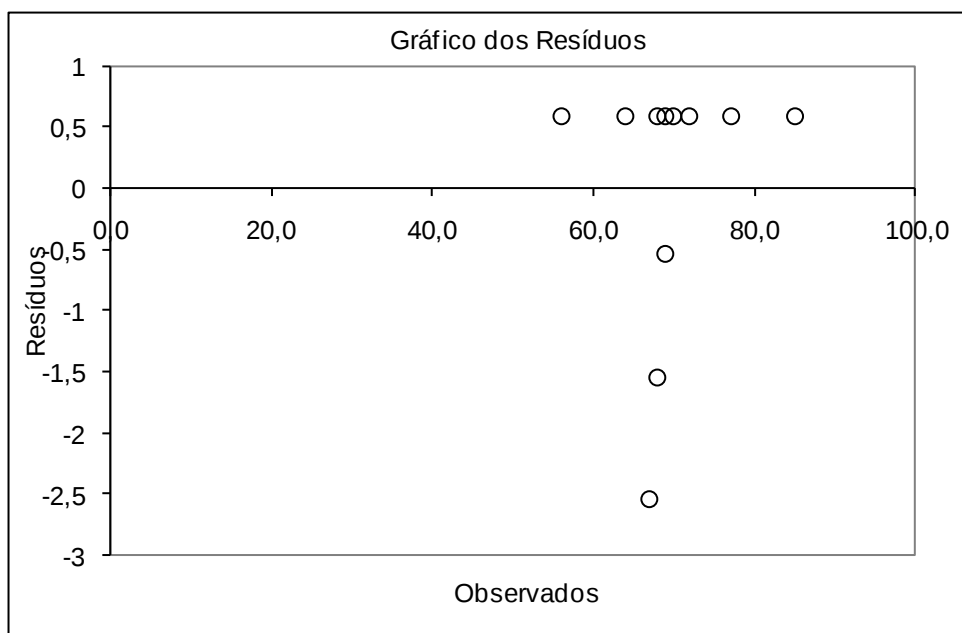


Figura 29. Distribuição dos resíduos da diferença entre os valores estimados pelo modelo gerado e os valores observados experimentalmente para o volume da pizza- modelo linear.

Os dois gráficos representados pela Figura 28 e 29 não indicam uma aleatoriedade dos dados, demonstrando que o modelo linear não é adequado necessitando ampliá-lo para o quadrático conforme explicação de Barros Neto et al. (2002) e Teófilo e Ferreira (2006).

5.2 RESULTADOS DE MEDIÇÃO DE VOLUME - MODELO QUADRÁTICO

Na Tabela 9 é apresentada a média dos resultados dos experimentos (duplicatas) obtidos da combinação dos fatores tempo, temperatura e umidade relativa em relação ao volume no modelo quadrático, sendo realizadas três repetições do ponto central.

Tabela 9. Volumes das massas de pizza após fermentação - modelo quadrático.

Planejamento				Resposta	Estimada
Ensaio	t (min)	Ur _{ar} (%)	T (°C)	Δv Média (mL) y	$\hat{y}$
1	-1	-1	-1	56	57,6
2	1	-1	-1	70	72,3
3	-1	1	-1	72	73,6
4	1	1	-1	77	77,7
5	-1	-1	1	68	70,2
6	1	-1	1	85	86,4
7	-1	1	1	64	64,7
8	1	1	1	69	70,3
9	-1,682	0	0	63	60,8
10	1,682	0	0	80	78,0
11	0	-1,682	0	71	68,0
12	0	1,682	0	69	67,9
13	0	0	-1,682	77	74,7
14	0	0	1,682	81	79,1
15	0	0	0	68	68,2
16	0	0	0	69	68,2
17	0	0	0	67	68,2

Na Tabela 10 são apresentados os efeitos quadráticos dos parâmetros e suas interações na avaliação do volume da massa.

Tabela 10. Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para ΔV de massa de pizza - modelo quadrático.

Variáveis		Efeitos	Erro	p
	Média	68,238	± 0,576	7,1E-05
Tempo t*	1	5,0958	± 0,271	0,003
Umidade UR	2	-0,027	± 0,271	0,931
Temperatura T*	3	1,298	± 0,271	0,041
Interação t x t	11	0,415	± 0,298	0,298
Interação UR x UR	22	-0,116	± 0,298	0,735
Interação T x T*	33	3,066	± 0,298	0,009
Interação t x UR*	12	-2,625	± 0,354	0,018
Interação t x T	13	0,375	± 0,354	0,400
Interação UR x T*	23	-5,375	± 0,354	0,004
Nível de significância (α)				0,05

$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2$ aonde $x_1 = t$ e $x_2 = T$
 (*) Significativo para $p \leq 0,05$ (t) tempo (min) e (T) temperatura (°C)

No modelo quadrático observa-se que, para o aumento do volume de massa de pizza, os efeitos do tempo (t) e temperatura (T) influenciaram significativamente na resposta, porém a variável de umidade não. Outros termos significativos foram tempo (t) x umidade (UR_{ar}) e umidade (UR_{ar}) x temperatura (T) que afetaram negativamente o aumento de volume. A interação temperatura (T) x temperatura(T) mostrou um efeito positivo significativo para aumento de volume. Verifixou-se que os parâmetros tempo e temperatura apresentaram maior influência no volume da massa de pizza.

Tabela 11. Análise de Variância (ANOVA) para fermentação de massa de pizza - modelo quadrático.

FV	SQ	GL	MQ	Fcalc.	Ftab.	p
Regressão*	784,75	9	87,194	12,160	9,7	0,00168
Resíduos	50,193	7	7,1704			
F. Ajuste	48,193	5	9,6386	9,638	19,3	0,09666
Erro Puro	2	2	1			
Total	834,94	16				
% variação explicada				0,939	R^2	
% máx. de variação explicável				99,760		

(*) Significativo para $p \leq 0,05$

A Análise de Variância mostrada na Tabela 11 indica que o modelo de regressão gerado foi significativo ($F_{\text{calculado}}$ para regressão maior que o F_{tabelado} , e ainda $F_{\text{calculado}} = 1,25 \times F_{\text{tabelado}}$) e com R^2 igual a 0,939, evidenciando que o modelo explicou 93,9 % dos dados experimentais.

A falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ para falta de ajuste menor que o F_{tabelado}), conforme Teófilo e Ferreira (2006), e isto demonstra que o modelo está bem ajustado aos dados experimentais, devido a R^2 estar próximo de 1, a equação de regressão ser estatisticamente significativa e valor baixo de falta de ajuste indicam que o modelo quadrático é satisfatório.

Na Figura 30 pode ser observado o gráfico de correlação entre os valores estimados pelo modelo e os valores observados, e na Figura 31 a distribuição de resíduos. Na Figura 30 os pontos apresentam distribuição ao acaso próximos a linha, e a Figura 31 indicam uma aleatoriedade dos dados, confirmando a inexistência de tendência na distribuição dos valores estimados pelo modelo. Desta forma, de acordo com explicação de Barros et al. (2002) e Teófilo e Ferreira (2006) o modelo é adequado.

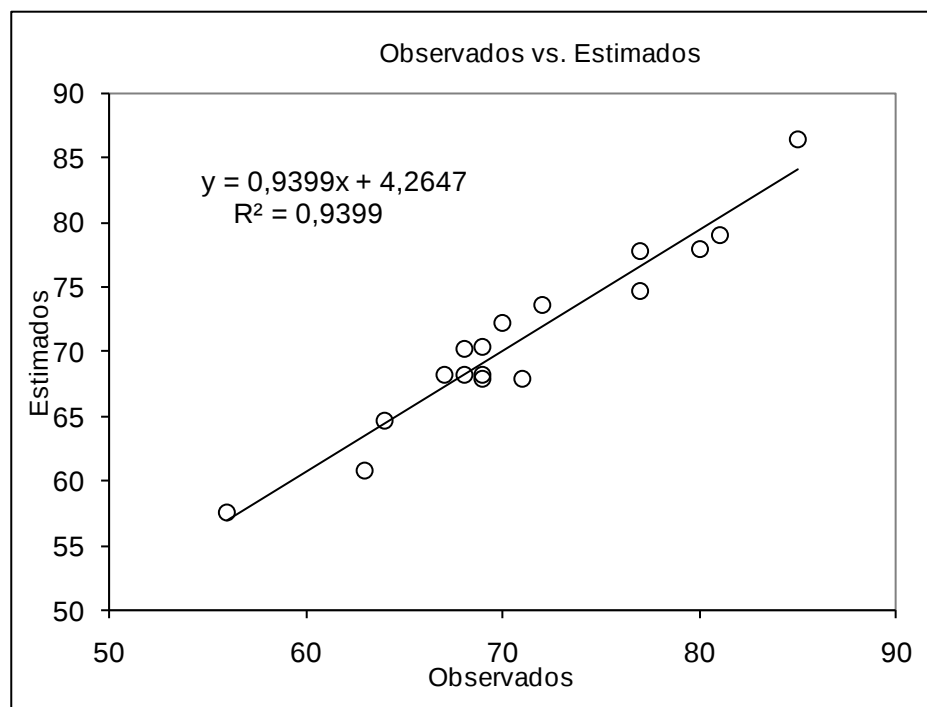


Figura 30. Valores estimados pelo modelo gerado comparado aos valores observados experimentalmente para o volume da pizza – modelo quadrático.

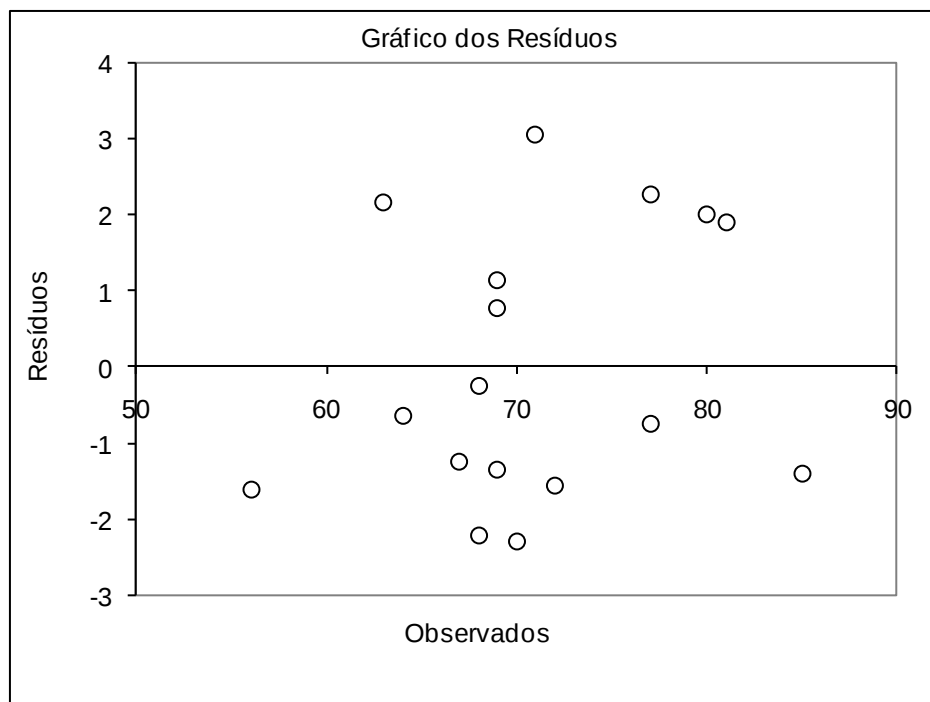


Figura 31. Distribuição dos resíduos da diferença entre os valores estimados pelo modelo gerado e os valores observados experimentalmente para o volume da pizza – modelo quadrático.

As Figuras 32 a 34 representam os gráficos de superfícies de resposta quadráticas obtidas através do modelo proposto, a variação de volume da massa de pizza em função da interação de tempo x temperatura, umidade relativa do ar x temperatura e tempo x umidade relativa do ar. A superfície de resposta quadrática e as curvas de nível confirmam as análises de efeitos, permitem visualizar a variação da resposta para cada parâmetro estudado, possibilitam a pesquisa de duas variáveis simultaneamente e a determinação das regiões máximas de aumento de volume da massa de pizza.

Na Figura 32 constata-se que o ΔV obtido aumenta de acordo com incremento do tempo confirmando o efeito positivo significativo do mesmo, tanto efeito linear como no quadrático. Este aumento pode ser observado mesmo com temperatura de $-1,682$ (27°C) para $+1,682$ (33°C), indicando que o tempo ideal para maiores volumes foi de 42 minutos. De acordo com as curvas de níveis, não

houve interação significativa entre a temperatura e o tempo, apesar de apresentar efeito positivo com um resultado de 0,375 verificado na Tabela 10.

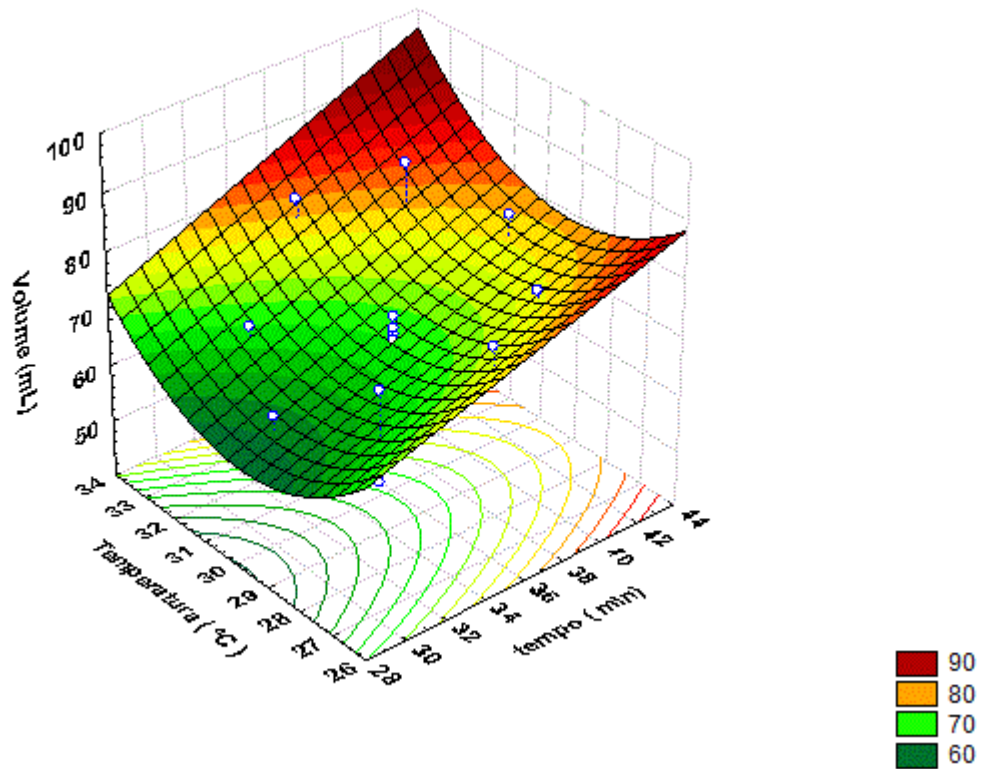


Figura 32. Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de temperatura x tempo.

Na Figura 33 há evidência do efeito de interação negativa entre umidade relativa do ar e temperatura que pode ser observado aumento de umidade resultou em diminuição de volume (ΔV).

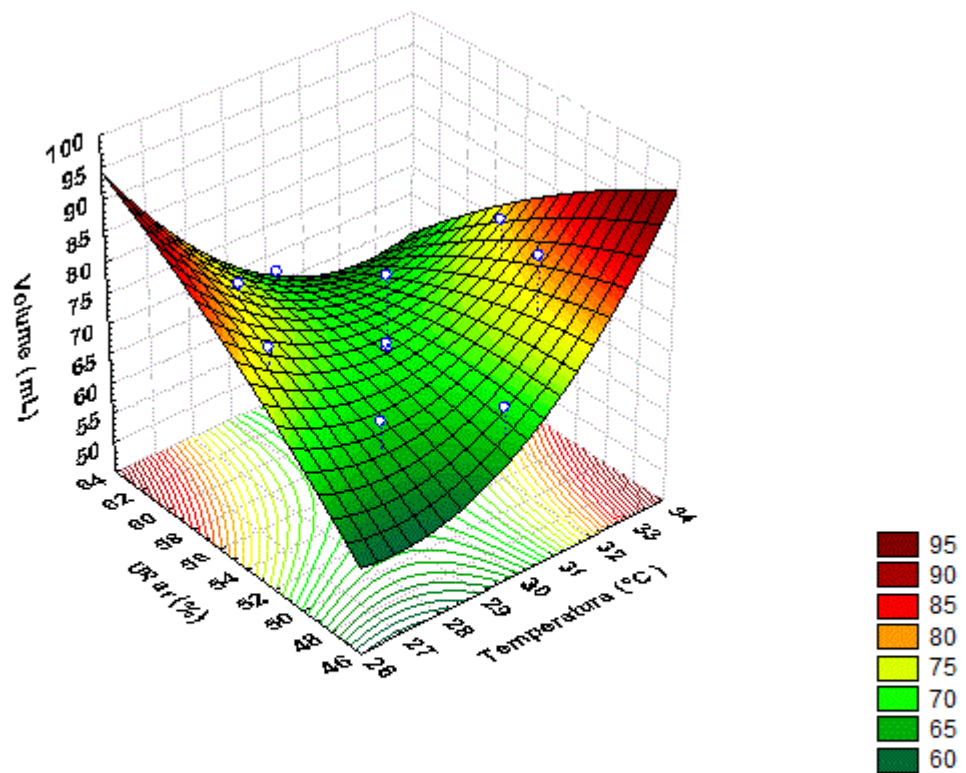


Figura 33. Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de umidade relativa x temperatura.

Na Figura 34 observa-se que os maiores volumes são obtidos com tempos maiores dos ensaios realizados (42 min), independente da variação de umidade relativa de -1,682 (47 %) para +1,682 (63 %).

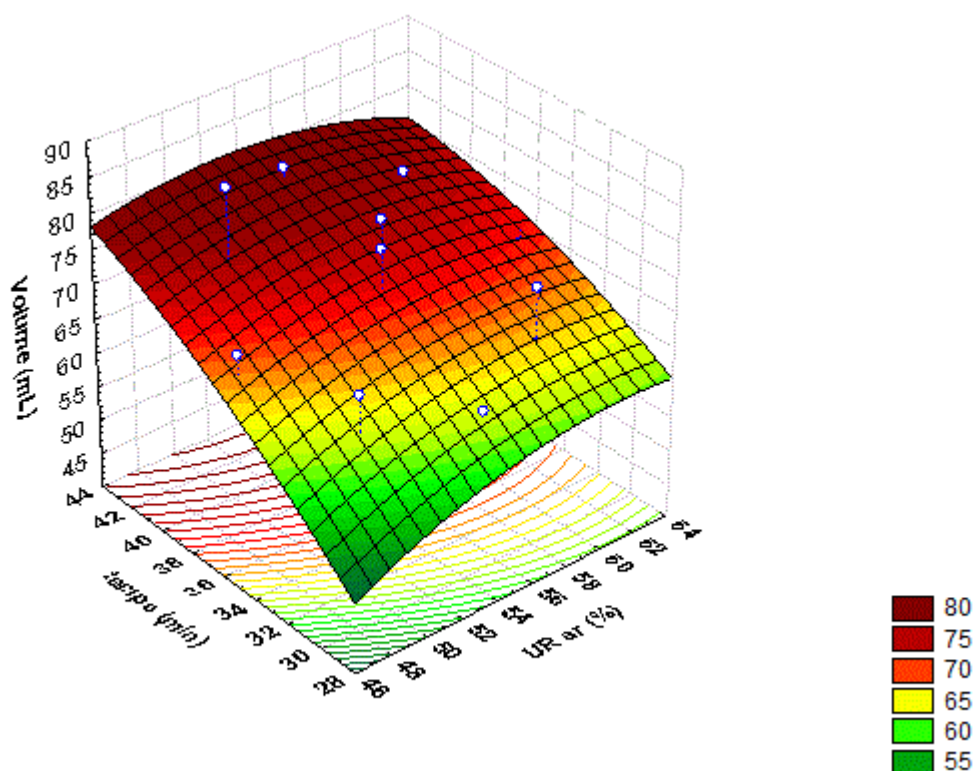


Figura 34. Superfície de resposta para variação de volume (ΔV) em função de tempo x umidade relativa.

5.3 RESULTADO DA ANÁLISE REOLÓGICA COM REOFERMETÔMENTRO

Após avaliação das superfícies de resposta foi elaborado novo planejamento experimental conforme a Tabela 3, na qual as temperaturas e os tempos foram definidos conforme planejamento quadrático optando-se pelo ponto central e os pontos a uma distância de 1,682 unidades codificadas do ponto central (-1,682 e +1,682), transformando em ponto de -1 e +1 no novo planejamento. Como a umidade relativa do ar não apresentou efeito significativo no aumento de volume da massa, este fator foi desconsiderado nestes ensaios.

O tempo foi determinado conforme leitura do equipamento baseando-se na verificação experimental de que quanto maior o tempo maior o volume obtido da massa. As médias e desvio padrão dos resultados obtidos dos ensaios A, B e C de

codificação -1, 0 e +1 de tempos e temperaturas medidos pelo reofermentômetro estão resumidos na Tabela 12 na qual constam a altura máxima de desenvolvimento de massa (Hm, mm), altura máxima de liberação de gás carbônico (H'm, mm), o volume total (mL), volume de retenção (mL), volume de gás perdido (mL), o coeficiente de retenção (%).

Tabela 12. Resposta do reofermentômetro em relação ao volume durante a fermentação.

Ensaio	A (-1)	B (0)	C (+1)
	Média $\pm$ Desvio Padrão		
Hm (mm)	15 $\pm$ 0,15	16,1 $\pm$ 3,5	22,9 $\pm$ 1,98
H' m (mm)	64 $\pm$ 0,5	73,6 $\pm$ 3,8	101 $\pm$ 9,3
Volume Total (mL)	228 $\pm$ 5,7	229,5 $\pm$ 33,2	374 $\pm$ 36,8
Volume de Retenção (mL)	227,5 $\pm$ 4,9	228 $\pm$ 32,5	372 $\pm$ 36,8
Volume gás perdido (mL)	3 $\pm$ 1,4	2 $\pm$ 0	1,5 $\pm$ 0,7
Coeficiente de retenção (%)	98,6 $\pm$ 0,9	99,2 $\pm$ 0	99,5 $\pm$ 0,14

Analisando-se os dados é possível verificar que os ensaios A e B apresentam resultados próximos nos parâmetros de Hm (mm), volume total e volume de retenção, o que não acontece com o ensaio C que tem um maior valor para desenvolvimento da massa e volume total e de retenção. Em relação aos dados de H'm (mm), observa-se que ocorre um acréscimo dos valores obtidos nos ensaios A para C.

As Figuras 35 e 36 demonstram as curvas de desenvolvimento da massa e liberação de gás carbônico, onde são indicados os parâmetros analisados sendo a altura de desenvolvimento da massa (Hm) e a altura de pressão máxima (Hm').

Na Figura 35 nota-se que não ocorre um aumento entre os parâmetros comparando-se os ensaios codificados por A e B em relação ao desenvolvimento de massa indicando que com o aumento de temperatura e redução do tempo obtém-se resultado similar, tanto na temperatura de 27 ° C quanto na de 30 ° C, atingindo um valor final em altura próxima para a massa com um tempo de 42 min (Hm =14,9 mm)

e 36 min ($H_m=16,1\text{mm}$). O ensaio codificado por C demonstrou um resultado com acréscimo na altura no desenvolvimento da massa ($H_m = 22,9 \text{ mm}$).

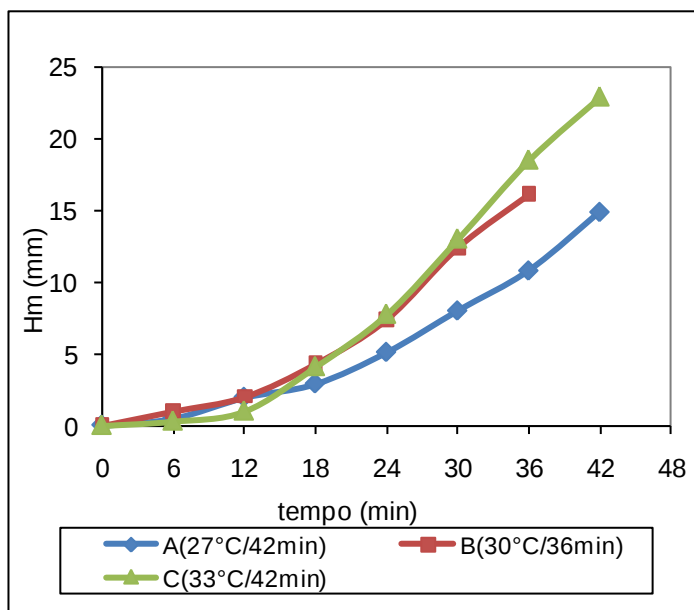


Figura 35. Curva de desenvolvimento da massa.

Em relação aos dados da Figura 36 referente à curva de liberação de gás carbônico observa-se que quanto maior a temperatura de fermentação maior a liberação de gás carbônico, o que está demonstrado na Tabela 12.

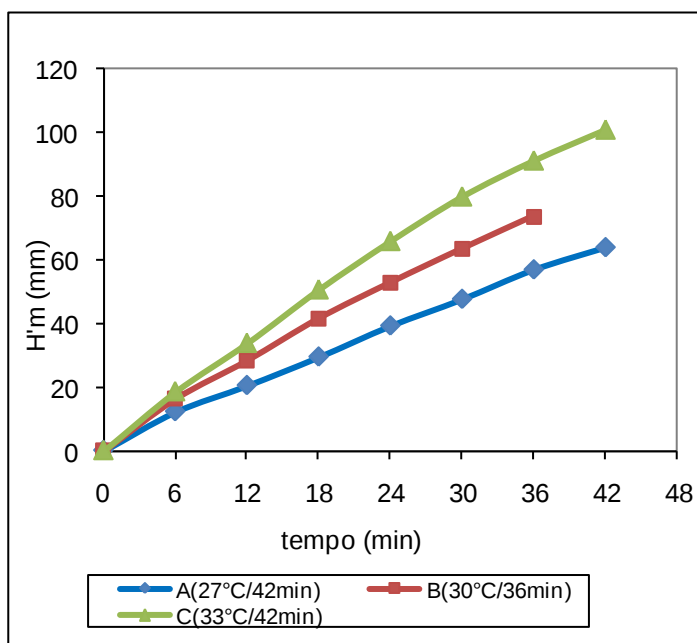


Figura 36. Curva de liberação de gás carbônico da massa.

A Tabela 13 representa os dados da análise completa do ensaio realizado com a temperatura de 30 ° C codificado como ensaio B.

Tabela 13. Resposta do reofermentômetro em relação ao volume durante a fermentação referente ao ensaio a 30 °C.

Ensaio	B (30°C/ 36 min)
Hm (mm)	55,1
T1	1 h 46 min
H' m (mm)	114,8
Tx	1 h 27 min
Volume Total (mL)	1386
Volume de Retenção (mL)	1276
Volume gás perdido (mL)	110
Coeficiente de retenção (%)	92,1

Analizando-se os resultados de altura máxima (Hm e H'm), tempo (T1, T'1 e Tx), volumes e as curvas de desenvolvimento da massa e liberação de gás carbônico do ciclo completo do reofermentômetro para a massa de pizza com a temperatura de 30 ° C verificou-se que o tempo máximo de desenvolvimento de massa (T1) foi de 1h e 46 min com a altura máxima (Hm, mm) de 55,1 mm e o tempo máximo para liberação de gás (T'1) foi de 1h e 27 min com altura máxima (H'm) de 114,8 mm com o tempo de perda de gás (Tx) de 1h e 04 min. Resultado semelhante em desenvolvimento de massa (Hm, mm) foi obtido por Angioloni, Berti e Rosa (2004) com o valor de 50,47 mm em estudo realizado com três tipos de farinha para massa de pizza em reofermentômetro com o objetivo de diminuição do tempo de mistura.

A Tabela 14 demonstra a média das respostas obtidas ($\bar{y}$) de desenvolvimento de massa (Hm, mm) e a resposta estimada ($\hat{y}$) do planejamento fatorial de 2^2 .

Tabela 14. Resposta do desenvolvimento de massa (Hm).

Planejamento			Respostas	Estimadas
Ensaio	t (min)	T (°C)	y	$\hat{y}$
1	-1	-1	8,3	8,7
2	1	-1	14,9	15,3
3	-1	1	13	13,4
4	1	1	22,9	23,3
5	0	0	18,6	15,2
6	0	0	15	15,2
7	0	0	13,6	15,2

Na Tabela 15 são apresentados os efeitos dos parâmetros e suas interações na avaliação do desenvolvimento da massa (Hm); e verificou-se que nenhuma variável apresentou efeito significativo para um nível de confiança de 95 % ($p \leq 0,05$).

Tabela 15. Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para Hm.

Variáveis	Efeitos	Erro	p
Média	15,185 ±	0,975	0,004
t	8,25 ±	2,579	0,085
T	6,35 ±	2,5796	0,133
t x T	1,65 ±	2,5796	0,588
Nível de significância α :			0,05

$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12} x_1x_2$ aonde $x_1 = t$ e $x_2 = T$ (t)= tempo (min) e (T)= temperatura (°C)

Rossel e Collar (2009) obtiveram resultado semelhante para o desenvolvimento da massa (Hm, mm) em estudo do efeito da temperatura e consistência através de planejamento fatorial quadrático com três variáveis que abrangem a consistência da massa, temperatura de batimento e temperatura de fermentação (15 a 35 ° C), utilizando massa básica de farinha, no qual a temperatura da fermentação não identificou um efeito positivo significativo ($p \leq 0,05$) para desenvolvimento da massa (Hm, mm).

Tabela 16. Análise de Variância (ANOVA) para desenvolvimento de massa (Hm).

FV	SQ	GL	MQ	Fcalc.	Ftab.	p
Regressão	111,107	3	37,036	7,466	9,28	0,067
Resíduos	14,881	3	4,960			
F. Ajuste	1,574	1	1,574	0,237	18,51	0,675
Erro Puro	13,307	2				
Total	125,989	6				
% variação explicada				88,18855		
% máx. de variação explicável				89,4382		

A análise de Variância demonstrada na Tabela 16 indica que o modelo de regressão gerado foi não significativo ($F_{\text{calculado}}$ para regressão menor que o F_{tabelado}) e com R^2 igual a 0,882, evidenciando que o modelo explicou 88,2 % dos dados experimentais, o que demonstra que o modelo não está bem ajustado aos dados experimentais, apesar da falta de ajuste não ter sido significativa ($F_{\text{calculado}}$ para falta de ajuste menor que o F_{tabelado}), conforme Teófilo e Ferreira (2006) e Barros Neto et al. (2002) .

A Tabela 17 evidencia a média das respostas obtidas de H'm (mm) e a resposta estimada e na Tabela 18 são apresentados os efeitos dos parâmetros e suas interações.

Tabela 17. Resposta do desenvolvimento de massa (H'm).

Planejamento			Respostas	Estimadas
Ensaio	t (min)	T (°C)	y	ŷ
1	-1	-1	47,8	48,2
2	1	-1	64	64,4
3	-1	1	79,7	80,1
4	1	1	100,7	101,1
5	0	0	76,3	73,5
6	0	0	75	73,5
7	0	0	70,8	73,5

Tabela 18. Efeito estimado, erro padrão e grau de significância estatística (p) para H'm.

Variáveis		Efeitos		Erro	p
Média		73,471	±	1,086	0,0002
t *	1	18,6	±	2,875	0,0231
T *	2	34,3	±	2,875	0,007
t x T	12	2,4	±	2,875	0,492
Nível de significância α :					0,05

$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12} x_1x_2$ aonde $x_1 = t$ e $x_2 = T$ (t) tempo (min) e (T) temperatura (°C)

(*)Significativo para $p \leq 0,05$

Para o parâmetro H'm os efeitos de tempo (t) e temperatura (T) influenciaram significativa e positivamente na resposta, porém interação t x T não.

Este ponto também foi constatado por Rossel e Collar (2009) que citam que o volume de massa básica de farinha durante a fermentação aumenta quando ocorre acréscimo de temperatura afetando significativamente ($p < 0,001$) a resposta da liberação de gás carbônico da massa (H'm) com um efeito positivo de 31,73, próximo ao valor obtido neste trabalho (34,3). A retenção de gás carbônico é um ponto consideravelmente interessante, pois repercute na estrutura do miolo e no volume da massa (GIANNOU et al., 2003).

Em estudo realizado por Gujral e Singh (1999), no qual foi avaliado o efeito de aditivos e de etapas do processo como a temperatura de fermentação nas faixas de 27 a 33 ° C, no desenvolvimento e produção de gás carbônico em massa de pão analisados em reofermentômetro por um período de três horas, a temperatura demonstrou um efeito significativo ($p < 0,05$) pronunciado para liberação de gás (H'm) tanto para o planejamento linear quanto para o quadrático.

Tabela 19. Análise de Variância (ANOVA) para desenvolvimento de massa (H'm).

FV	SQ	GL	MQ	Fcalc.	Ftab.	p
Regressão*	1528,210	3	509,403	84,040	8,28	0,002
Resíduos	18,184	3	6,061			
F. Ajuste	1,658	1	1,658	0,201	18,51	0,698
Erro Puro	16,527	2	8,263			
Total	1546,394	6				
% variação explicada				98,824		
% máx. de variação explicável				98,931		

(*)Significativo para $p \leq 0,05$

A Análise de Variância apresentada na Tabela 19 indica que o modelo de regressão gerado foi significativo ($F_{\text{calculado}}$ para regressão maior que o F_{tabelado} , e ainda $F_{\text{calculado}} = 10,15 \times F_{\text{tabelado}}$) e com R^2 igual a 0,988, evidenciando que o modelo explicou 98,8 % da variação em torno da média pela regressão dos dados experimentais. A falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ para falta de ajuste menor que o F_{tabelado}), conforme Teófilo e Ferreira (2006) e Barros Neto et al. (2002), e isto demonstra que o modelo está bem ajustado aos dados experimentais, devido a R^2 estar próximo de 1, a equação de regressão ser estatisticamente significativa e valor baixo de falta de ajuste indicam que o modelo linear é satisfatório para a parâmetro estudado H'm.

Todos os resultados das análises, realizados pelo reofermentômetro, separadamente se encontram no anexo B.

5.4 RESULTADO DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ)

Foram realizadas ANOVA fator duplo com repetição para cada atributo baseado em Ferreira et al. (2000) demonstrados na Tabela 19 na qual consta o valor de P_{provador} , comparação de F_{amostra} com $F_{\text{crítico}}$, valor de $P_{\text{interações}}$ e número de provadores consensuais.

Foi considerado para todas as análises de variância que resultados $\geq 0,05$ do valor- P_{provador} significa que os provadores não apresentaram diferença estatística entre si a um nível de 5 % de probabilidade. Para verificação da diferença entre amostras foi comparado o valor F_{amostra} com $F_{\text{crítico}}$, caso $F_{\text{amostra}} > F_{\text{crítico}}$ as amostras deferiam entre si e o contrário as amostras não apresentavam diferença significativa. Para avaliar se os provadores apresentavam mesma tendência nos resultados foi considerado o valor- $P_{\text{interações}}$ tendo como parâmetro valores $\geq 0,05$. Caso este valor apresentasse resultado $\leq 0,05$ haveria ao menos uma resposta não consensual entre os provadores, sendo, portanto construído um gráfico de tendência para cada atributo (anexo C), e se verificado que um provador não acompanhava a tendência o mesmo era excluído e a ANOVA recalculada até que o valor de interação (provador x amostra) não fosse significativo (ELLENDERSEN e WOSIACKI, 2010).

Tabela 20. Tabela de valores de P_{provador} , Comparação valor F, valor- $P_{\text{interação}}$ da análise de variância por atributo e número de provadores consensuais.

Atributo	Valor- P_{provador}	Comparação valor F	Valor- $P_{\text{interação}}$	Nº Provadores consensuais
Aspecto de forno a lenha	0,072	F amostra > F crítico	0,243	10
Cor da superfície da borda	0,795	F amostra > F crítico	0,999	10
Presença de bolha na borda	0,929	F amostra > F crítico	1,000	10
Tamanho de bolha na borda	0,776	F amostra > F crítico	0,989	10
Porosidade da massa	0,864	F amostra > F crítico	0,997	9
Odor de massa	0,634	F amostra < F crítico	0,931	10
Sabor de massa	0,814	F amostra < F crítico	0,808	9
Maciez da massa	0,452	F amostra < F crítico	0,987	8
Crocância da borda	0,205	F amostra < F crítico	1,000	9

Para comparar ou diferenciar as médias obtidas no experimento, foi realizado o teste de Tukey (FERREIRA et al., 2000; ELLENDERSEN e WOSIACKI, 2010). Os resultados das médias de cada atributo, após teste de Tukey dos atributos que obtiveram $P_{amostra} \leq 0,05 \%$, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Média dos atributos sensoriais que caracterizam as amostras de massa de pizza.

Atributo	A (27°C/42min)	B (30°C/36min)	C(33°C/42min)
Aspecto de forno a lenha	6,43 ^b	7,35 ^a	5,3 ^c
Cor da superfície da borda	5,55 ^a	4,37 ^b	5,18 ^{ab}
Presença de bolha na borda	3,95 ^c	7,32 ^a	6,37 ^b
Tamanho de bolha na borda	7,54 ^a	4,93 ^b	4,38 ^c
Porosidade da massa*	8,53 ^a	7,43 ^b	7,47 ^b
Odor da massa	6,08 ^a	6,54 ^a	6,48 ^a
Sabor da massa*	6,18 ^a	6,55 ^a	6,51 ^a
Maciez da massa**	3,47 ^a	3,02 ^a	3,89 ^a
Crocância da borda*	6,66 ^a	6,96 ^a	6,87 ^a

Médias com letras iguais sobrescritas, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$) segundo teste de Tukey; * média com nove provadores; ** média com oito provadores

Os perfis de cada um dos ensaios (amostras) avaliados sensorialmente estão mostrados graficamente na Figura 37, onde o valor médio atribuído pelos provadores a cada atributo demarca-se no eixo correspondente. O centro da figura representa o ponto zero da escala utilizada na avaliação, enquanto a intensidade aumenta do centro para a periferia e o perfil sensorial se revela quando se faz a conexão dos pontos (GARRUTI et al., 2003).

Observou-se que a amostra A distinguiu-se das demais por apresentar tamanho da bolha mais acentuado e porosidade desuniforme que demonstra interação entre os dois atributos; e similaridade com amostra C no atributo cor da superfície da borda. Cabe ressaltar que a porosidade desuniforme é um aspecto positivo devido ser característico para massa de pizza apresentado sob a forma de bolhas grandes e pequenas. A amostra B destacou-se no atributo presença de bolha na borda e apresentou comportamento semelhante à amostra C no atributo cor da

superfície da borda e porosidade da massa. As três amostras diferiram entre si nos atributos aspecto de forno a lenha, presença de bolha e tamanho e bolha, e não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) nos atributos odor e sabor de massa, maciez da massa e crocância da borda.

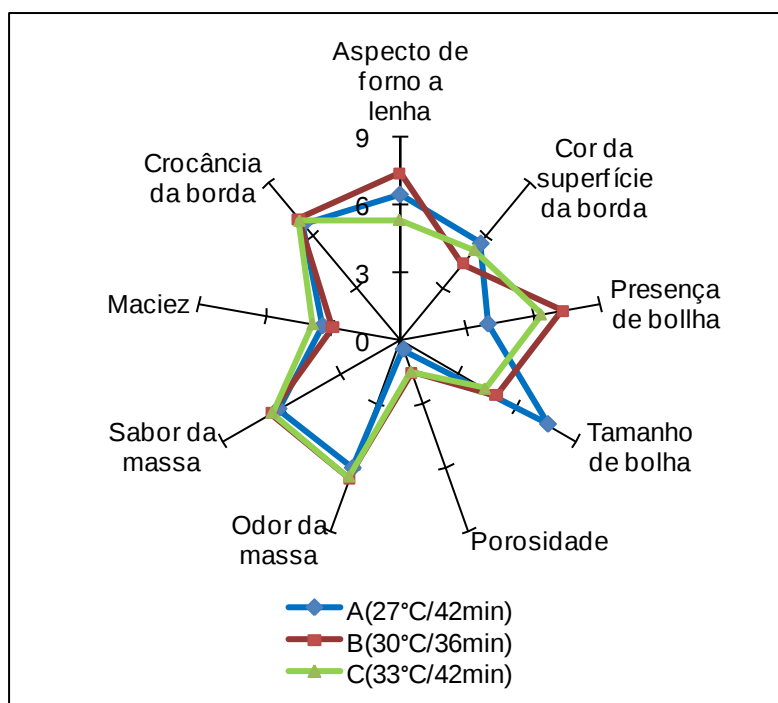


Figura 37. Perfil sensorial em gráfico tipo aranha das amostras de massa de pizza.

A análise dos dados permite verificar que as amostras B e C apresentam perfis de maior presença de bolha com tamanho de bolha médio na borda, com odor e sabor de massa assada, moderada maciez na massa e com crocância na borda que são característicos de massa de pizza.

Para aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada a os resultados das três repetições de cada provador e os atributos que apresentaram significância na ANOVA; deste modo, foi retirado da ACP os atributos odor e sabor de massa, maciez da massa e crocância da borda (não significativo a 5 %), permanecendo os demais atributos.

Para a escolha dos componentes principais representativos foi realizada a matriz de correlação na qual os fatores 1 e 2 explicaram 71,51 % da variabilidade total dos dados (Figura 38) observou-se que o Fator 1 explica 44,75% da variabilidade entre as amostras e o Fator 2 26,76 % dos dados. Baseado nesta informação foi elaborado com estes dois fatores o gráfico de projeção das variáveis (Figura 39), a correlação dos atributos e dos fatores (Tabela 22) e o gráfico de escores da avaliação dos provadores em relação às amostras (Figura 40). Os restantes dos fatores não foram considerados por apresentarem um percentual representativo baixo.

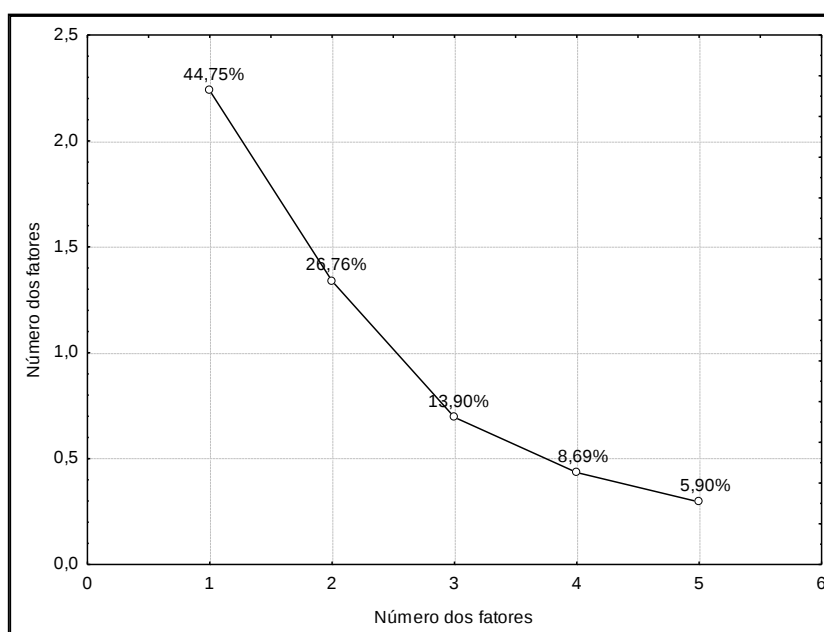


Figura 38. Matriz de correlação dos dados das avaliações sensoriais.

Conforme Tabela 22 observou-se que o Fator 1 explica 44,75 % da variabilidade dos resultados e é representado pela maioria dos atributos analisados enquanto o Fator 2 explica 26,76 % dos dados. Os atributos que representam o Fator 1 são a presença (0,79) e tamanho das bolhas (-0,83) na borda e a porosidade da massa (0,85); e os que representam o Fator 2 se apresentam por aspecto a forno a lenha (0,85) e cor da superfície da borda (0,60).

Tabela 22. Correlação dos atributos com os fatores do ACP.

Variável	Fator 1	Fator 2
Aparência de forno a lenha	0,027778	-0,850621
Cor da superfície da borda	-0,444049	0,604555
Presença de bolha na borda	0,792975	-0,262432
Tamanho de bolha na borda	-0,831571	-0,332135
Porosidade da massa	0,848035	0,264127
Odor de massa	0,027778	-0,850621
Sabor de massa	-0,444049	0,604555
Crocância da borda	0,792975	-0,262432

A Figura 39 representa o gráfico de ACP, os resultados de cada amostra de massa de pizza e suas repetições são demonstrados por três pontos ligados formando um triângulo. Cada vértice do triângulo corresponde ao ponto de uma das repetições atribuídas pela equipe sensorial (SANTANA et. al, 2006). As amostras são caracterizadas pelos atributos representados na figura pelos vetores que se apresentam mais próximos a elas. Neste tipo de gráfico, quanto maior a decomposição do vetor nos eixos dos componentes, maior sua importância para caracterizar as diferenças das amostras (GARRUTI et al., 2003). Portanto, a amostra A apresentou maior intensidade em tamanho de bolha na borda e por porosidade desuniforme maior da massa de acordo com escala definida pela equipe. A porosidade desuniforme é interessante para a massa de pizza por apresentar alternância no tamanho dos poros, ocasionando diferenças no tamanho da bolha. A amostra B caracterizou-se pelos atributos aspecto de forno a lenha, presença de bolha na massa e porosidade da massa e a amostra C pelo atributo porosidade da massa.

Quando os resultados da análise descritiva quantitativa da massa de pizza foram submetidos à Análise Multivariada de Componentes Principais (ACP), as

características sensoriais de cada amostra foram evidenciadas, apresentando grande concordância com os resultados obtidos pela ANOVA e pelo gráfico aranha.

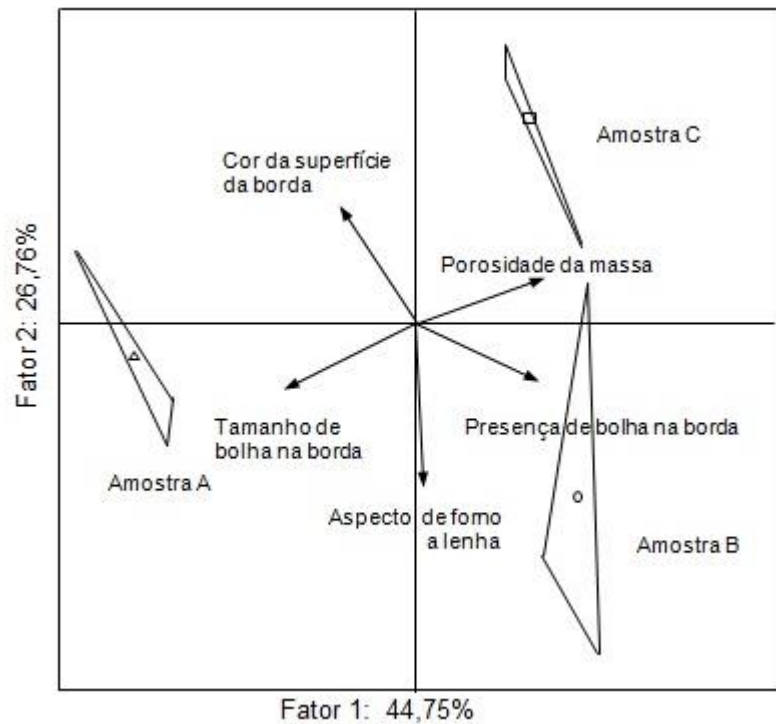


Figura 39. Análise Projeção bidimensional de Análise de Componentes Principais dos termos descritivos de massa de pizza.

Para avaliar o agrupamento dos provadores x amostras foi utilizado o gráfico de escores das avaliações dos provadores (Figura 40).

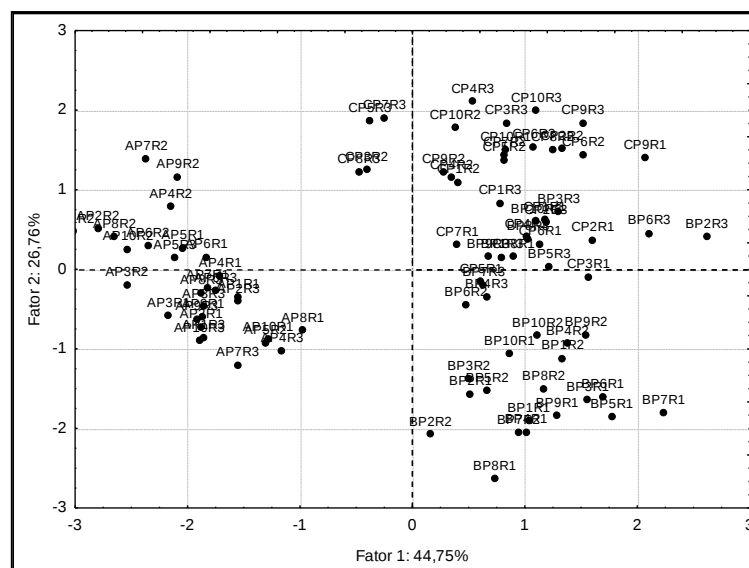


Figura 40. Gráfico de escores da avaliação dos provadores em relação às amostras.

6. CONCLUSÕES

Dentre os parâmetros estudados na fermentação da massa de pizza no planejamento experimental 2^3 , o tempo (t) foi o único efeito linear e quadrático significativo. Em relação ao modelo quadrático constatou-se que para o aumento do volume da massa de pizza, os efeitos do tempo (t) e temperatura (T) influenciaram significativamente na resposta. Verificou-se que para os dois modelos, tanto o linear quanto o quadrático a umidade relativa do ar (UR_{ar}) não foi um fator que influenciou o volume da massa de pizza na fermentação.

O modelo quadrático foi considerado como o modelo adequado para este experimento, ajustando-se melhor as respostas obtidas experimentalmente em relação ao modelo linear.

A superfície de resposta e as curvas de nível para o modelo quadrático comprovaram os efeitos do tempo (t) e temperatura (T) indicando que com o aumento do tempo e temperatura há um aumento de volume da massa.

Nas condições do planejamento experimental 2^2 utilizando o reofermentômetro, o tempo (t) e a temperatura (T) foram os fatores lineares significativos para a liberação de gás carbônico ($H'm$, mm), porém não para o desenvolvimento de massa (Hm , mm).

De acordo com os resultados de ADQ e ACP as amostras codificadas como B (30 ° C/36 min) e C (33 ° C/42 min) apresentaram perfil de presença de bolha e tamanho de bolha, com odor e sabor de massa assada, e com crocância na borda, confirmados indicando características desejadas de massa de pizza.

O processo de redução de tempo de fermentação permitiu elaborar massa de pizza com significativa economia de tempo de produção com 36 a 42 min de

fermentação, sendo importante para a diminuição de custos na indústria, e o produto apresentou características de qualidade sensorial desejável e semelhante às elaboradas pelo processo de fermentação convencional que gira ao redor de 1 h a 1 h 30 min.

7. REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Alimentos e Bebidas - **Análise sensorial - Teste de análise descritiva quantitativa (ADQ)**. NBR 14140, julho 1998.

ANGIOLONI, A.; BERTI, C.; ROSA, M.D. Messa a punto di um preparato per ottenere impasti tipo pizza in brevissimi tempi di miscelazione. *Industrie Alimentariv* v.42, n. 442, p. 1281-1285, 2004.

AC NIELSEN. Disponível em: <<http://br.nielsen.com/news/fechamento2007.shtml>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

AMIS. Associação Mineira de Supermercados. **Revista Gôndola. Série Especial Administrando as categorias II**, e. 143, p. 45, 2007. Disponível em: <http://www.portalamis.org.br/site/revista/revista_atual.aspx?idRevista=26>. Acesso em: 08 jun. 2010.

Al-MAHANESH, M. A.; RABABAH, T.M. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1467-1473, 2007.

AUTIO, K.; LAURIKAINEN, T. Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, p. 181-185, junho, 1997.

BARANABÊ, D. **Produção de vinho de uvas dos cultivares niágara rosada e bordô: análises físico-químicas, sensorial e recuperação de etanol a partir do bagaço**, 2006, 93 f. Dissertação (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, 2006.

BARROS NETO, B DE; SCARMINI, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: UNICAMP, 2002.cap.5, p. 223-227, cap.6, p. 261 - 262.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCH, M.; MACCHIONE, M.; MODLO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; Silva, A. R. da; SOUS, V. C. de; WADA, J. K. A.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, p.428-433, abri./jun., 2006.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. da. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n.1, p. 60-67, 2000.

BORTOLOTTI, C.M. **Caracterização de farinhas de cevada e o efeito da sua incorporação sobre as características sensoriais e de qualidade do pão de forma**, 2009, 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ppgcta/download/CristinaB.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

BORZANI, W. Measurement of the gassing power of bakers' yeast: correlation between the dough volume and the incubation time. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 2, p.213-217, jun., 2004.

CAMARGO, C. R. O.; FRANCISCHI, M. de L. P. de; CAMPAGNOLII, D. M. F. A composição da proteína e a qualidade de panificação da farinha de trigo. **Boletim SBCTA**, Campinas, v.31, n. 1, p.25-32, jan./jun., 1997.

CETEC, SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Michele Macedo Moraes. Massa de Pizza Disponível em: <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbirt6538.pdf>> Minas Gerais: 2007. (Dossiê Técnico). Acesso em: 22 mai.2008.

CLARKE, C. H.; FARRELL, G. The effects of recipe formulation on the textural characteristics of microwave-reheated pizza bases. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p.1237–1244, 2000.

COPPOLA, S.; PEPE, O.; MAUREIELLO, G. Effect of leaving microflora on pizza dough properties. **Journal of Applied Microbiology**, v.85, p. 891 – 897, 1998.

CORREL, J. ENCYCLOPIZZA®. Disponível em: <http://www.correllconcepts.com/Encyclopizza/_home_encyclopizza.htm>. Acesso em: 01/ jun/2008.

COSTA, M. G. da; SOUZA, E. L. de; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, p.220-225, jan./mar., 2008.

CZUCHAJOWSKA, Z.; POMERANZ, Y. Gas formation and gas retention.I.The system and methodology. **Cereal Foods World**, v.38, p.499-503, 1993.

DAMASIO, M. H.; COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*: Valencia, v. 31, n. 2, p. 165-178. 1991.

DELAHAYE, E. P. de; JIMÉNEZ, P.; PÉREZ, E. Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. **Journal of Food Engineering**, v.68, p.1-7, 2005.

DOBRAZCYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v38, p.229-245, 2003.

DUTCOSKY, S. A. **Análise Sensorial de Alimentos**. Editora Champagnat, p. 123-180, 2007.

EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.55, n.4, p.436-446, 1978.

ELLENDERSEN, L. de S. N.; WOSIACKI. Análise sensorial descritiva quantitativa estatística e Interpretação. 1ª ed., Ponta Grossa, Editora UEPG, cap. 4, p. 61-82, 2010.

ERDOGDU-ARNOCZCKY, N.; CZUCHAJOWSKA, Z.; POMERANZ, Y. Functionality of whey and caseína in fermentation and in breadmaking by fixed and optimized procedures. **Cereal Chemistry**, v. 73, n.3, p. 309-316, 1996.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. da SILVA. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p.802-806, out./dez., 2005.

FARIA, E. V. de; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: UNICAMP, 2008. P89 - 90.

FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; MARTINAZZO, A. P.; COELHO, E.M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumegados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.354-357, 2002.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T.C. A de; PETTINELLI, M.L.C. de; SILVA, M. A. A. P. da; CHAVES, J.B.P. ; BARBOSA, E. M. de. **Análise sensorial testes descritivos e afetivos**. Manual – Série Qualidade. PROFIQUA e SBCTA, p.92-94 e 97-98, 2000.

FORMATO, A.; PEPE, O. Pizza dough differentiation by principal component analysis of alveographic, microbiological, and chemical parameters. **Cereal Chemistry**, v.82, n.4, p.356-360, 2005.

GAN, Z.; ELLIS, P.R.; SCHOFIELD, J. D. Mini review gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough. **Journal of Cereal Science**, v.21, p. 215-230, 1995.

GARRUTTI, D. S.; BRITO, E. S. de; BRANDÃO, T. M.; UCHÔA, P. Jr.; SILVA, M. A. A. P. da. Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação de requeijão cremoso. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n.3, p.434-440, set./dez., 2003.

GIANNOU, V. K.; KESSOGLOU, V.; TZIA C. Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. **Trends in Food & Technology**, v. 14, p.199-108, 2003.

GRANOTEC DO BRASIL. **Formuladores de pré-misturas e panificação**, p.36, 1998.

GUJRAL, H. S.; SINGH, N. Effect of additives on dough development, gaseous release and bread making properties. **Food Research International**, v.32, p.691-697.1999.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, v. 32, n.5, p.873-879, 2002.

GUTKOSKI, L.C; BREHM, C. M.; SANTOS, E. dos; MEZZOMO, N. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25 , n.3 , jul./set., 2005.

INMETRO. Portal do Consumidor, Informação ao consumidor. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/pizza.asp>>. Acesso em: 22 mai., 2008.

QUAGLIA, G. **Ciencia y Tecnología de la Panificación**, 2º ed. Espanha: Editorial Acribia, 1991. cap. 12, p. 297-310.

LARSEN, D. M.; SETTER C. S.; FAUBION, J. M. Effects of flour type and dough retardation time on the sensory characteristic of pizza crust. **Cereal Chemistry**, v. 70, n.6, p. 647-650, 1993.

LOCCI, F.; GHIGLIETTI, R.; FRANCOLINO, S.; IEZZI R.; OLIVIERO, V.; GAROFALO, A.; MUCCHETTI, G. Detection of cow milk in cooked buffalo Mozzarella used as Pizza topping. **Food Chemistry**, v.107, p. 1337-1341, 2008.

LOPES, A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. A. Influência do uso de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, abr./jun, 2007.

LUCAS, T. A.; LE RAY, D. A.; PEU P. B.; WAGNER, M. A.; PICARD, S. B. A new method for continuous assessment of CO₂ released from dough baked in ventilated ovens. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.1-11, 2007.

MONDAL, A.; DATTA, D. A. Bread baking - A review. **Journal of Food Engineering**, v.86, p. 456-474, 2008.

MUÑOZ, A.; CHAMBERS IV, E.; HUMMER, S. A multifaceted category study: how to understand a product category and its consumer responses. **Journal of Sensory Studies**, v.11, n.4, p. 261-294, 1996.

PIROZI, M. S.; GERMANI, R. Efeito do armazenamento sobre as propriedades tecnológicas da farinha de trigo, de variedades de trigo cultivado no Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.41, n.1, p. 155-169, 1998.

PEPE, O.; VILLANI, F.; OLIVIERO, D.; GRECO, T.; COPPOLA, S. Effect of proteolytic starter cultures as leaving agents of pizza dough. **International Journal of Food Microbiology**, v.84, p.319 - 326, 2003.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Food Science**, v.49, p.190/201, 2009.

PINHO, B. H. da S.; MACHADO, M. I.; FURLONG, E. B. Propriedades físico-químicas das massas de pizza semiprontas e sua relação com o desenvolvimento de bolores e leveduras. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.60, n.1, p. 35-41, 2001.

Planilhas Eletrônicas. Disponível em:

<<http://lqta.igq.unicamp.br/portugues/Downloads.html>>. Acesso em: 05 ago. 2009.

RACCACH, M.; BAMIRO, T.; CLINCH, J.; COMBS, G.; GIERCZNI, A.; KARAM, R. Natural fermentation of wheat flours. **Food Control**, v. 15, p.191-195, 2004.

RAYMUNDO, G. P. HISTÓRIA DA PIZZA. Portal Aprenda Brasil. Disponível em: <[HTTP://www.aprendebrasil.com.br/falecom/nutricionista_bd.asp?codtexto=543](http://www.aprendebrasil.com.br/falecom/nutricionista_bd.asp?codtexto=543)>. Acesso em: 06 jun. 2008.

ROSELL, C. M.; COLLAR, C. Effect of temperature and consistency on wheat dough performance. **International Journal of Food Science and Technology**, n. 44, p. 493-502, 2009.

ROUILLE, J.; LE BAIL, A; COURCOUX, P. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p.197-2003, 2000.

SALES, A. M.; VITTI, P. Estudo preliminar sobre propriedades tecnológicas de panificação de farinha mista de trigo e amaranto. **Coletânea do Ital**, v.17, n.1, p.49 - 53, 1987.

SANCHEZ, D. B de O. **Desempenho reológico e entálpico da massa de pão com amido resistente de milho e transglutaminase**. 2009, 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-11082009-163741/>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

SANTANA, L. R. R.; SANTOS, L. C. S.; NATALICIO, M.A.; MONDRAGON-BERNAL, O. L.; ELIAS, E. M.; SILVA, C. B.; ZEPKA, L. Q.; MARTINS, I. S. L.; VERNAZA, M. G.; CASTILHO-PIZARRO; BOLONI, H. M. A. Perfil sensorial de iogurte light, sabor pêssego. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 619-625, jul.-set, 2006.

SCANLON, M. G.; ZGHAL, M. C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v. 34, p.841-864, 2001.

SENSIDONI, A. La pizza. Giacomo Orlando. Università degli Studi di Udine Facoltà di Agraria, [200-]. Disponível em: <http://web.uniud.it/dial/documenti/tesine_degli_studenti/la_pizza_Orlando_Giacomo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2010.

SIFFRING, K.; BRUINSMA, B. L. Effects of proof temperature on the quality of pan bread. **Cereal Chemistry**, v.70, n.3, p. 351-353, 1993.

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R C. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, v.28, n.11 p. 24-34, 1974.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2 ed. San Diego: Academic Press,1992. 308 p.

TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. Quiometria II: Planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial. **Química Nova**, v.29, n.2, p 338-350, 2006.

THERDTHAI, N.; WHEIBIAO ZHOU, W.; ADAMCZAK, T. Optimization of the temperature profile in bread baking. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p.41-48, 2002.

THERDTHAI, N.; WHEIBIAO ZHOU,W.; JANGCHUD, k. Modeling of the effect of relative humidity and temperature on proving rate of rice-flour-based-dough. **Food Science and Technology**, v. 40, p.1036-10340, 2007.

VANNIER, A.; BRUN. O. X.; FEINBERG, M. H. Application of sensory analysis to champagne wine characterization and discrimination. **Food Quality and Preference**, v. 10, n.2, p.101-107, 1999.

WANG, S. H.; F. DE OLIVEIRA, M.; COSTA, P. de S.; ASCHERI, J. L. R.; Rosa, A. G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, abril, 2005.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v.24, n.2, p. 115-119, 2007.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. V. Viscoelastic properties of wheat gliadin and gluten suspension. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p. 1025-1030, 2007.

ZHANG, L.; LUCAS, T.; DORURSAT, C.; FLICK, D.; WAGNER, M. Effects of crust constraints on bread expansion and CO₂ release. **Journal of Food Engineering**, v.80, p. 1302-1311, 2007.

Anexos A - Parecer de aprovação COEP

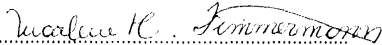


PARECER Nº 03/2009
Protocolo: 16083/08

Em reunião ordinária, realizada dia 05 de março de 2009, a Comissão de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa intitulado "**Otimização no processo de fermentação de massa de pizza**". de responsabilidade do pesquisador Ivo Mottin Demiate.

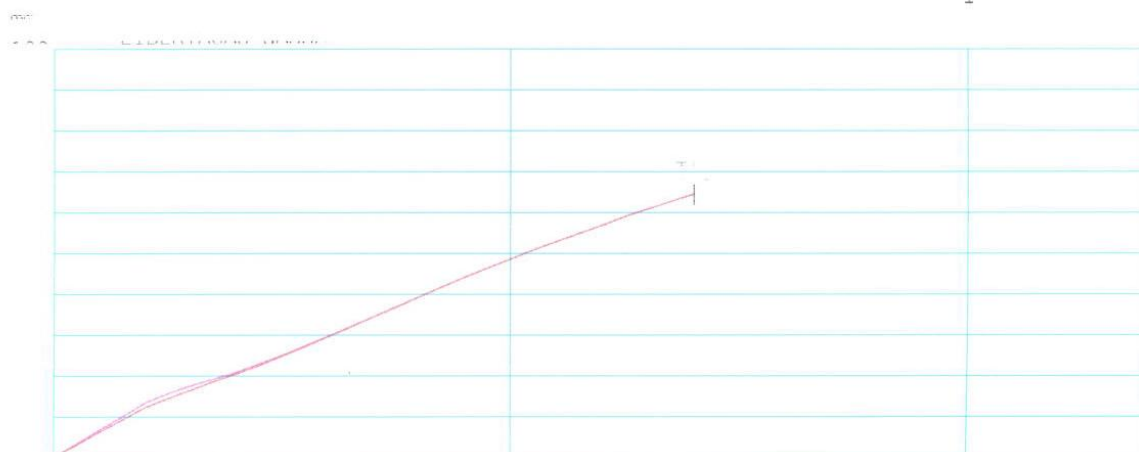
Ponta Grossa, 06 de março de 2009.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP


Profª. MSc. Marlene Harger Zimmermann
Coordenadora

ANEXO B - Resultados analíticos dos ensaios do reofermentômetro

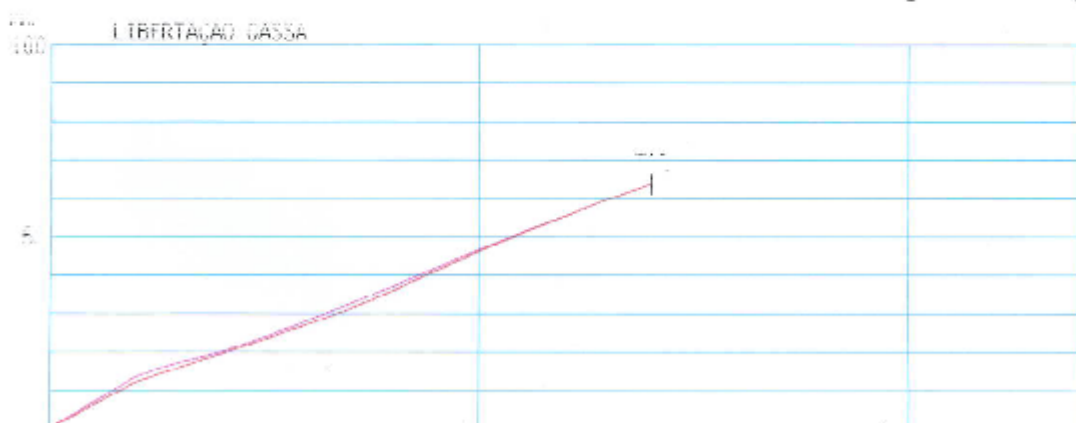
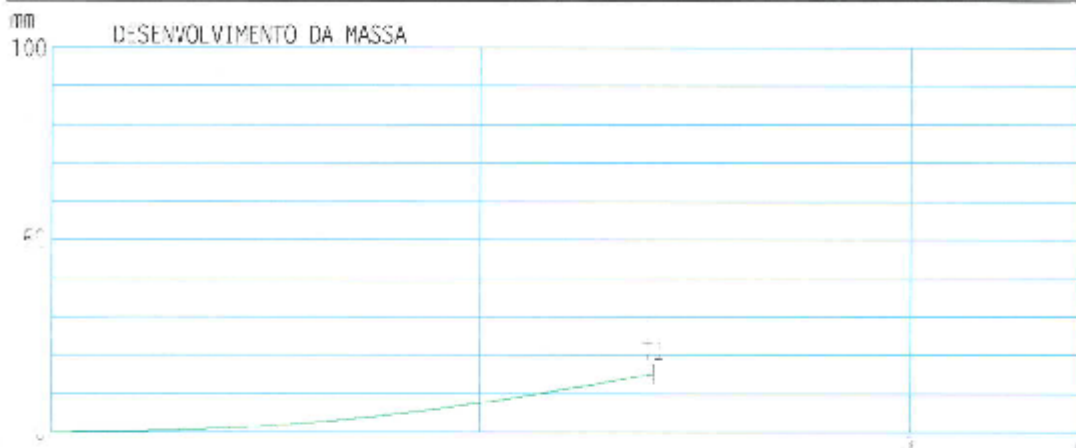
Data ensaio : 10/11/2009 08:42:35		PROTOCOLO :	
Referência amostra :		Duração do ciclo : 01h30mn	
TEMPO 1		Temp. de consig. : 27.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA		PROTOCOLO	
Hm : 14.8 mm	T1 : 00h42mn	Massa : 215 g	
h : 14.8 mm	T2 : -----	Peso : 2000 g	
(Hm h) / (Hm h) : 0.0%	SMO : -	Temperatura : 27.0 °C	
Suporte : Standard			
H'm : 64.4 mm		T'1 : 00h42mn	
Volume total : 232 ml			
Volume CO2 peraiado : 2 ml			
Volume de retenção : 231 ml			
Coef. de retenção : 99.3 %			
COMENTARIOS :			



REOFERMENTOMETRO F3

CHOPIN

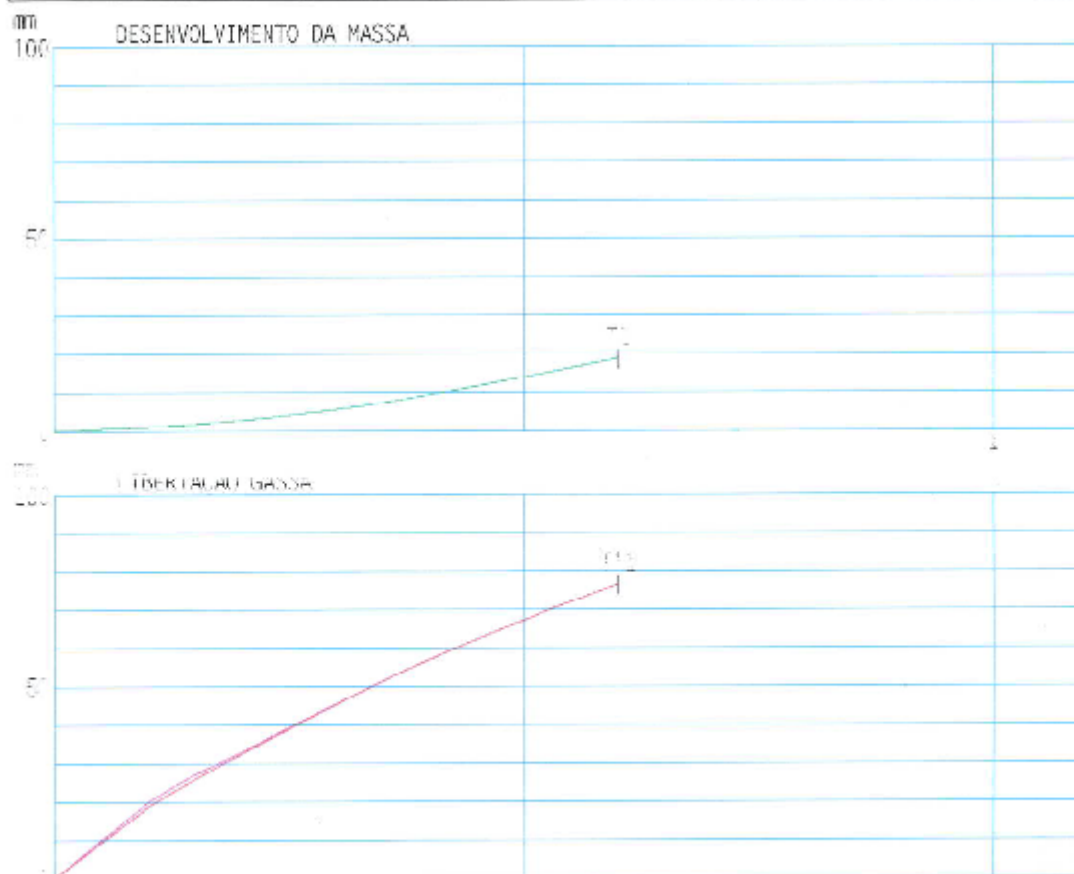
P E D		BOMBE ALIMENTOS S.A. RUA JOTA JORGE LACERDA AR 20 CASA - SC	
Data ensaio : 25/01/2010 13:22:56 Referência amostra : TEMPO 3		PROTOCOLO : Duração do ciclo : 01h00mn Temp. de consig. : 27.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA Hm : 15.0 mm T1 : 00h42mn h : 15.0 mm T2 : ----- (Hm h)/Hm: 0.0% $\delta T2$: -----		PROTOCOLO Massa : 315 g Peso : 2000 g Leved. : FRESCO = 5.0 % Suporte : Standard Amassad. : masseira	
LIBERTAÇÃO GASSA H'm : 63.7 mm T'1 : 00h42mn Tx : ----- T2-Tx: ----- Volume total : 224 ml Volume CO2 perdido : 4 ml Volume de retenção : 220 ml Coef. de retenção : 98.0 %			
COMENTARIOS :			
11.13			



REOFERMENTOMETRO F3

CHOPIN

P E D		BOMAS ALIMENTOS S.A. RUA VILA JORGE LACERDA KM 10 JARDIM - SC	
Data ensaio : 10/11/2009 11:53:09		PROTOCOLO :	
Referência amostra :		Duração do ciclo : 01h00mn	
TEMPO 2		Temp. de consig. : 30.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA		PROTOCOLO	
Hm : 18.6 mm T1 : 00h36mn		Massa : 315 g	
h : 18.6 mm T2 : -----		Peso : 2000 g	
(Hm h)/Hm: 0.0% $\delta T2$: -----		Leved. : FRESCO - 5.0 %	
LIBERTAÇÃO GASSA		Suporte : Standard	
H'm : 76.3 mm T'1 : 00h36mn		Amassad. : masseira	
Tx : ----- T2-Tx: -----			
Volume total : 253 ml			
Volume CO2 perdido : 2 ml			
Volume de retenção : 251 ml			
Coef. de retenção : 99.2 %			
COMENTARIOS :			
11.13			

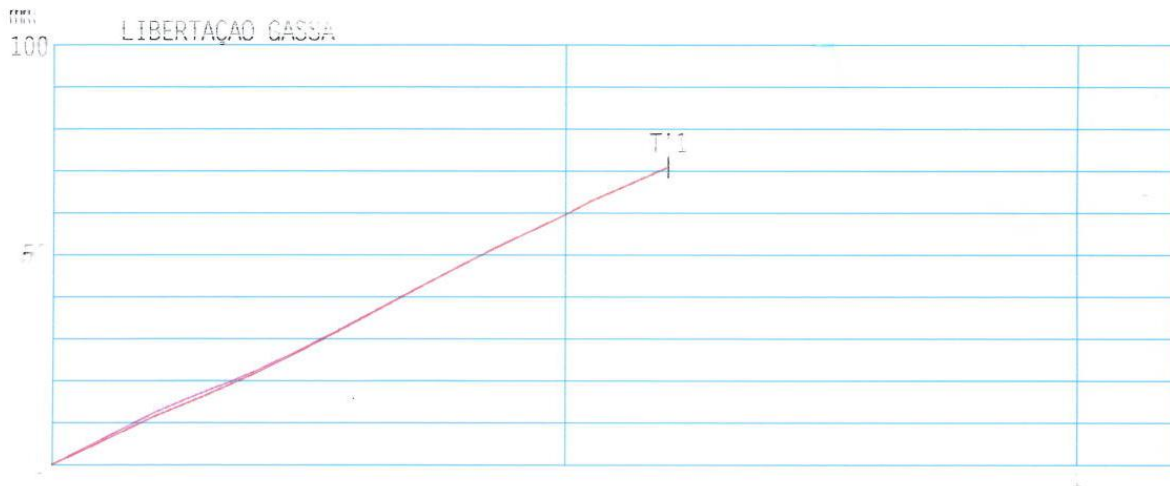
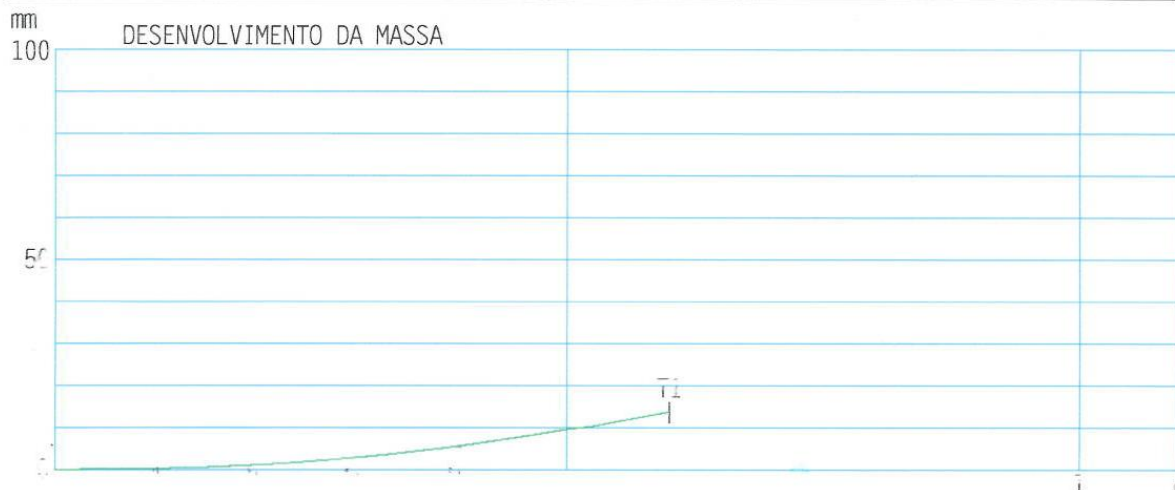


REOFERMENTOMETRO F3

CHOPIN

P E D		ALIMENTOS S.A. A JORGE LAUREN	
Data ensaio : 25/01/2010 09:28:13		PROTOCOLO :	
Referência amostra : TEMPO 3		Duração do ciclo : 01h00mn Temp. de consig. : 30.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA Hm : 13.6 mm T1 : 00h36mn h : 13.6 mm T2 : ----- (Hm-h)/Hm: 0.0% δT2 : -----		PROTOCOLO Massa : 315 g Peso : 2000 g Leved. : FRESCO = 5.0 % Suporte : Standard Amassad. : masseira	
LIBERTAÇÃO GASSA H'm : 70.8 mm T'1 : 00h36mn Tx : ----- T2-Tx: ----- Volume total : 206 ml Volume CO2 perdido : 2 ml Volume de retenção : 205 ml Coef. de retenção : 99.2 %			
COMENTARIOS :			

11.13

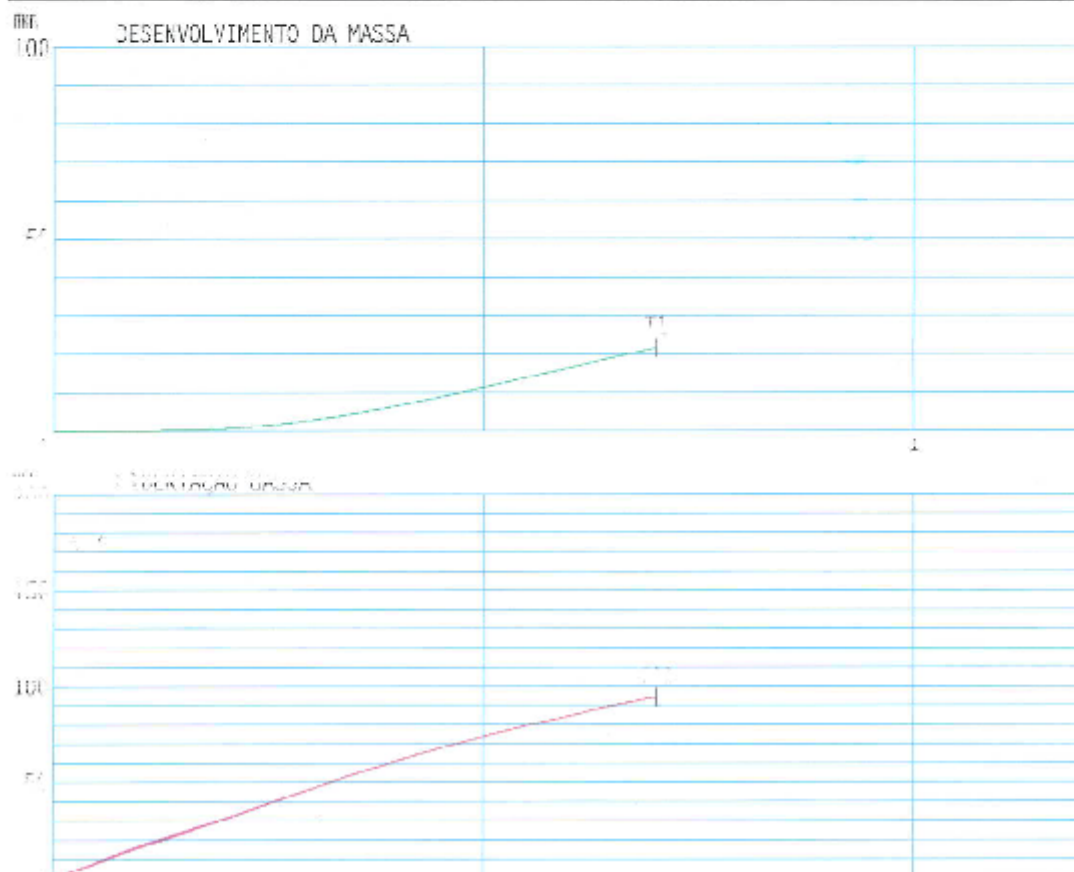


REOFERMENTOMETRO F3

CHOPIN

P B D		ALIMENTOS S.A. RUA JORGE TEIXEIRA 1000 - JARDIM 13080-000 - SP	
Data ensaio : 10/11/2009 13:01:20		PROTOCOLO :	
Referência amostra :		Duração do ciclo : 31h00mn	
TEMPO 3		Temp. de consig. : 33.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA Hm : 21.5 mm T1 : 00h42mn h : 21.5 mm T2 : ----- (Hm-h)/Hm: 0.0% $\delta T2$: -----		PROTOCOLO Massa : 315 g Peso : 2000 g Levad. : FRESCO = 5.0 % Suporte : Standard Amassad. : masseira	
LIBERTAÇÃO GASSA H'm : 94.1 mm T'1 : 00h42mn Tx : ----- T2-Tx: ----- Volume total : 348 ml Volume CO2 perdido : 1 ml Volume de retenção : 346 ml Coef. de retenção : 99.6 %			
COMENTARIOS :			

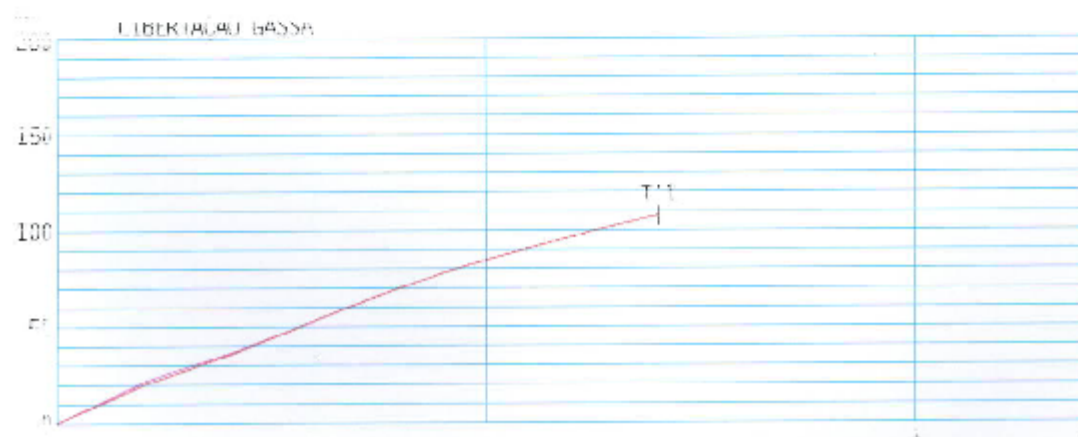
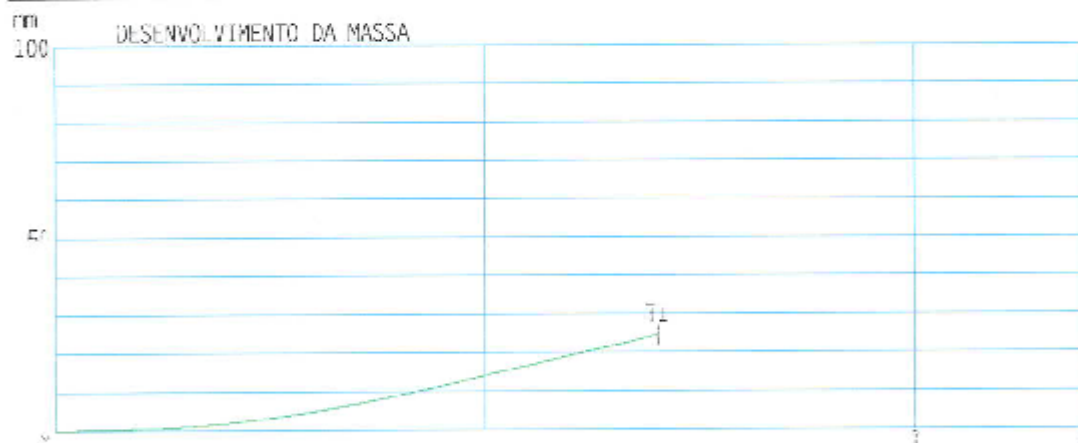
11.13



REOFERMENTOMETRO F3

CHOPIN

P B D		BOMAS ALIMENTOS S.A. RUA JOSE LACERDA 25 - 4C	
Data ensaio : 25/01/2010 10:17:00 Referência amostra : TEMPO 3		PROTOCOLO : Duração do ciclo : 01h00mn Temp. de consig. : 33.0 °C	
DESENVOLVIMENTO DA MASSA Hm : 24.3 mm T1 : 00h42mn h : 24.3 mm T2 : ----- (Hm-h)/Hm: 0.0% $\Delta T2$: -----		PROTOCOLO Massa : 315 g Peso : 2000 g Leved. : FRESCO = 5.0 % Suporte : Standard Amassad. : masseira	
LIBERTAÇÃO GASSA H'm : 107.3 mm T'1 : 00h42mn Tx : ----- T2-Tx: ----- Volume total : 400 ml Volume CO2 perdido : 2 ml Volume de retenção : 398 ml Coef. de retenção : 99.4 %			
COMENTARIOS :			
11.13			



ANEXOS C - Gráficos de tendência dos provadores por atributo

Gráfico de Tendência para atributo aspecto a forno a lenha com dez provadores.

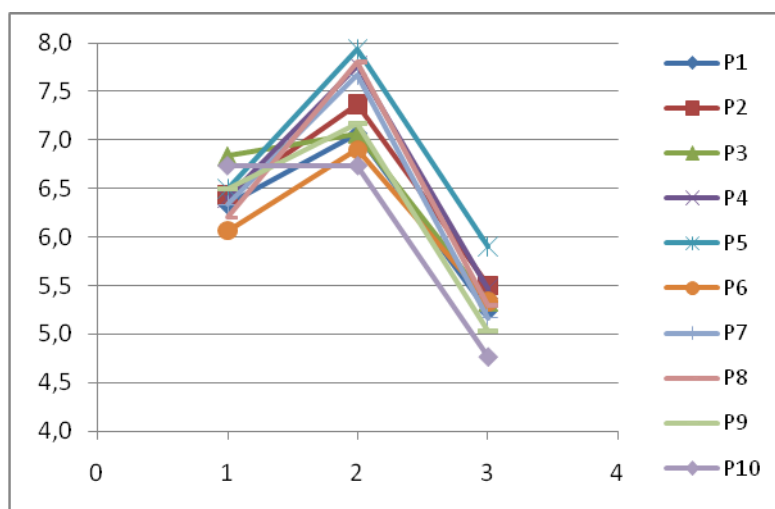


Gráfico de Tendência para atributo cor da superfície da borda com dez provadores.

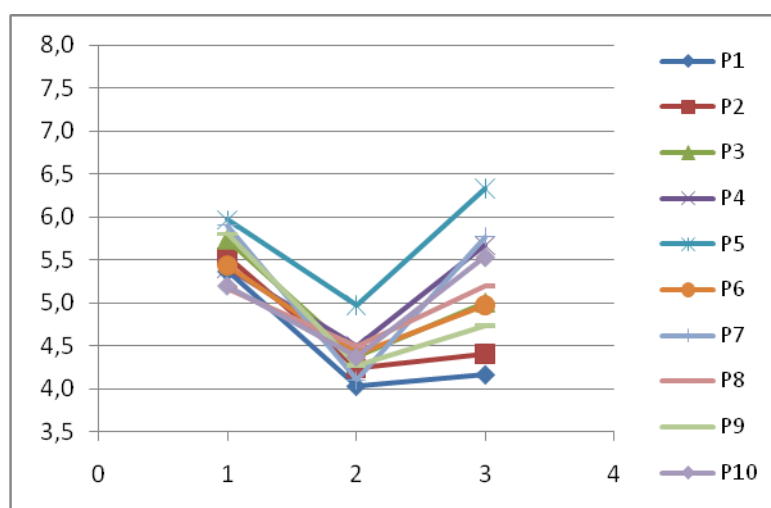


Gráfico de Tendência para presença de bolha na borda com dez provadores.

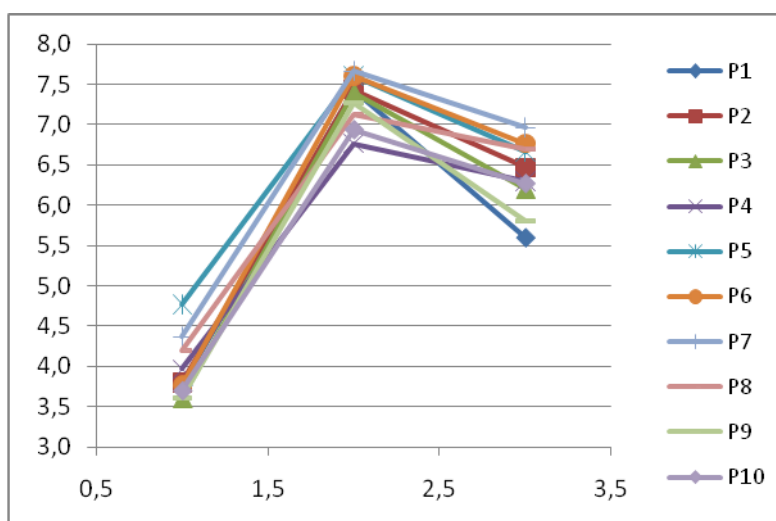


Gráfico de Tendência para tamanho de bolha na borda com dez provadores.

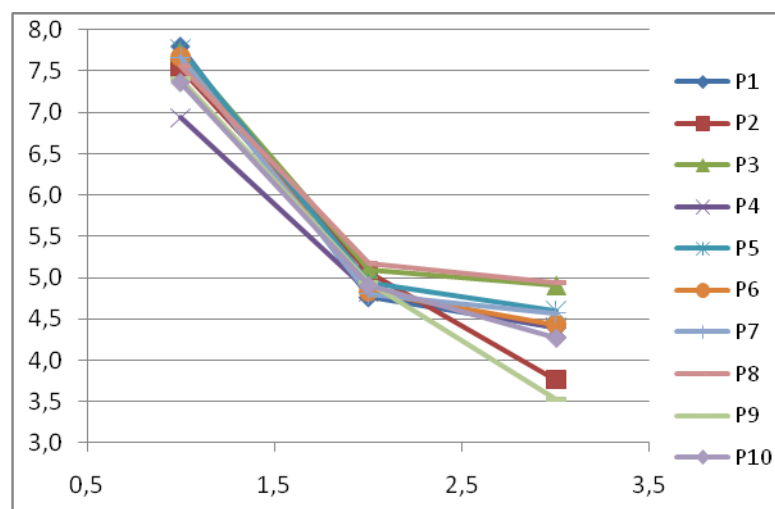


Gráfico de Tendência para porosidade na massa com nove provadores.

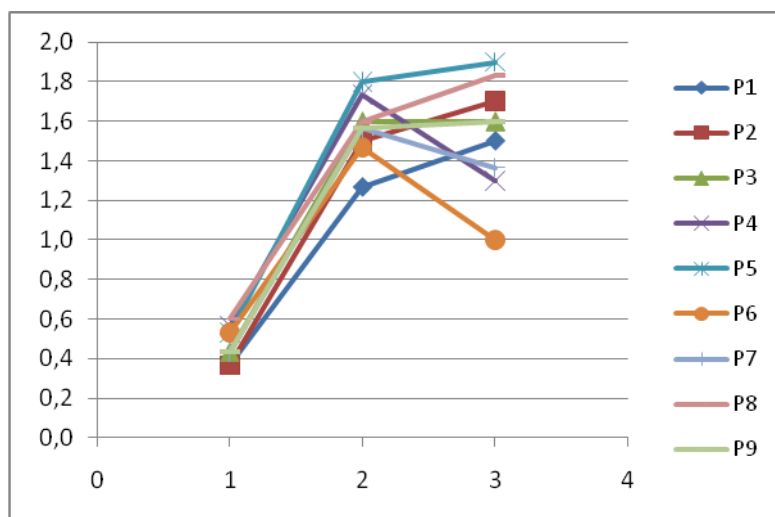


Gráfico de Tendência para odor da massa com dez provadores.

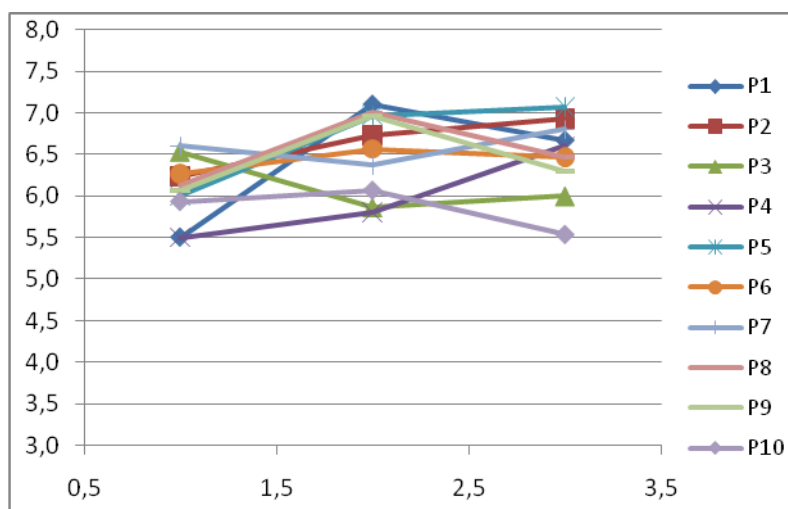


Gráfico de Tendência para sabor da massa com nove provadores.

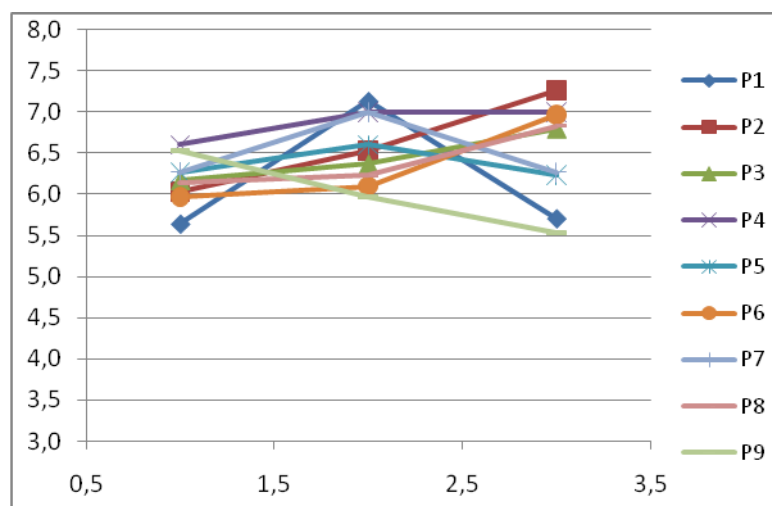


Gráfico de Tendência para maciez da massa com oito provadores

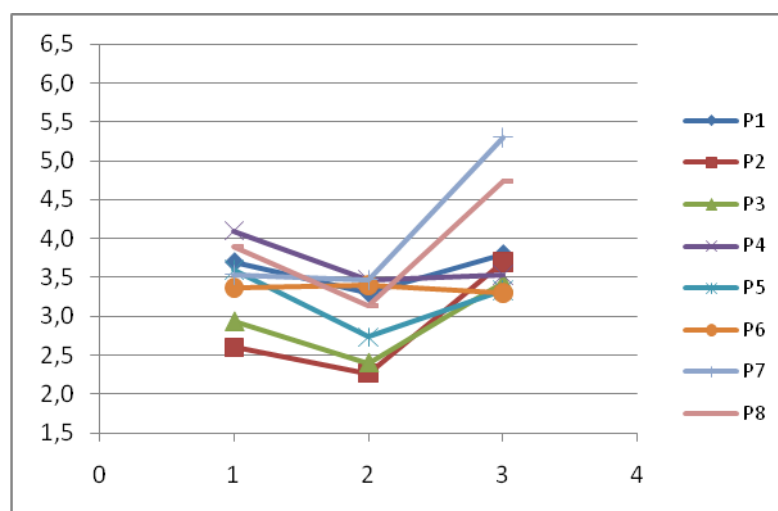


Gráfico de Tendência para crocância da borda com nove provadores.

